

PENGARUH PENGISIAN RONGGA CAMPURAN ASPAL PORUS MENGGUNAKAN LIMBAH PLASTIK PET (POLYETHYLENE TEREHPHTHALATE)

Lazarus Hezron Umbu Wohangara Mouwlaka¹, M. Sa'dillah^{2*}, Galih Damar Pandulu³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Sipil, Universitas Tribhuwana Tungadewi Malang, Indonesia
e-mail: *² muhsad93@gmail.com (corresponding author)

Abstrak

Aspal porus sering digunakan sebagai perkerasan jalan karena dapat meningkatkan kekuatan campuran. Biji plastik PET (Polyethylene Terephthalate) memiliki sifat yang sama dengan aspal yaitu termoplastik memiliki nilai penetrasi yang setara dengan aspal pen 60/70, berperan penting dalam perekat perkerasan jalan sebagai alternatif dan mempunyai kekuatan yang tinggi dan tahan terhadap deformasi itu sendiri. Adapun tujuan dilakukan penelitian yaitu untuk mengetahui karakteristik Marshall terhadap kadar aspal optimum (KAO) dan pengaruh penambahan biji plastik PET terhadap kinerja aspal porus ditinjau berdasarkan pengujian Marshall, Cantabro Loss dan Asphalt Flow Down. Metode penelitian menggunakan penelitian eksperimental di laboratorium. Penelitian yang akan dilakukan menggunakan metode pendekatan Australian Asphalt Pavement Association (AAPA) 2004. Penelitian dilakukan dengan kadar tambahan biji plastik PET 0%, 2%, 4%, 6% dan 8%. Hasil pengujian marshall pada kadar PET 6% adalah VIM dengan nilai 20,68%, VMA dengan nilai 25,80%, Stabilitas dengan nilai 549,31 kg, Flow dengan nilai 3,67 mm, Marshall Quotient dengan nilai 149,69 kg/mm. Dapat diambil kesimpulan kadar aspal optimum yaitu 6%.

Kata kunci—Aspal Porus, Marshall, PET

Abstract

Porous asphalt is often used as road pavement because it enhances the strength of the mixture. PET (Polyethylene Terephthalate) plastic pellets have similar properties to asphalt, being thermoplastic with a penetration value equivalent to asphalt pen 60/70. They play an important role in road pavement adhesion as an alternative and have high strength and resistance to deformation. The research aims to determine the Marshall characteristics of the optimum asphalt content (OAC) and the influence of adding PET plastic pellets on the performance of porous asphalt based on Marshall, Cantabro Loss, and Asphalt Flow Down tests. The research method involves experimental laboratory testing, following the Australian Asphalt Pavement Association (AAPA) 2004 approach. The study is conducted with additional PET plastic pellet content of 0%, 2%, 4%, 6%, and 8%. The Marshall test results at 6% PET content are as follows: VIM with a value of 20.68%, VMA with a value of 25.80%, Stability with a value of 549.31 kg, Flow with a value of 3.67 mm, and Marshall Quotient with a value of 149.69 kg/mm. The conclusion drawn is that the optimum asphalt content is 6%.

Keywords—Porous Asphalt, Marshall, PET

I. PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara berkembang, dimana masyarakatnya banyak menggunakan kendaraan pribadi atau sewa yang menjadi moda transportasi yang paling banyak di gunakan di tahun 2023. Korlantas Polri mencatat jumlah populasi kendaraan bermotor di

Indonesia yang aktif sampai 9 februari 2023 mencapai 153.400.392 unit. Angka tersebut mencakup 147.153.603 unit kendaraan pribadi yaitu 147.153.603 unit sepeda motor (87%) dan 19.177.264 mobil pribadi. Jalan menghubungkan antar wilayah sebagai pendukung

kegiatan ekonomi Masyarakat dimana memerlukan prasarana jalan yang terkait dengan penyediaan material pada struktur jalan. Prasarana jalan menunjang distribusi barang, jasa serta mobilitas penduduk. Pada jalan adapun peraturan yang dimana sebagai acuan dalam merehabilitasi jalan yang dimana adanya perencanaan jalan, pekerjaan perkerasan jalan dan perawatan jalan ditinjau dari elemen ini sebagai patokan ada pengertian jalan. Jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap lalu lintas. Dalam konteks ini plastik sebagai material sebagai bahan tambahan dalam perkerasan jalan, dengan adanya aspal sangat berperan penting bagi jalan dalam perkerasan lentur sebagai sarana jalan. (Sembung *et al.*, 2020)

Salah satu cara mencegah terjadinya kerusakan dini pada perkerasan jalan akibat beban muatan dan pengaruh air adalah dengan meningkatkan mutu aspal sebagai bahan pengikat dari agregat. Cara yang sering digunakan untuk menaikkan mutu aspal adalah dengan menambah bahan aditif, salah satunya seperti polimer, plastik atau dikenal dengan aspal modifikasi. Bahan dasar plastik yang sulit terurai perlu dilakukan penanganan yang tepat selain solusi pendauran ulang dengan peningkatan nilai fungsinya. Menurut (Arlia *et al.* 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, campuran perkerasan pada penelitian kali ini akan ditambahkan penambahan plastik pada aspal jalan sebagai campuran perkerasan jalan pada aspal porus untuk meningkatkan nilai kekuatan pada 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 (Sa'dillah, Fajarwati and Primasworo, 2021)

Menurut Muhamad Chadid M.Sc, Ph.D, Ahli teknologi polimer Fakultas Teknik Universitas Indonesia Plastik jenis PET (Polyethylene terephthalate) biasanya digunakan sebagai bahan baku untuk botol plastik air minum kemasan, galon air minum atau bumbu dapur. Plastik jenis ini umumnya tidak berwarna atau transparan. Penggunaan plastik PET hanya cocok untuk sekali pakai dan bisa didaur ulang puluhan kali, dan bernilai ekonomi tinggi. Pendaaurulangan limbah plastik PET merupakan solusi efektif dan berdaya guna terhadap tumpukan limbah plastik yang menjadi masalah

lingkungan di Indonesia. Solusi ini juga memberikan banyak dampak positif bagi sektor lain, seperti penyerapan tenaga kerja dan peningkatan taraf ekonomi masyarakat yang berbasis pada prinsip ekonomi sirkular. Menurutnya, Produk plastik umumnya terdiri dari polimer sebagai bahan baku utama dan aditif-aditif sebagai bahan baku pembantu. Produk plastik membutuhkan waktu degradasi selama bertahun-tahun, sehingga harus didesain sebagai bahan yang dapat didaur ulang. "Selain mengatasi masalah lingkungan, daur ulang plastik juga dapat menggerakkan ekonomi sirkular".

Pemanfaatan plastik *polyethylene terephthalate* (PET) sebagai salah satu jenis plastik yang biasa digunakan sebagai bahan kemasan seperti membuat botol air mineral, gallon dan kemasan minuman air mineral. Disini saya mencoba melakukan inovasi pemanfaatan biji plastik *polyethylene terephthalate* (PET) sebagai bahan tambahan dalam campuran lapisan AC-BC (Asphalt Concrete - Binder Course) guna meningkatkan nilai ke stabilitasnya yang lebih besar dari aspal konvensional, sekaligus merupakan upaya untuk mengurangi masalah lingkungan yang timbul akibat penumpukan limbah plastik tiap tahunnya dengan memanfaatkan lebih limbah biji plastik yang ada. Dengan adanya aspal modifikasi ini diharapkan agar dapat menciptakan suatu alternatif baru dalam meningkatkan kinerja dari perkerasan jalan..

Menurut (Pratomo, Ali and Diansari, 2016) menggunakan beton aspal dengan tambahan agregat dari sampah plastik LDPE AC – WC diperoleh nilai kekuatan KAO (kadar aspal optimal (2,-6%) dengan nilai LDPE (2 – 6%). Berdasarkan hasil penelitian karakteristik aspal porus yang meliputi agregat kasar, halus dan filler telah memenuhi standar yang menggunakan (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2019).

Adapun tujuan dilakukan penelitian yaitu untuk mengetahui karakteristik Marshall terhadap kadar aspal optimum (KAO) dan pengaruh penambahan biji plastik PET terhadap kinerja aspal porus ditinjau berdasarkan pengujian *Marshall*, *Cantabro Loss* dan *Asphalt Flow Down*.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian menggunakan metode eksperimen dengan lokasi penelitian yang dilaksanakan di laboratorium Fakultas Teknik Universitas Tribhuwana Tungadewi Malang, Jawa Timur. Pada diagram alir penelitian diterangkan 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. Dengan ini akan dilakukan pengkajian dan pengujian parameter standar aspal porus dengan bahan tambahan limbah Plastik PET sebagai patokan pengambilan sampel dan beda uji yang telah ditentukan.

Dalam penelitian ini penulis melakukan penelitian dengan menggunakan pengujian terdiri dari pengujian agregat seperti aspal, pasir, kerikil dan plastik dengan kode PET 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 *Polyethylene Therephthalate (PET)*, *Void In Mix (VIM)*, *Void In Mineral Aggregate (VMA)*, *Void Filled With Asphalt (VFA)*, *Flow*, (Pelelehan), *Stabilitas Dan Marshall Quotient (MQ)* (Sa'dillah and Leliana, 2020)

1) Pengujian Karakteristik Aspal

TABEL 1. Pengujian Porus 60 / 70

No	Jenis pengujian	Unit	Syarat		Satuan
			Min	Maks	
1	Penetrasi Titik	Mm	60	79	
2	lembek	° C	48	58	
3	Titik nyala	° C	200	-	Mm
4	Titik bakar	° C	200	-	° C
5	Berat jenis	gr/c	1	-	° C
6	permeabilitas	m3 cm	100	-	

Sumber Bina Marga 2010 Revisi 3.

Pada 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.(Supriyadi, Rahardjo and Pranoto, 2018)

1. Persiapan Material.

Dalam melakukan penelitian langkah utama yang harus diambil adalah mempersiapkan material sebelum penelitian berlangsung.

2. Pemeriksaan Material.

Pemeriksaan material akan dilakukan dapat dibagi beberapa item.

a. Agregat

Agregat yang akan digunakan pada penelitian kali ini adalah limbah plastik aspal porus, dengan pengujian mempunyai spesifikasi (Australian Asphalt Pavement Association (AAPA), 2004).

b. Aspal

Aspal yang digunakan dalam penelitian adalah dengan penetrasi 60/70 pengujian berdasarkan spesifikasi bina marga 2010 revisi 3.

a. Perencanaan Campuran Plastik PET

Pada campuran antara aspal dengan agregat menggunakan bahan tambahan limbah Plastik PET dengan tebal 0,20 mm sebagai pengikat perkerasan yang dimana variasi yang direncanakan oleh peneliti yaitu 2%, 4%, dan 6%. Dengan pemilihan limbah plastik PET didapatkan dari barang bekas rumah tangga yang nantinya dikumpulkan dengan kode daur ulang yang sudah ditentukan dari peneliti (Iman Mujiarto, ST., 2023). Agar memudahkan dalam proses pelarutan, maka limbah botol air mineral, botol selai, wadah makanan, kotak obat, dan sisir dengan tipe PET, yang akan nantinya di campuran ke aspal panas dan diaduk sampai limbah tersebut benar larut dalam aspal.(Luh *et al.*, 2019)

b. Perencanaan Campuran

dalam perencanaan campuran untuk komposisi campuran untuk benda uji dibuat dengan perbandingan berat campuran menurut nilai tengah gradasi aspal porus yang diambil dari *Australian Asphalt Pavement Association* (AAPA 2004). Kadar aspal optimum (KAO) untuk campuran aspal porus dengan diameter dengan agregat maksimum 16 mm berkisar 4 – 6,5% dengan kadar aspal untuk masing-masing benda uji yang direncanakan kadar aspal optimum (KAO) benda uji dengan kadar aspal 4%, 4,5%, 5%, 5,5%, 6%, 6,5%. Sebagai dasar dalam menentukan kadar aspal optimum.(Arlia *et al.*, 2018)

2) Pembuatan Benda Uji

Setelah dilakukan proses pemeriksaan sifat-sifat aspal, yang di mana meliputi sifat agregat dan pemeriksaan gradasi, maka akan dilakukan pembuatan benda uji sebagai salah satu langka yang pasti. Dengan memperhitungkan jumlah material yang digunakan terhadap jumlah berat total campuran. Dengan pembuatan benda uji pencampuran menggunakan metode basah (*wet process*) adalah suatu campuran yang di mana

plastik yang sudah dipotong kecil-kecil tadinya 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.

a. Pembuatan Benda Uji Untuk Penentuan KAO

Aspal yang akan digunakan untuk pembuatan benda uji dengan menentukan kadar aspal optimum (KAO) adalah 4% sampai dengan 6,5% yang nantinya akan dijadikan yaitu 4%, 4,5%, 5%, 5,5%, 6%, 6,5% terhadap berat total yang telah dicampurkan *filler* semen portland tanpa variasi substitusi limbah plastik PET (botol air mineral, botol selai, wadah makanan, kotak obat, dan sisir) setiap benda uji dibuat tiga benda uji sebagai variasi benda uji, sehingga benda uji menjadi 12 buah benda uji untuk pengujian *Cantabro loss*, 12 buah benda uji untuk pengujian aspal porus dengan karakteristik Marshall dan 12 benda uji untuk pengujian VIM. (Susilowati *et al.*, 2021)

3) Analisis Data

Untuk analisis akan dilakukan setelah pengujian dan pengolahan data. Dengan akan dilakukan pengujian terhadap Marshall, *Cantabro Loss*, *Asphalt Flow Down* dan tambahan limbah plastik PET, maka dapat dihasilkan akan dilakukan analisis sesuai dengan sampel yang diambil dalam penelitian dan diukur koefisien ragam sampel dengan perhatikan karakteristik aspal porus dengan penambahan limbah plastik PET dan akan dilakukan analisis menggunakan Regresi Parametrik.

Analisis regresi merupakan salah satu metode yang banyak dikaji, secara umum analisis regresi adalah suatu metode statistika yang digunakan untuk mengetahui pola hubungan antara variabel respon dengan variabel prediktor (Review, 2022). Tujuan utama dalam analisis regresi adalah untuk mengestimasi kurva regresi. Terdapat tiga bentuk pendekatan untuk mengestimasi

kurva regresi yaitu pendekatan regresi parametrik, pendekatan regresi nonparametrik dan pendekatan regresi semiparametrik.

1. Regresi Parametrik

Parametrik adalah salah satu metode pengujian data yang ada di dalam statistik inferensial, dimana akan digunakan untuk menguji hipotesis yang telah dibuat. Hasil pengujian data sampel ini akan dijadikan kesimpulan untuk populasi. Umumnya jika data berdistribusi normal dan sampelnya berukuran besar, maka data bisa diuji dengan statistika parametrik. Sementara jika tidak memenuhi kriteria tersebut maka akan termasuk ke statistika non parametrik. Ukuran besar disini terbilang relatif, namun dikategorikan sebagai sampel yang berukuran besar. (Erita and Bengkalis, 2019)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

1) Pengujian aspal porus Dengan Tambahan Plastik PET

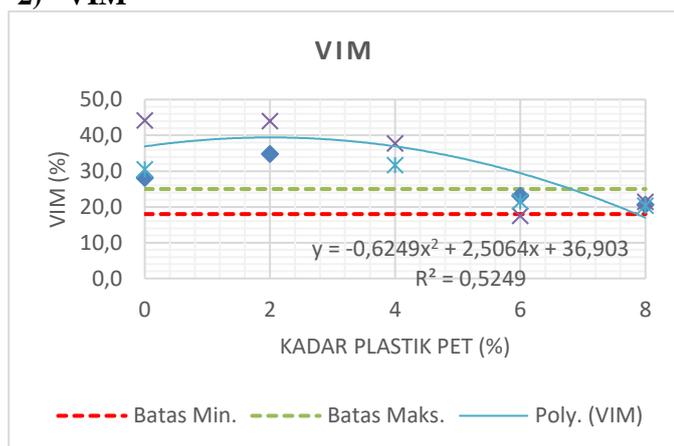
Penentuan kadar aspal porus PET dikaitkan dengan beberapa parameter rencana pengujian aspal porus dengan berstandar *Australian Asphalt Pavement Association (AAPA 2004)* dengan kadar rencana 0%, 2%, 4%, 6% dan 8%. Dari parameter rencana pengujian parameter pengujian mix design aspal porus dapat memenuhi standar atau memenuhi spesifikasi yang disyaratkan beberapa karakteristik Marshall sehingga nilai tersebut dapat dilampirkan dalam bentuk grafik seperti diatas dari VIM, VMA, Stabilitas Flow dan MQ dari beberapa parameter ini sehingga untuk mendapatkan Kadar Aspal Optimum (KAO) dari karakteristik Marshall yaitu 5%. Karakteristik campuran aspal porus tanpa substitusi PET memenuhi syarat, maka akan dilampirkan hasil pengujian aspal porus dengan bahan tambahan limbah plastik PET seperti pada tabel 2 (Sadillah, Arifin and Wicaksono, 2018). Hasil pengujian marshall PET pada campuran aspal porus karakteristik marshall yaitu VIM, VMA Stabilitas, Flow dan MQ

TABEL 2. Hasil Pengujian Plastik PET

Pengujian Marshall PET Aspal Porus										
Spesifikasi	Maks	Min	Maks	Min	Maks	Min	Maks	Min	Maks	Min
Nilai	25%	18%		15%	500 kg	6 mm	2 mm		250 kg/mm	
No	Kadar	VIM	VMA	Stabilitas	Flow	MQ				
1	0%	34,22	32,52	288,64	4,68	62,32				
2	2%	43,66	37,59	457,29	3,67	130,39				
3	4%	40,32	35,80	522,62	4,38	130,28				
4	6%	20,68	25,80	549,31	3,67	149,69				
5	8%	20,78	25,84	675,19	4,35	209,67				

Dengan ini akan dilampirkan grafik dan penjelasan mengenai dari hasil pengujian aspal porus dengan plastik PET meliputi:

2) VIM



Gambar 1. pengujian VIM PET 2023.

Nilai VIM pada pengujian karakteristik Marshall dengan komposisi limbah plastik PET. Dari hasil pengujian VIM dengan syarat *Australian Asphalt Pavement Association (AAPA 2004)* yaitu dengan kadar aspal 5% dengan tambahan kadar PET terendah 0% yaitu 34,22%, kadar aspal 5% dan tambahan plastik PET 2% mengalami kenaikan yaitu 43,66%, kadar aspal 5% dan tambahan plastik PET 4% mengalami penurunan yaitu 40,32%, kadar aspal 5% dan tambahan plastik PET 6% mengalami penurunan yaitu 20,68% dan kadar aspal 5% dan tambahan plastik PET 8% mengalami penurun yaitu 20,78%, jadi pada pengujian VIM dengan fariasi kadar PET 0%-8% semuanya telah memenuhi *Australian Asphalt Pavement Association (AAPA 2004)*. Nilai VIM

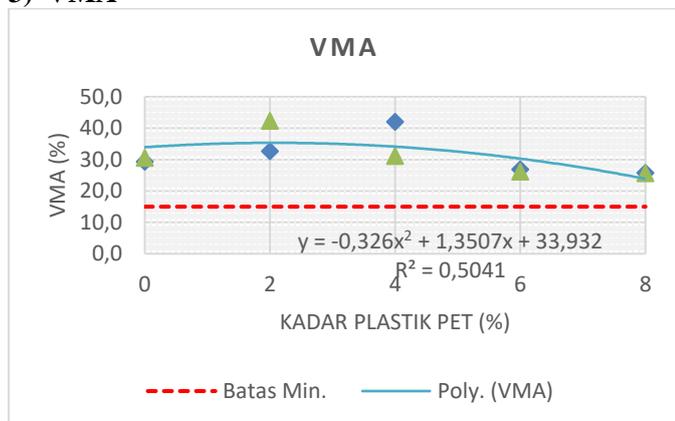
terendah dapat dilihat pada kadar aspal tambahan plastik 6% dengan nilai 20,68% dan nilai VIM tertinggi dapat dilihat pada kadar plastik 8% dengan nilai 20,78% dan aspal mengalami kenaikan karena dengan penambahan biji plastik PET semakin berongga. Adapun nilai rata-rata dari hasil pengujian VIM dengan nilai rongga pada aspal porus yaitu 31,93%. Pengujian VIM (Sa'dillah *et al.*, 2023) dengan variasi kadar LDPE 0% hingga 8% menunjukkan bahwa dengan bertambahnya kadar maka campuran aspal berpori semakin meningkat karena penambahan sampah plastik LDPE membuat campuran semakin berpori.

Menurut Razak and Erdiansa (2016) nilai VIM tambahan plastik PET pada campuran AC-WC dengan persentase plastik PET mengalami penurunan nilai VIM. Penurunan dimulai pada saat penambahan kadar plastik PET 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.

Maka disimpulkan bahwa hasil penelitian yang dilakukan peneliti kali ini yang memenuhi AAPA terdapat pada kadar aspal 4% Dari hasil penelitian mempunyai nilai VMA aspal lebih berongga dari penelitian terdahulu. Kecuali pada kadar aspal 4,5% 5%,5,5% dan 6% tidak memenuhi dengan alasan pada saat pembuatan benda uji yang dikeluarkan dari alat

silinders seharusnya membutuhkan waktu 24 jam untuk mendapatkan hasil yang optimal dari hasil pengujian.

3) VMA



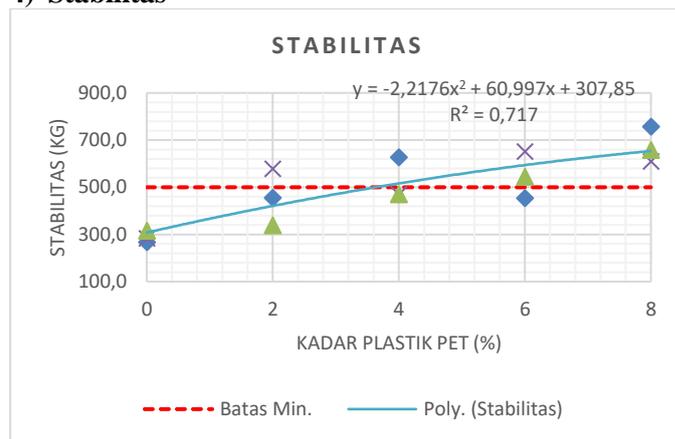
Gambar 2. pengujian VMA PET 2023.

Nilai VMA pada pengujian karakteristik Marshall dengan komposisi biji plastik PET, dari hasil pengujian VMA dengan syarat *Australian Asphalt Pavement Association (AAPA 2004)* yaitu dengan kadar aspal 5% dengan tambahan kadar plastik PET terendah 0% yaitu 32,52%, kadar aspal 5% dan plastik PET 2% mengalami kenaikan yaitu 37,59%, kadar aspal 5% dan plastik PET 4% mengalami penurunan yaitu 35,80%, kadar aspal 5% dan plastik PET 6% yaitu 25,80 dan kadar aspal 5% dan plastik PET 8% yaitu 25,84 jadi pada pengujian VMA dengan tambahan limbah plastik dan aspal mengalami kenaikan karena dengan penambahan campuran limbah plastik PET membuat campuran lebih baik.

Menurut Luh et al. (2019) nilai VMA pada campuran aspal beton dengan variasi kadar aspal 4%-7% dan variasi kadar plastik 0%, 4%, 6%, 8%. Dari hasil pengujian VMA telah memenuhi semua yaitu pada kadar aspal 4% yaitu 18,12%, untuk kadar aspal 5% yaitu mempunyai nilai 18,07, sedangkan kadar aspal 6% yaitu mempunyai nilai 18,04% dan untuk kadar aspal 7% yaitu mempunyai nilai 18,59%

Maka disimpulkan bahwa hasil penelitian yang dilakukan peneliti kali ini mempunyai nilai VMA yang memenuhi AAPA sehingga bisa menyebabkan rongga dalam campuran lebih kecil, yang menyebabkan kerapatan campuran meningkat, berakibat pengikatan agregat oleh aspal lebih baik. Dari hasil penelitian mempunyai nilai VMA aspal lebih berongga dari penelitian terdahulu.

4) Stabilitas



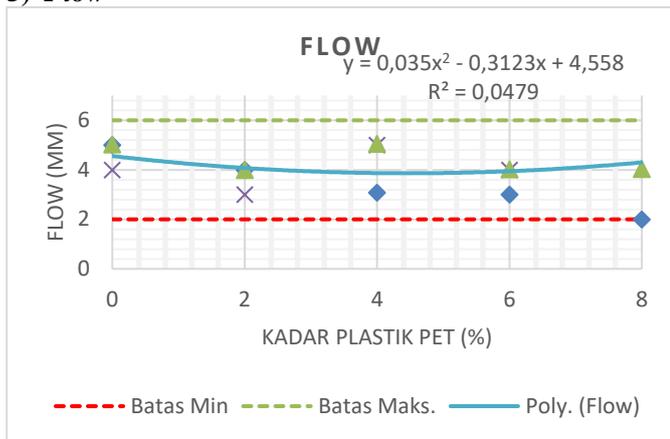
Gambar 3. pengujian stabilitas PET 2023.

Nilai Stabilitas pada pengujian karakteristik Marshall dengan komposisi limbah plastik PET. Dari hasil pengujian Stabilitas dengan syarat *Australian Asphalt Pavement Association (AAPA 2004)* yaitu dengan kadar PET terendah 0% yaitu 288,64 kg, kadar PET 2% yaitu 457,29 kg, kadar plastik PET 4% yaitu 522,62 kg, kadar PET 6% yaitu 549,31 kg dan kadar PET 8% yaitu 675,19 kg jadi pada pengujian stabilitas dengan tambahan limbah plastik PET dengan nilai rata-rata 498,61 kg dari variasi kadar PET 0%-8% mengalami kenaikan karena dengan penambahan campuran limbah plastik PET membuat campuran lebih kuat.

Menurut Supriyadi et al. (2018) nilai Stabilitas pada campuran aspal porus dengan variasi kadar aspal 4%-6% dan variasi kadar plastik 0%, 4%, 6%, 8%. Dari hasil pengujian Stabilitas pada kadar aspal yang memenuhi terdapat pada kadar aspal 5% yaitu 418,51 kg, sedangkan kadar aspal tidak memenuhi terdapat pada kadar aspal 4% yaitu mempunyai nilai 311,43 kg, untuk kadar aspal 4,5% yaitu mempunyai nilai 344,57 kg, sedangkan untuk kadar aspal 5,5% yaitu mempunyai nilai 346,77 kg dan untuk kadar 6% yaitu mempunyai nilai 300,18 kg.

Maka disimpulkan bahwa hasil penelitian yang dilakukan peneliti kali ini pada kadar aspal 4,5%, 5%, 5,5% dan 6% mempunyai nilai Stabilitas yang menurun dikarenakan pada saat pembuatan benda uji. Pada saat penumbukan benda uji seharusnya dilakukan oleh orang yang dipercayakan untuk menumbuk benda uji tersebut sehingga bisa mendapatkan hasil yang maksimal pada saat pengujian. Dari hasil pengujian mempunyai nilai Stabilitas aspal kurang berongga dari penelitian terdahulu

5) Flow



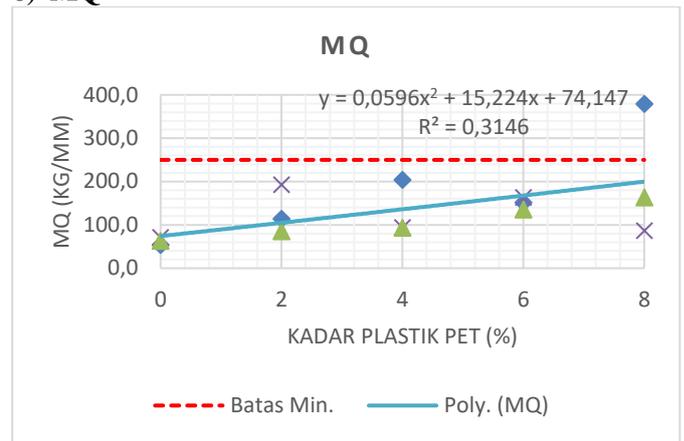
Gambar 4. Penguujian flow PET 2023.

Nilai *Flow* pada pengujian karakteristik Marshall dengan komposisi biji plastik PET. 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 PET 0% yaitu 4,68 mm, dan kadar yang tidak lolos pada kadar PET 2% yaitu 3,67 mm, kadar PET 4% yaitu 4,38 mm, kadar plastik PET 6% yaitu 3,67 mm dan kadar PET 8% yaitu 4,35 mm. Jadi pada pengujian *Flow* dengan tambahan plastik PET dan aspal terjadi penigkatan pada kadar 0%, 2%, 4%,6% dan 8% sehingga memenuhi spesifikasi. Jika dalam pengujian aspal porus dengan bahan tambahan biji plastik PET nilai *Flow* memenuhi, maka aspal porus dapat digunakan dalam dunia konstruksi dibidang perkerasan letur (jalan)

Menurut Supriyadi et al. (2018) nilai *Flow* pada campuran aspal porus dengan variasi kadar aspal 4%-6% dan variasi kadar plastik 0%, 4%, 6%, 8% Dari hasil pengujian *Flow* telah memenuhi semua yaitu pada kadar aspal 4% yaitu 3,23mm, untuk kadar aspal 4,5% yaitu mempunyai nilai 3,28 mm, sedangkan kadar aspal 5% yaitu mempunyai nilai 3,23 mm, untuk kadar aspal 5,5% yaitu mempunyai nilai 3,40 mm dan untuk kadar 6% yaitu mempunyai nilai 3,57 mm.

Maka disimpulkan bahwa hasil penelitian yang dilakukan peneliti kali ini mempunyai nilai *Flow* aspal porus lebih berongga dari penelitian terdahulu dan memenuhi standar AAPA 2004.

6) MQ



Gambar 5. penguujian MQ PET 2023.

Nilai *Marshall Quotient* pada pengujian karakteristik Marshall dengan komposisi biji plastik PET. Dari hasil pengujian *Marshall Quotient* dengan syarat *Australian Asphalt Pavement Association (AAPA 2004)* yaitu dengan kadar PET terendah 0% yaitu 62,32 kg/mm, kadar PET 2% yaitu 130,39 kg/mm, kadar PET 4% yaitu 130,28 kg/mm kadar PET 6% yaitu 149,69 kg/mm dan kadar PET 8% yaitu 209,67 kg/mm jadi pada pengujian *Marshall Quotient* dengan tambahan limbah plastik dan aspal mengalami penurunan karena dengan penambahan campuran biji plastik PET membuat campuran kurang baik.

Menurut Erita and Bengkalis (2019) nilai MQ pada campuran aspal berpori dengan variasi kadar aspal 4%-6% dan variasi kadar plastik 0%, 4%, 6%, 8%. Dari hasil pengujian MQ telah memenuhi semua yaitu pada kadar aspal 4% yaitu 330,01 kg/mm, untuk kadar aspal 4,5% yaitu mempunyai nilai 301,23 kg/mm, sedangkan kadar aspal 5% yaitu mempunyai nilai 316,64 kg/mm, untuk kadar aspal 5,5% yaitu mempunyai nilai 279,25 kg/mm dan untuk kadar 6% yaitu mempunyai nilai 261,26 kg/mm.

Maka disimpulkan bahwa hasil penelitian yang dilakukan peneliti kali ini mempunyai nilai MQ yang memenuhi AAPA (2004) terdapat pada kadar aspal 4,5% dan 5%. Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai MQ yaitu nilai stabilitas, flow, penetrasi dan kadar aspal.dari hasil pegujian mempunyai nilai MQ aspal kurang berongga dari penelitian terdahulu.

Dengan ini dari 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.

7) Cantabro Loss

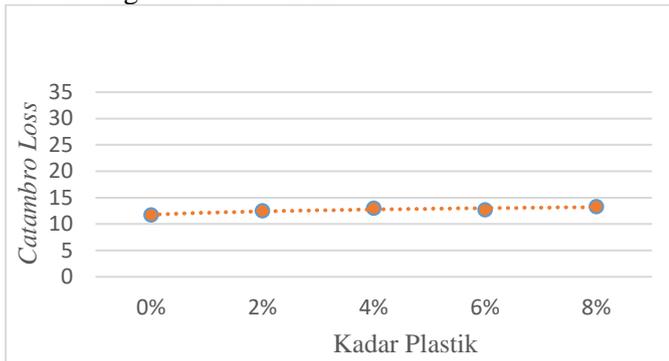
Pengujian *Cantabro Loss* dilakukan untuk mengetahui kehilangan berat setelah pengujian *Loss Angeles* tanpa menggunakan bola baja dengan variasi kadar aspal KAO 5% dari setiap kadar rencana yaitu kadar aspal penetrasi 60/70 melalui dari 5%, dengan total 3 benda uji untuk mengetahui hasil dari pengujian *Cantabro Loss* yaitu akan dilampirkan seperti tabel dan grafik seperti dibawah ini.

TABEL. 3 Hasil Pengujian Cantabro Loss

N o.	kadar PET	Nilai Maksimum	benda uji	M0 (gr)	Mi (gr)	L
1	5%	35%	3	1247,333	942,3	11,72%
2	2%		3	1275,333	951,4	12,5%

Sumber: Hasil Pengujian (2023).

Grafik hasil pengujian *Cantabro Loss* ditinjau dari hasil rata-rata dari masing-masing benda uji dengan kadar aspal 5% yang akan ditarik grafik untuk menentukan dan memperlihatkan hasil pengujian akan dilampirkan dalam bentuk grafik dibawah ini.



Gambar 6. Pengujian Cantabro Loss

Sumber: Hasil Pengujian (2023).

Hasil pengujian *Cantabro Loss* dengan menggunakan pengujian karakteristik los Angeles. Dari hasil pengujian *Cantabro Loss* dengan syarat *Australian Pavement Association (AAPA 2004)* yaitu dengan kadar aspal 5% dengan benda uji pertama yaitu 11,72%, pada kadar aspal 5% pada benda ujia kedua yaitu 0,25% pada kadar aspal 5% pada benda ujia ketiga yaitu yaitu 13%, Dari hasil pengujian telah memeuhi spesifikasi yaitu >35% dengan spesifikasi *Australian Pavement Association (AAPA 2004)*,

Menurut Supriyadi et al (2018) bahwa nilai cantabro loss dengan tambahan plastik HDPE yang telah meneuhi yaitu pada kadar HDPE 5%, 10%, 15%, 20%.

Pada kadar 5% mengalami penurunan yaitu 19,86%, kadar 0,30% mengalami peningkatan 19,12%, dan pada kadar 15% mengalami peningkatan 17,94%, pada kadar 20% mengalami peningkatan 19,06%. Dan nilai CL yang tidak memenuhi terdapat pada kadar HDPE 0% yaitu 27,81%.

Maka disimpulkan bahwa hasil peneltian yang dilakukan peneliti kali ini mempunyai nilai *Cantabro loss* aspal porus lebih kuat dari penelitian terdahulu.

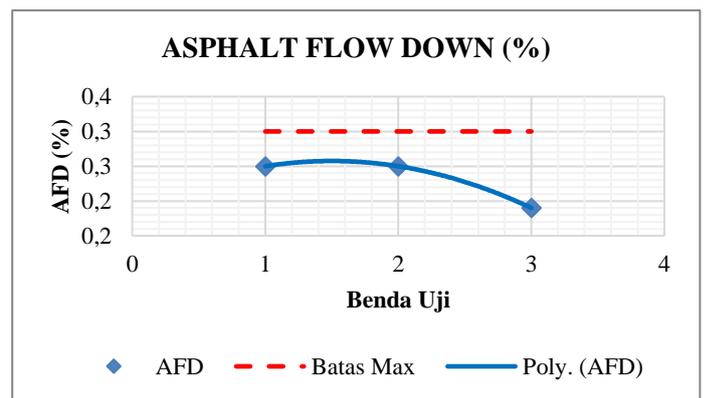
8) Asphalt Flow Down (AFD)

Pengujian *Asphalt Flow Down (AFD)* dilakukan untuk mengetahui AFD yang terjadi pada campuran aspal modifikasi (mengetahui leleh campuran aspal. Pengujian *Asphalt Flow Down (AFD)* tanpa menggunakan oven wadah aluminium dan dipanaskan sesuai suhu dan waktu sesuai spesifikasi *Australian Asphalt Pavement Association (AAPA 2004)* dengan variasi kadar aspal KAO 5% dari setiap kadar rencana yaitu kadar limbah plastik PET mulai dari 0%, 2%, 4%, 6% dan 8% dengan total masing-masing 3 benda uji untuk mengetahui hasil dari pengujian *Asphalt Flow Down (AFD)* yaitu akan dilampirkan tabel seperti tabel dan grafik seperti dibawah ini.

TABEL 4. Hasil pengujian *Asphalt Flow Down (AFD)*.

No	M1 gr	M2 gr	M3 gr	AFD %	AFD < 0,3 %
1	305	305	385	0,25%	< 0,3 %
2	300	300	380	0,25%	< 0,3 %
3	300	300	405	0,19%	< 0,3 %

Sumber: Hasil Pengujian (2023)



Gambar 7. Pengujian AFD

Sumber: Hasil Pengujian (2023)

Dari hasil pengujian *Asphalt Flow Down (AFD)* ini bertujuan untuk mengetahui jumlah *Asphalt Flow Down*

yang terjadi pada campuran beraspal dengan campuran batas maksimal 0,3 spesifikasi *Australian Asphalt Pavement Association (AAPA 2004)*, kadar yang telah memenuhi standar AAPA 2004 terdapat pada kadar aspal 5% pada benda uji pertama yaitu 0,25%, pada kadar aspal 5% benda uji kedua yaitu 0,25%, pada kadar aspal 5% benda uji ketiga yaitu 0,19%. Dari hasil pengujian AFD diatas dapat disimpulkan bahwa semua benda uji memenuhi AAPA 2004.

TABEL 5. Hasil pengujian Kadar aspal Porus dengan limbah plastik PET.

Karakteristik Marshall	Rentang kadar PET yang memenuhi Spesifikasi				
Stabilitas					
Flow					
MQ					
VIM					
VMA					
% PET	0	2	4	6	8

IV. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian marshall dengan variasi kadar plastik PET 0%, 2%, 4%, 6%, 8%, dengan kadar aspal 5% yang memenuhi spesifikasi yang di syaratkan *Australian Asphalt Pavement Association (AAPA 2004)*, yaitu terdapat pada kadar plastik 6%. Secara berurut nilai karakteristik marshall pada kadar PET 6% adalah sebagai berikut; VIM dengan nilai 20,68%, VMA dengan nilai 25,80%, Stabilitas dengan nilai 549,31 kg, Flow dengan nilai 3,67 mm, *Marshall Quotient* dengan nilai 149,69 kg/mm. Dengan penambahan plastik PET pada campuran beraspal pada pengujian marshall dengan dengan variasi kadar PET 2% , 4%, 6% dan 8% meningkat. Hal itu mengakibatkan campuran beraspal semakin rapat sehingga pori dan udara tidak masuk ke kedalam rongga-rongga pada campuran dan tidak akan menyebabkan aspal tersebut teroksidasi (terjadi pelepasan pada butiran aspal), sehingga dengan kadar variasi PET 6%, cocok di gunakan untuk perkerasan jalan.

REFERENSI

Arlia, L. *et al.* (2018) ‘DENGAN SUBSTITUSI GONDORUKEM PADA ASPAL’, 1(2004), pp. 657–666.
Arlia, L., Saleh, S.M. and Anggraini, R. (2018) ‘Karakteristik Campuran Aspal Porus Dengan

Substitusi Gondorukem Pada Aspal Penetrasi 60/70’, *Jurnal Teknik Sipil*, 1(3), pp. 657–666. Available at: <https://doi.org/10.24815/jts.v1i3.10011>.
Australian Asphalt Pavement Association (AAPA) (2004) ‘Open Graded Asphalt - Implementation Design Guide’, (1), p. 40.
Direktorat Jenderal Bina Marga (2019) ‘RSNI 2 (Pedoman Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil) Perancangan dan Pelaksanaan Campuran Aspal Porus’, in.
Erita, C.A. and Bengkalis, P.N. (2019) ‘PENGARUH PENCAMPURAN LIMBAH PLASTIK PET (POLYETHYLENE TEREPHTALATE) TERHADAP NILAI MARSHALL’, 1(1), pp. 1–8.
Iman Mujiarto, ST., M. (2023) ‘Sifat dan Karakteristik Material Plastik dan Bahan Aditif’, *Repository.Uin-Suska.Ac.Id* [Preprint]. Available at: [http://repository.uin-suska.ac.id/26740/1/Haki Buku Genealogi Intelektual Melayu Tradisi Pemikiran Islam Abad ke 19 di Kerajaan Riau Lingga.pdf](http://repository.uin-suska.ac.id/26740/1/Haki%20Buku%20Genealogi%20Intelektual%20Melayu%20Tradisi%20Pemikiran%20Islam%20Abad%20ke%2019%20di%20Kerajaan%20Riau%20Lingga.pdf).
Luh, N. *et al.* (2019) ‘Menggunakan Agregat Terselimut Limbah Plastik Ldpe (Low Density Polyethylene)’, *Jurnal Muara Sains, Teknologi, Kedokteran dan ilmu Kesehatan*, 3(1), pp. 123–136.
Pratomo, P., Ali, H. and 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)’, *Analisis Standar Pelayanan Minimal Pada Instalasi Rawat Jalan di RSUD Kota Semarang*, 3, pp. 103–111.
Razak, B.A. and Erdiansa, A. (2016) ‘Karakteristik Campuran AC-WC dengan Penambahan Limbah Plastik Low Density Polyethylene (LDPE)’, *INTEK: Jurnal Penelitian*, 3(1), p. 8. Available at: <https://doi.org/10.31963/intek.v3i1.9>.
Review, C.S. (2022) ‘Vol. 2 No.1 Jilid 2 Oktober 2022 <http://jurnal.ensiklopediaku.org> Ensiklopedia Research and Community Service Review’, 2(1).
Sa’dillah, M. *et al.* (2023) ‘Karakteristik Aspal Porus Dengan Bahan Tambahan Agregat Yang Menggunakan Limbah Plastik (Low Density Polyethylene) LDPE’, *Inersia: Jurnal Teknik Sipil*, 5(2), pp. 85–94.
Sa’dillah, M., Fajarwati, Y.E. and Primasworo, R.A. (2021) ‘Kinerja Campuran Aspal Porus Dengan Subtitusi Limbah Beton Sebagai Bahan Ramah Lingkungan’, *Jurnal Teknik Sipil*, 25(1). Available at: <https://ojs.unud.ac.id/index.php/jits/article/view/776>

84.

- Sa'dillah, M. and 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, pp. 1–8.
- Sadillah, M., Arifin, M.Z. and Wicaksono, A. (2018) 'Penggunaan Fly Ash Sebagai Filler Terhadap Karakteristik Marshall Beton Aspal Lapis Aus (AC-WC)', *Jurnal Rekayasa Sipil & Lingkungan*, 2(1), pp. 87–98. Available at: <https://doi.org/https://doi.org/10.19184/jrsl.v2i01.6425>.
- Sembung, N.T. *et al.* (2020) 'ANALISA CAMPURAN ASPAL PORUS MENGGUNAKAN MATERIAL KOTA TOMOHON', 8(3), pp. 345–352.
- Supriyadi, I.R.D., Rahardjo, B. and Pranoto (2018) 'Kajian eksperimental campuran aspal porus dengan bahan tambahan plastik hdpe (high density poly ethylene)', *Jurnal Sipil Statik*, 23(2), pp. 19–28.
- Susilowati, A. *et al.* (2021) 'Pemanfaatan limbah plastik sebagai bahan tambah pada beton aspal campuran panas', 07(2018), pp. 15–23.