

PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH PLASTIK (POLIMER PET) SEBAGAI BAHAN TAMBAH TERHADAP KARAKTERISTIK ASPAL POROUS.

Laswar Gombilo Bitu¹ dan Akminaka Putri

(Dosen Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Unidayan Baubau)¹

(Mahasiswa Teknik Sipil Fakultas Teknik Unidayan)²

Email : laswargombilo@yahoo.com

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini untuk menganalisis dan mengetahui pengaruh karakteristik campuran aspal porous menggunakan bahan tambah polimer PET dan mengetahui kadar aspal optimum pada campuran aspal porous.

Dalam penelitian ini metodologi penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen di laboratorium dengan gradasi Amerika. Variasi kadar aspal rencana yaitu: 4%, 5% dan 6% dan variasi kadar polimer 0%, 1%, 3%. setiap kadar aspal terdiri dari tiga sampel dengan variasi kadar polimer 0%, 1%, dan 3%. Benda uji dipadatkan dengan pemadatan yaitu 2x50; Dari hasil pengujian aspal *porous* menggunakan bahan tambah polimer PET nilai *VIM/Porositas* : adalah 18,38 %, 16,13%, 15,83%, 15,7%, 15,6%, 14,7%, 14,46%, 13,6% dan 9,19%., nilai stabilitas : 504,2 kg, 479,3 kg, 471,9 kg, 466,7 kg, dan 454,9 kg, 432,8 kg, 369,7 kg, 352,6 kg, 351,1 kg. Nilai *flow* : 3,18 mm, 3,16 mm, 3,16 mm, 3,13 mm, 3,11 mm, 3,07 mm, 3,07 mm, 3,01 mm, dan 2,81 mm, Nilai *MQ*: 166,4 kg/mm, 156,3 kg/mm, 152,5 kg/mm, 149,9 kg/mm, 146,0 dan 148,5 kg/mm, 130,6 kg/mm, 125,0 kg/mm, 118,6 kg/mm. Nilai permeabilitas : 0,4802 ltr/dtk, 0,4571 ltr/dtk, 0,3734 ltr/dtk, 0,3350 ltr/dtk, dan 0,2846 ltr/dtk, 0,2814 ltr/dtk, 0,2762 ltr/dtk, 0,2609 ltr/dtk, dan 0,2583 ltr/dtk.

Kata Kunci : *Aspal Porous, polimer PET, Marshall test, permeabilitas*

A. PENDAHULUAN

Campuran beraspal masih merupakan lapis penutup perkerasan jalan yang dominan di Indonesia, walaupun di beberapa ruas jalan telah dilakukan lapis perkerasan kaku dengan beton. Campuran beraspal panas merupakan campuran antara agregat dengan aspal sebagai pengikat pada komposisi dan suhu tertentu.

Salah satu jenis campuran beraspal adalah aspal *porous* yang merupakan salah satu jenis perkerasan jalan yang telah dikembangkan di beberapa negara maju dan diperuntukan hanya pada lapisan aus atau penutup (*wearing course*).

Salah satu alternatif penanggulangan langkanya aspal modifikasi ini adalah dengan memanfaatkan bahan-bahan lain yang dapat dijadikan sebagai bahan tambah, diantaranya adalah pemanfaatan bahan sisa limbah bahan polimer.

1. Rumusan Masalah

Adapun rumusan dari penelitian ini adalah :

1. Bagaimanakah pengaruh penggunaan polimer PET dalam campuran aspal *porous* ?
2. Bagaimanakah karakteristik *Marshall* dalam campuran aspal *porous* ?

2. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui pengaruh penggunaan polimer PET dalam campuran aspal *porous*.
2. Untuk mengetahui karakteristik *Marshall* dalam campuran aspal *porous*. campuran tersebut meliputi :
 - a. *Vim*
 - b. *Stability*
 - c. *Flow*
 - d. *MQ*
 - e. *Permeabilitas*

3. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini yaitu:

1. Memberikan informasi tentang pengaruh uji kinerja polimer PET dalam campuran aspal *porous*.
2. Memperluas pengetahuan penulis dan pembaca tentang pengaruh penggunaan polimer PET terhadap karakteristik campuran aspal *porous*.
3. Sebagai bahan referensi dan perbandingan bagi penelitian-penelitian yang terdahulu dan yang mendatang.
4. Sebagai bahan referensi kepada seluruh pihak yang terkait dalam pekerjaan perkerasan aspal porous.

B. KAJIAN PUSTAKA

1. Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan adalah jalur tanah (trase) yang diberi bahan perkerasan dari material yang keras seperti batu-batuan, sehingga roda kendaraan yang bekerja di atasnya tidak mengalami penurunan/deformasi

2. Aspal Porous

Menurut Setyawan A. Sanusi, campuran aspal *porous* merupakan generasi baru dalam perkerasan lentur, yang membolehkan air meresap ke dalam lapisan atas (*wearing course*) secara vertikal dan horizontal. Lapisan ini menggunakan gradasi terbuka (*open graded*) yang di hamparkan di atas lapisan aspal yang kedap air.



Gambar 1. Permukaan Aspal Porous

Pada penelitian ini gradasi agregat yang dipakai adalah gradasi Amerika.

Meskipun Indonesia ada dikenal dengan metode gradasi terbuka sesuai standar Bina Marga, namun penggunaan

gradasi untuk aspal *porous* di Indonesia masih mengacu pada beberapa metode gradasi dari negara lain.

Adapun karakteristik campuran aspal *porous* pada persyaratan gradasi dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Gradasi Amerika

No.	No. Saringan		Gradasi % lolos ayakan
	ASTM	Mm	
1.	1/2"	12,7	100
2.	3/8"	9,5	95 – 100
3.	No.4	4,76	30 – 50
4.	No.8	2,38	5– 15
5.	No.200	0,074	2 – 5

Sumber: federal highway administration, 1990

Kinerja aspal *porous* diperoleh melalui hasil pengujian karakteristik campuran beraspal. Spesifikasi untuk aspal *porous* dibatasi nilai-nilai dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Standar Kinerja Aspal Porous.

No.	Pemeriksaan	Satuan	Persyaratan
1.	<i>Stability</i>	Kg	Min >500
2.	<i>flow</i>	mm	2 – 6
3.	<i>Void in Mix</i>	%	10 – 25
4.	<i>Marshall Question</i>	Kg/mm	Min >200
5.	Permeabilitas	cm/det	Min 10 ⁻¹
6.	<i>Cantabro Loss</i>	%	Maks < 15
7.	<i>Binder Drain Down</i>	%	Maks. 0,3

Sumber: Nurali, et al. 2010.

Sebagian besar keuntungan dari aspal *porous*. Pada umumnya, aspal *porous* digunakan untuk hal berikut (Kandhal et al 1998, Khalid et al 1996, Mulder 1993):

- a. Mengurangi efek *aquaplaning* apabila permukaan aspal basah.
- b. Mengurangi efek percikan dan semprot (*splash and spray*) ketika kendaraan melewati permukaan aspal.
- c. Mengurangi efek silau.

3. Material Pembentuk Aspal Porous

a. Aspal

Aspal adalah material yang pada temperatur ruang berbentuk pampat sampai

agak pampat, dan akan bersifat *termoplastis*.

b. Aspal Minyak Penetrasi 60/70

Aspal penetrasi 60/70 adalah aspal dengan nilai penetrasi 60 dan kadar aspal 70. Aspal penetrasi 60/70 terbuat dari suatu rantai hydrocarbon dan turunannya, umumnya merupakan residu dari hasil penyulingan minyak mentah pada keadaan hampa udara, yang pada temperatur normal bersifat padat sampai ke semi padat, mempunyai sifat tidak menguap dan secara berangsur-angsur melunak bila dipanaskan pada suhu tertentu dan kembali padat jika didinginkan. Berikut ini persyaratan aspal penetrasi 60/70.

c. Agregat Kasar

Agregat kasar, dengan butiran tertahan diatas ayakan no. 4 atau 4,5 mm. Agregat harus memiliki sifat-sifat

1. Kekuatan dan kekerasan

Agregat harus memiliki kekuatan dan kekerasan, untuk menghindari terjadinya kerusakan akibat lalu lintas dan kehilangan kestabilan. Pemeriksaan terhadap kekuatan dan kekerasan agregat dapat dilakukan dengan menggunakan mesin abrasi Los Angeles.

2. Bentuk butir

Bentuk butir yang menyudut akan saling mengunci sehingga menambah kestabilan suatu campuran. Untuk menghasilkan stabilitas yang tinggi, maka persentase agregat sedikitnya memiliki satu bidang pecah. Indeks kepipihan agregat harus dipenuhi.

3. Porositas

Porositas suatu agregat mempengaruhi nilai ekonomis suatu campuran, karena makin tinggi porositas, makin banyak aspal yang terserap sehingga meningkatkan pemakaian aspal.

Tabel 3. Persyaratan agregat kasar

Pengujian	Standar	Nilai
Analisa Saringan	SNI 03-1986-1990	
Abrasi mesin Los Angeles	SNI 03-2417-1991	Maks. 40 %
Kelekatan agregat terhadap aspal	SNI 03-2439-1991	Min. 95 %
Partikel Pipih & Lonjong	ASTM D-4791	Maks. 10 %
Material Lolos saringan No.200	SNI 03-4142-1996	Maks. 1 %
Aggregate Impact Value	SNI 03-4426-1997	Maks. 30 %
Berat Jenis	SNI 03-1969-1990	Min. 2,5

Sumber: Perkerasan Aspal Divisi 6, 2006

d. Agregat Halus

Agregat halus dengan butiran ukuran ayakan no. 8 – 200 dan tertahan saringan No.200 (0,075mm). Agregat halus terdiri dari pasir alam, pasir buatan, pasir terak, atau gabungan dari bahan-bahan tersebut, dan abu batu. Agregat halus harus mempunyai syarat-syarat lain, yaitu harus memiliki permukaan yang kasar, tajam, bersih, kuat, kering, dan bebas dari gumpalan-gumpalan lempung, dan material yang tidak diinginkan.

Agregat halus yang akan digunakan untuk campuran aspal *porous* harus memenuhi persyaratan.

Tabel 4. Persyaratan agregat halus

Pengujian	Standar	Nilai
Analisa Saringan	SNI 03-1986-1990	
Material Lolos saringan No.200	SNI 03-4142-1996	Maks. 8 %
Berat Jenis	SNI 03-1970-1990	Min. 2,5
Kadar Lumpur / Nilai Setara Pasir	SNI 03-4428-1997	

Sumber: Perkerasan Aspal Divisi 6, 2006.

e. Filler

Filler adalah material yang lolos saringan no.200 (0,075 mm) terdiri dari abu batu (*fly ash*).

4. Plastik

Plastik adalah gugusan molekul yang terdiri dari banyak monomer seperti terlihat

pada Gambar 5. Plastik juga dikenal dengan nama polimer.

a. Polimer PET

Botol plastik atau botol air mineral yang sering kita jumpai dipasaran biasanya tergolong jenis PET.



Gambar 2. Plastik (PET) panjang dan lebar 1 cm

C. METODE PENELITIAN

1. Tinjauan Umum Penelitian

Penelitian karakteristik aspal *porous* menggunakan metode eksperimen berdasarkan pada pedoman perencanaan campuran beraspal panas dengan metode *Marshall*, dan spesifikasi gradasi Amerika. Dengan menggunakan variasi bahan tambah (additif) 0%, 1%, 3%.

Dalam pengujian ini, pengujian bahan-bahan dilakukan dengan menggunakan Spesifikasi Umum Direktorat Jendral Bina Marga Divisi Tahun VI Tahun 2010 (*Revisi 3*) dan metode pengujian karakteristik bahan penyusun campuran aspal porous dilaboratorium mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI).

2. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan dilaboratorium Teknik Sipil Universitas Dayanu Ikhsanuddin Baubau yang beralamat di Jalan Dayanu Ikhsanuddin Baubau Kelurahan Lipu Kota Baubau. Penelitian ini mulai dilaksanakan pada April 2017 sampai selesai.

3. Teknik Pengumpulan Data

Untuk memperoleh data sebagai bahan utama dalam penelitian ini, maka digunakan dua metode pengumpulan data:

1. Studi pustaka, untuk memperoleh data sekunder dengan membaca sejumlah

buku, jurnal ilmiah sebagai landasan teori dalam menuju kesempurnaan penelitian ini.

2. Pemeriksaan sampel dilakukan di laboratorium untuk mendapatkan data primer yang akan digunakan dalam menganalisa hasil dari penelitian yang dilaksanakan.

4. Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Agregat Kasar (*Medium*) yang bersumber dari Sorawolio hasil pemecahan stone crusher AMP PT. Tunas Harapan Lakina Wolio.
- b. Agregat halus (abu batu) yang bersumber dari Sorawolio (PT. Tunas Harapan Lakina Wolio).
- c. Agregat halus (pasir) yang bersumber dari Kelurahan Laompo, Kecamatan Batauga.
- d. Aspal yang digunakan adalah aspal Pertamina penetrasi 60/70.
- e. Bahan polimer berasal dari Limbah Plastik jenis PET.

C. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Pengujian Karakteristik Agregat

Sebagaimana yang telah disampaikan pada bab III pengujian material dilakukan dengan acuan Spesifikasi Umum Direktorat Jendral Bina Marga Divisi 6 Perkerasan Aspal Tahun 2010 (*Revisi 3*) sebagai acuan. Pengujian material meliputi : pemeriksaan karakteristik agregat (Batu pecah Sorawolio, Pasir, Abu Batu).

Tabel 5. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat

Jenis Pemeriksaan	Satuan	Metode Pemeriksaan	Hasil Pengujian	Spec	
				Min	Max
A. Batu Pecah Sorawallo					
1 Bulk	gr/cc	SNI 03-1969-1990	2,50	2,5	-
2 Apparent	gr/cc	SNI 03-1969-1990	2,62	-	-
3 Efektif	gr/cc	SNI 03-1969-1990	2,55	-	-
4 Absorpsi	%	SNI 03-1969-1990	1,69	-	3
5 Bahan Lolos 200	%	SNI 03-4142-1996	0,74	-	1
B. Pasir Batuaga					
1 Bulk	gr/cc	SNI 03-1969-1990	2,58	2,5	-
2 Apparent	gr/cc	SNI 03-1969-1990	2,77	-	-
3 Efektif	gr/cc	SNI 03-1969-1990	2,65	-	-
4 Absorpsi	%	SNI 03-1969-1990	2,41	-	3
5 Bahan Lolos 200	%	SNI 03-4142-1996	0,99	-	8
C. Abu Batu Sorawallo					
1 Bulk	gr/cc	SNI 03-1970-1990	2,55	2,5	-
2 Apparent	gr/cc	SNI 03-1970-1990	2,76	-	-
3 Efektif	gr/cc	SNI 03-1970-1990	2,62	-	-
4 Absorpsi	%	SNI 03-1970-1990	2,92	-	3
5 Bahan Lolos 200	%	SNI 03-4142-1996	7,01	-	8

Sumber: Hasil Analisa Data

Hasil pengujian menunjukkan bahwa agregat kasar dan agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga tahun 2010 untuk digunakan pada campuran aspal porous. Hasil Pengujian Karakteristik Aspal Pen 60/70

Pemeriksaan dilakukan terhadap sifat fisik Aspal Pertamina Pen 60/70 mengacu pada Spesifikasi Umum Direktorat Jendral Bina Marga Divisi 6 Perkerasan Aspal Tahun 2010 sebagai acuan.

Tabel 6. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Aspal Pen 60/70

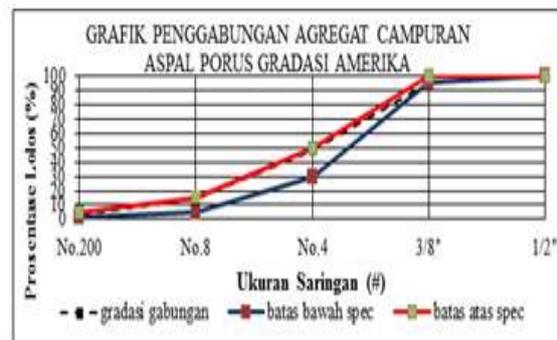
Jenis Pemeriksaan	Satuan	Metode Pemeriksaan	Hasil Pengujian	Spec	
				Min	Max
1 Berat Jenis	gr/cc	SNI 06-2448-1991	1.03	1.0	-
2 Penetrasi	mm	SNI 06-2456-1991	68.67	60	70
3 Daktilitas	Cm	SNI 06-2432-1991	106.50	100	-
4 Kehilangan Berat	%	SNI 06-2440-1991	0.25	-	0.8

Sumber: Analisa Data

2. Hasil Penggabungan Agregat

Pada penelitian ini jenis campuran aspal *porous* yang digunakan adalah campuran aspal porous gradasi Amerika. Penentuan komposisi masing-masing bahan dilakukan dengan metode coba-coba (*trial*

and error) dimana penggabungan agregat dilakukan dengan cara mengkombinasi ke tiga fraksi dengan komposisi tertentu.



Gambar 3. Grafik Gabungan Campuran Aspal *Porous*.

3. Hasil Penentuan Berat Jenis Agregat Gabungan

Berat jenis agregat gabungan merupakan berat jenis agregat diluar dari bahan aspal. Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh nilai berat jenis agregat gabungan yaitu : berat jenis bulk agregat = 2,518 , berat jenis semu agregat = 2,645 , berat jenis efektif = 2,582 , dan absorpsi aspal terhadap total agregat = 1,01.

Analisa perhitungan berat jenis agregat gabungan dapat dilihat secara lengkap pada lampiran 17.

4. Hasil Pemeriksaan *Marshall Test*

Rekapitulasi hasil pengujian *Marshall test* sesuai dengan Spesifikasi Umum Direktorat Jendral Bina Marga Divisi 6 Perkerasan Aspal Tahun 2010 dapat dilihat pada Tabel 18.

Tabel 7. Hasil Pengujian Karakteristik *Marshall*

Karakteristik	spec		Jumlah	Polimer & Kadar Aspal (%)								
	Min	Max		Tumbukan	0%		1%		3%			
			Pemadatan		4%	5%	6%	4%	5%	6%	4%	5%
VDM (%)	10	25		15,8	14,4	16,1	15,6	14,7	18,3	15,7	13,6	9,19
Stabilitas (kg)	300	-	2x50	351	432	471	352	466	479	369	454	504
Flow (mm)	2	6	Tumbukan	2,81	3,07	3,16	3,01	3,11	3,18	2,86	3,13	3,16
MQ (kg/mm)	200	-		125	148	152	118	156	149	130	146	166

Sumber: Hasil Analisa Data.

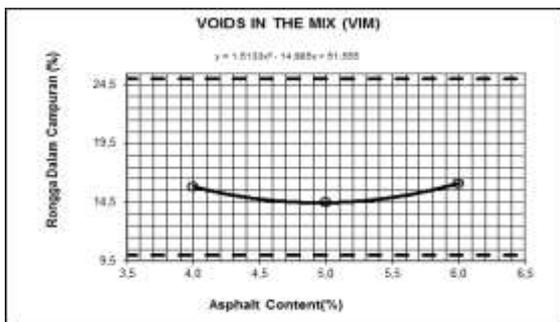
Dari Tabel 7 hasil pengujian karakteristik *Marshall* digambarkan Grafik

Hubungan Antara *VIM*, Stabilitas, *Flow*, *MQ* dengan kadar aspal pada campuran aspal *porous*. Grafik Hubungan Antara *VIM*, Stabilitas, *Flow*, *MQ* dengan kadar aspal pada campuran aspal *porous*. Dapat dilihat pada gambar berikut.

a. Hubungan Antara Kadar Aspal dan Porositas / *VIM*

VIM adalah volume total udara yang berada diantara partikel agregat yang terselimuti aspal dalam suatu campuran yang telah dipadatkan. Pada Gambar 9-11 dapat dilihat bahwa nilai *VIM* turun naik, sejalan dengan penambahan kadar aspal. Untuk campuran Aspal *Porous* nilai Porositas/*VIM* yaitu 10-25%.

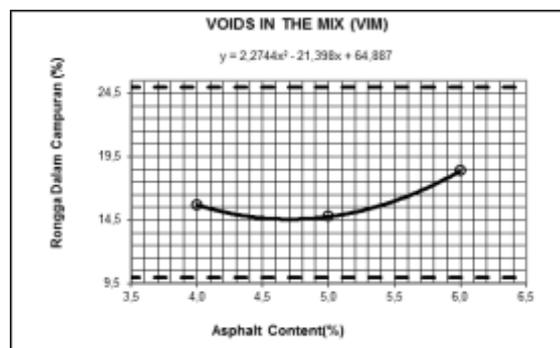
a. Polimer 0%



Gambar 4. Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal, Polimer 0% dan *VIM*

Pada Gambar 4 campuran aspal *porous* tanpa bahan tambah polimer memperlihatkan nilai *VIM* tertinggi pada saat campuran aspal porous berkadar aspal 6% yaitu 16,13 % dan nilai terendah *VIM* pada saat campuran berkadar aspal 5% yaitu 14,46 %.

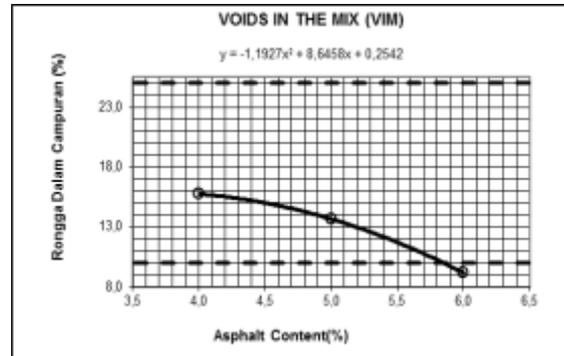
b. Polimer 1%



Gambar 5. Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal, Polimer 0% dan *VIM*

Pada Gambar 5 memperlihatkan nilai *VIM* tertinggi untuk campuran terdapat pada kadar aspal 6% yaitu 18,38% dan nilai *VIM* terendah pada kadar aspal 5% yaitu 14,76%.

c. Polimer 3%



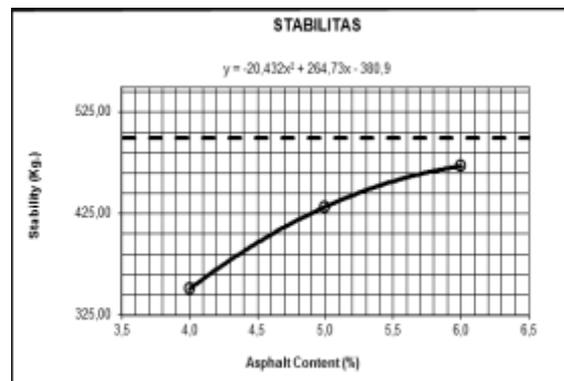
Gambar 6. Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal, polimer 3% dan *VIM*.

Pada Gambar 6 memperlihatkan penambahan polimer pada variasi 3% nilai *VIM* tertinggi berada pada kadar aspal 4% yaitu 15,75% dan nilai terendah *VIM* berada pada kadar aspal 6% yaitu 9,19%.

b. Hubungan Kadar Aspal dan Stabilitas

Nilai stabilitas menggambarkan kemampuan dari lapis perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur dan *bleeding*. Kebutuhan stabilitas sebanding dengan jumlah lalulintas dan beban kendaraan yang akan memakai jalan tersebut. Stabilitas terjadi dari geseran antar butir, penguncian antar partikel agregat, dan daya ikat dari lapisan aspal. Untuk campuran aspal *porous* nilai stabilitas dibatasi minimum >500 kg.

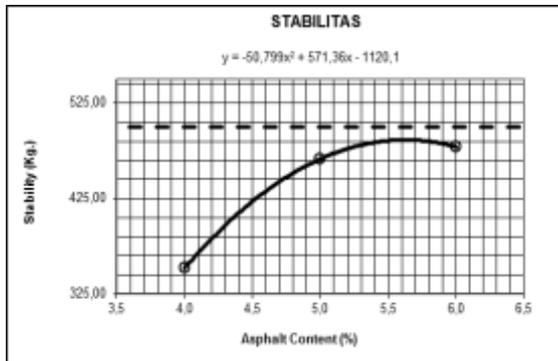
a. Polimer 0%



Gambar 7. Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal, polimer 0% dan Stabilitas.

pada Gambar 7 memperlihatkan dengan tanpa penambahan polimer nilai stabilitas tertinggi saat campuran berkadar aspal 6% yaitu 471,9 kg. Dan nilai terendah pada saat campuran berkadar aspal 4% yaitu 351,1 kg.

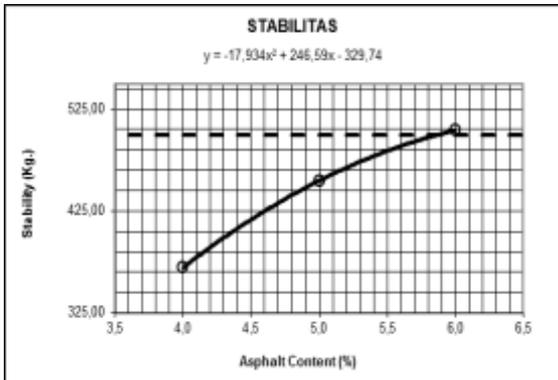
b. Polimer 1%



Gambar 8. Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal, polimer 1% dan Stabilitas.

Pada Gambar 8 terlihat dengan penambahan polimer 1% nilai stabilitas tertinggi berada pada kadar aspal 6% yaitu 479,3 kg dan nilai terendah pada kadar aspal 4% yaitu 352,6 kg.

c. Polimer 3%



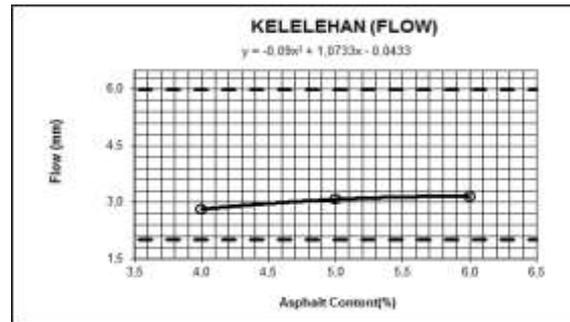
Gambar 9. Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal, polimer 3% dan Stabilitas.

Pada Gambar 9 terlihat dengan penambahan polimer 3% nilai stabilitas tertinggi berada pada kadar aspal 6% yaitu 504,2 kg dan nilai terendah pada kadar aspal 4% yaitu 369,7 kg.

c. Hubungan Kadar Aspal dan Flow

Kelelahan plastis menunjukkan tingkat kelenturan lapis perkerasan. Untuk campuran aspal porus nilai flow disyaratkan minimum 2 mm maksimum 6 mm.

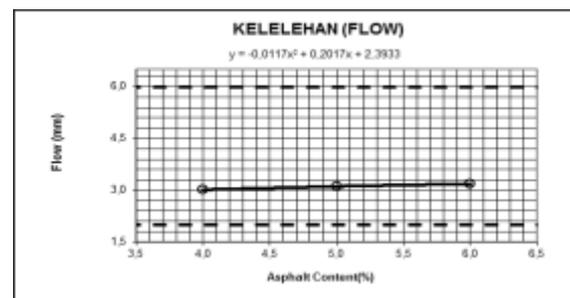
a. Polimer 0%



Gambar 10. Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal, polimer 0% dan Flow.

Dari Gambar 10 memperlihatkan bahwa tanpa bahan tambah polimer dengan kadar aspal tertinggi 6% nilai Flow di peroleh yaitu 3,16 mm, dan pada kadar aspal terendah 4% nilai Flow di peroleh yaitu 2,81 mm. Jadi semakin tinggi nilai kadar aspal maka semakin tinggi nilai pula nilai Flow yang di peroleh, dan semakin rendah nilai kadar aspal maka semakin rendah pula nilai Flow yang diperoleh.

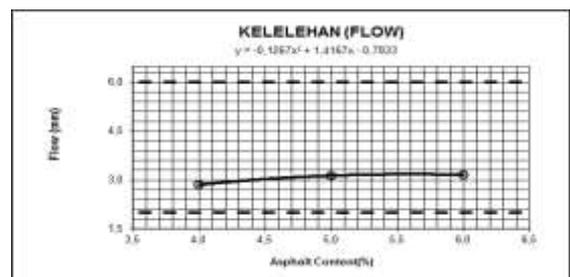
b. Polimer 1%



Gambar 11. Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal, polimer 1% dan Flow.

Dari Gambar 11 grafik memperlihatkan nilai tertinggi Flow terdapat pada kadar aspal 6% dengan penambah polimer 1% yaitu 3,18 mm. dan nilai Flow terendah pada kadar aspal 4% polimer 1% yaitu 3,01 mm.

c. Polimer 3%



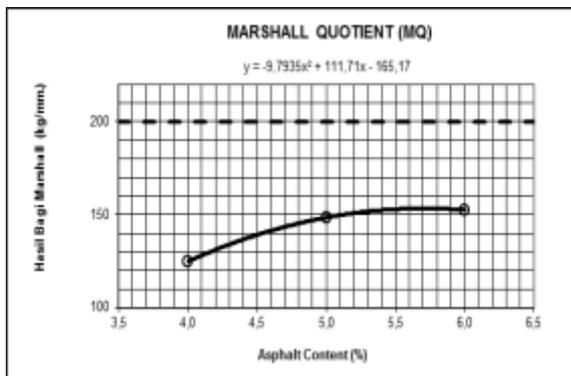
Gambar 12. Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal, polimer 3% dan Flow.

Pada Gambar 12 memperlihatkan untuk penambahan plastik pada polimer 3% nilai *Flow* tertinggi dengan campuran berkadar aspal 6% yaitu 3,16 mm, dan nilai terendah *Flow* pada kadar aspal 4% yaitu 2,86 mm.

d. Hubungan Kadar Aspal dan *Marshall Quotient*(*MQ*)

Marshall quetien merupakan hasil bagi *marshall* dengan *Flow* yang merupakan kekakuan campuran. Untuk campuran aspal *porous* nilai *MQ* dibatasi minimal 200 kg/mm.

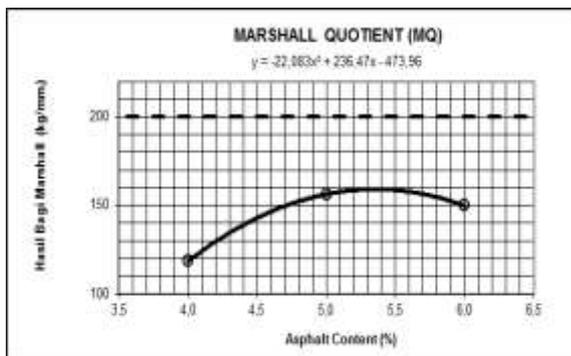
a. Polimer 0%



Gambar 13. Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal 0% dan *MQ*.

Dari Gambar 13 memperlihatkan bahwa tanpa bahan tambah polimer nilai *MQ* tertinggi pada kadar aspal 6 % yaitu 152,5 kg/mm, dan nilai terendah *MQ* pada kadar aspal 4% yaitu 125,0 kg/mm. akan tetapi dalam penelitian ini terlihat bahwa nilai *MQ* dengan kadar aspal dan tanpa bahan tambah polimer diatas tidak memenuhi batas minimum nilai *MQ* yaitu 200 kg/mm untuk campuran Aspal *Porous*.

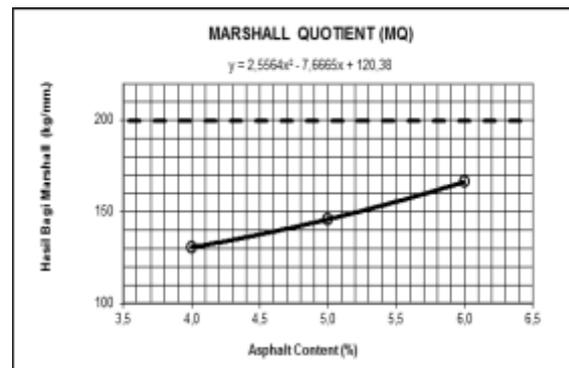
b. Polimer 1%



Gambar 14. Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal , polimer 1% dan *MQ*.

Pada Gambar 14 memperlihatkan penambahan polimer 1% menunjukkan nilai tertinggi *MQ* dengan kadar aspal 5% yaitu 156,3 kg/mm, dan nilai terendah *MQ* dengan kadar aspal 4% yaitu 118,6 kg/mm. akan tetapi dalam penelitian ini memperlihatkan bahwa nilai *MQ* dengan kadar aspal dengan bahan tambah polimer 1% diatas tidak memenuhi batas minimum nilai *MQ* yaitu 200 kg/mm untuk campuran Aspal *Porous*.

c. Polimer 3%



Gambar 15. Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal polimer 3% dan *MQ*.

Pada Gambar 15 memperlihatkan penambahan polimer 3% menunjukkan nilai tertinggi *MQ* dengan kadar aspal 6% yaitu 166,4 kg/mm, dan nilai terendah *MQ* dengan kadar aspal 4% yaitu 130,6 kg/mm. akan tetapi dalam penelitian ini memperlihatkan bahwa nilai *MQ* dengan kadar aspal dengan bahan tambah polimer 3% diatas tidak memenuhi batas minimum nilai *MQ* yaitu 200 kg/mm untuk campuran Aspal *Porous*.

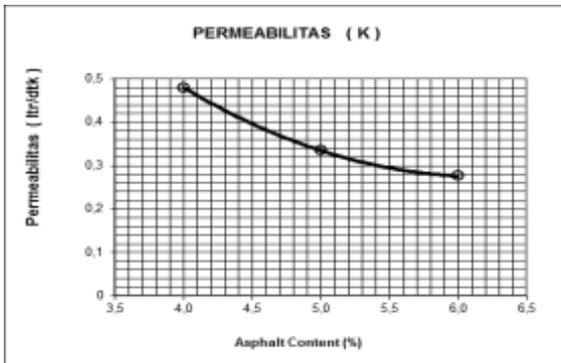
Tabel 8. Nilai Hasil Pengujian Permesabilitas

No	Polimer	Kadar Aspal (%)	Jumlah Tumbukan	Waktu Rembesan Air (dtk)	Permeabilitas (ltr/dtk)
1	0%	4%	2x50 Tumbukan	8,36	0,4802
		5%		12,09	0,3350
		6%		14,63	0,2762
2	1%	4%		10,29	0,4571
		5%		14,20	0,2846
		6%		15,48	0,2609
3	3%	4%		10,84	0,3734
		5%		14,35	0,2814
		6%		15,64	0,2583

Sumber: Olah data

Dari Tabel 8 hasil pengujian permeabilitas digambarkan grafik hubungan antara permeabilitas dan polimer dengan kadar aspal pada campuran aspal *porous*. Grafik Hubungan Antara Permeabilitas dengan kadar aspal pada campuran aspal *porous* dapat dilihat pada gambar berikut.

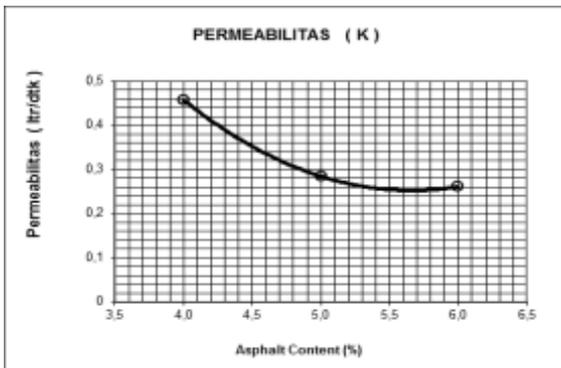
a. Polimer 0%



Gambar 16. Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal, polimer 0% dan Permeabilitas.

Dari Gambar 16 grafik tanpa bahan tambah polimer 0% menunjukkan nilai tertinggi permeabilitas pada kadar aspal 4% yaitu 0,4802 ltr/dtk, dan nilai terendah permeabilitas yaitu pada kadar aspal 6% yaitu 0,2762 ltr/dtk.

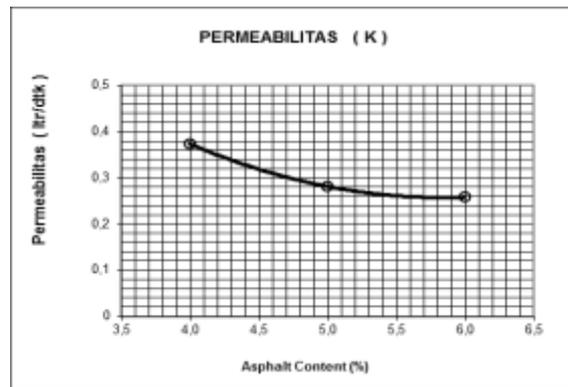
b. Polimer 1%



Gambar 17. Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal, polimer 1% dan Permeabilitas.

Dari Gambar 17 grafik menunjukkan nilai tertinggi permeabilitas pada penambahan polimer 1% dengan kadar aspal 4% yaitu 0,4571 ltr/dtk, dan nilai terendah permeabilitas yaitu pada kadar aspal 6% dengan polimer 1% yaitu 0,2609 ltr/dtk.

c. Polimer 3%



Gambar 18. Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal, polimer 3% dan Permeabilitas.

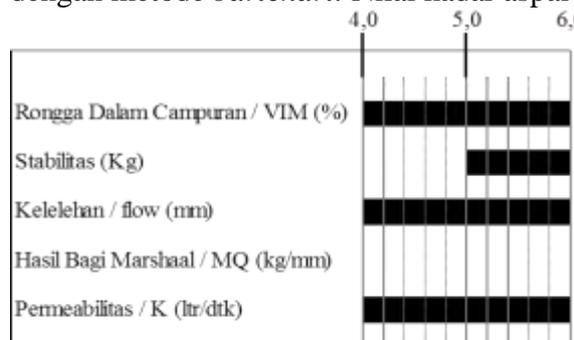
Pada Gambar 18 grafik menunjukkan nilai tertinggi permeabilitas pada kadar aspal 4% dengan polimer yaitu 0,3734 ltr/dtk, dan nilai terendah permeabilitas yaitu pada kadar aspal 6% yaitu 0,2583 ltr/dtk. Dapat di lihat bahwakoefisien permeabilitas semakin kecil dengan semakin bertambahnya polimer dan kadar aspal, maka volume rongga yang berada di dalam benda uji semakin berkurang hal ini disebabkan rongga yang terisi oleh aspal dan polimer semakin kecil sehingga waktu air meresap akan lebih lama.

5. Hasil Penentuan Kadar Aspal Optimum

Kadar aspal optimum ditentukan dengan metode *bartchart*. Nilai kadar aspal optimum ditentukan sebagai nilai tengah dari rentang kadar aspal maksimum dan minimum yang memenuhi nilai stabilitas, *Flow*, *VIM*, Permeabilitas, seperti pada gambar 24-25.

a. Polimer 0%,1%,3

Kadar aspal optimum ditentukan dengan metode *bartchart*. Nilai kadar aspal



Gambar 19. *Bartchart* Penentuan KAO, polimer 1% campuran aspal *porous*.

D. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian di laboratorium tentang dapat disimpulkan bahwa :

1. Berdasarkan hasil pengujian pengaruh penggunaan polimer PET terhadap aspal *porous* yaitu dengan adanya penambahan polimer PET membuat karakteristik aspal *porous* menjadi lebih baik namun pada penelitian ini variasi kadar polimer yang digunakan hanya 0%, 1%, dan 3%, dengan adanya sedikit kadar polimer yang digunakan menyebabkan aspal *porous* kurang kuat. Sehingga Campuran aspal *porous* dengan penambahan polimer PET dalam penelitian ini hanya dapat digunakan sebagai bahan konstruksi jalan dengan pembebanan yang rendah.
2. Dalam penelitian ini yang memenuhi syarat dengan penambahan polimer PET sebagai bahan tambah, meliputi pengujian *VIM*, *Flow* dan Permeabilitas. Sedangkan nilai Stabilitas dan *Marshall Quetions*, tidak memenuhi batas minimum spesifikasi campuran aspal *porous*. Sehingga tidak diperoleh nilai KAO. Untuk mengetahui nilai karakteristik *marshall* dalam campuran aspal porous yaitu :
 - a. Dari hasil penelitian Nilai *VIM* tertinggi terdapat pada campuran kadar aspal 6% dengan penambahan polimer 1% yaitu 18,38%. Dan nilai terendah *VIM* terdapat pada kadar aspal 6% tanpa dengan polimer 3% yaitu 9,19%. Sehingga nilai *VIM* dalam penelitian ini memenuhi persyaratan spesifikasi yaitu 10%-25%.
 - b. Dari hasil penelitian Nilai tertinggi Stabilitasterdapat pada kadar aspal 6% dengan penambahan polimer 3% yaitu 504,2 kg dan nilai terendah stabilitas dengan kadar aspal 4% tanpa bahan tambah polimer 0% yaitu 351,1 kg. tetapi dalam penelitian ini stabilitas yang memenuhi hanya terdapat pada satu kadar aspal saja sehingga tidak memenuhi spesifikasi > 500 kg.
 - c. Dari hasil penelitian ini Nilai *Flow* tertinggi terdapat pada campuran kadar aspal 6% dengan bahan tambah

polimer 1% yaitu 3,18 mm, dan nilai *Flow* terendah terdapat pada kadar aspal 4% tanpa bahan tambah polimer 0% yaitu 2,81 mm. dengan adanya penambahan polimer terhadap aspal *porous* nilai *Flow* lebih meningkat dibandingkan nilai *Flow* tanpa bahan tambah 0%. Dalam penelitian ini nilai *Flow* memenuhi persyaratan spesifikasi 2-6 mm.

- d. Dari hasil penelitian ini Nilai *MQ* tertinggi terdapat pada kadar aspal 6% dengan bahan tambah polimer 3% yaitu 166 kg/mm, dan nilai terendah terdapat pada kadar aspal 4% tanpa bahan tambah polimer 0% yaitu 125 kg/mm. Dengan adanya penambahan polimer, nilai *MQ* semakin meningkat dibandingkan dengan kadar aspal 4% tanpa bahan tambah polimer 0%. Namun dalam penelitian ini nilai *MQ* belum memenuhi persyaratan spesifikasi > 200kg/mm.
- e. Dari hasil penelitian ini Nilai Permeabilitas tertinggi terdapat pada campuran kadar aspal 4% tanpa bahan tambah polimer adalah 0,4802 ltr/dtk. sedangkan nilai terendah terdapat pada kadar aspal 6% dengan penambahan polimer 1% yaitu 0,2609 ltr/dtk. hal ini disebabkan polimer menghalangi sebagian rongga sehingga mengakibatkan waktu air meresap lebih lama. Tetapi dalam hal ini nilai permeabilitas memenuhi persyaratan spesifikasi > 10⁻¹ cm/detik.

DAFTAR PUSTAKA

- Affandy pryma, 2016. Pemanfaatan limbah plastik polimer sebagai bahancampuran aspal panas. *Skripsi*, tidak diterbitkan. BauBau: Fakultas Teknik Universitas Dayanu Ikhsanuddin.
- Ainun, 2017. Studi karakteristik aspal porous dengan aspal penetrasi 60/70 sebagaibahan pengikat. *Skripsi*, Tidak diterbitkan. BauBau: Fakultas Teknik Universitas Dayanu Ikhsanuddin.
- Anonim, 2006. *Manual pekerjaan campuran beraspal panas*.

- Departemen pemukiman dan prasarana wilayah, Direktorat Jenderal Prasarana Wilayah. Jakarta.
- Charles kamba, 2014. Studi eksperimental aspal porus gradasi australia dengan bahan pengikat substitusi parsial liquid asbuton, *tesis*, Universitas Hasanuddin Makasar.
- Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga. 1976. Manual No.01/MN/BM/197:pemeriksaan bahan aspal.
- Departemen pemukiman dan prasaran wilayah, direktorat jendral bina marga. 2010 (revisi 3). *Divisi 6 Perkerasan Aspal Seksi 6.3 Campuran Beraspal Panas: Spesifikasi Umum*.
- Direktorat Jendral Bina Marga, 1987. *Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (Laston) Untuk Jalan Raya SKBI-2.4.26.1987*, Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, 1999. *Pedoman Perencanaan Pedoman Teknis No. 025/T/BM/1999*, Departemen Pekerjaan Umum.
- Djumari, D. Sarwono. 2009. *Perencanaan Gradasi Aspal Porus Menggunakan Material Lokal dengan Metode Pemampatan Kering*. Jurnal penelitian Media Teknik Sipil Volume IX:9-14.
- Federal Highway Administration. 1990. *Technical Advisory Open Graded Friction Courses. Department of Transportation*.
- Muijiarto, I., 2005, *sifat dan karakteristik matrial plastik dan bahan additive, traksi bahan vol 3 No.2 Desember 2005*.
- Nashir T.M., parung h., ali N., Hariyantoct. 2013. *kinerja campuran aspal berpori dengan menggunakan aspal polimer*.
- Nazir, C., 2002, *Pengaruh Penggunaan Serat Limbah Plastik Botol Minuman PET (Polyethylene Terephalate) Sebagai Additive Pada Campuran HRA (Hot Rolled Asphalt) ditinjau dari sifat Marshall*, Tugas Akhir Strata satu Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
- Sukirman, Silvia. 2008. *Beton Aspal Campuran Panas*, Edisi Kedua. Yayasan Obor Indonesia. Jakarta.
- Sulaksono, S. 2001. *kontruksi jalan*.
- Sukirman, Silvia. 2008. *Beton Aspal Campuran Panas*, Edisi Kedua. Yayasan Obor Indonesia. Jakarta.
- Surdia, T dan Saito, S. 2005. *Sifat khas polimer pada perubahan temperatur*.
- Suroso, T.W., 2004 *Pengaruh Penambahan Plastik Cara Basah Dan Cara Kering Terhadap Kinerja Campuran Beraspal*, puslitbang jalan jembatan diakses 9 Oktober 2008.