

PENGARUH PENGGUNAAN SAMPAH BOTOL PLASTIK SEBAGAI BAHAN TAMBAH PADA CAMPURAN LAPIS ASPAL BETON (LASTON)

Nugraha Yuda Pratama¹⁾, Slamet Widodo²⁾, Eti Sulandari²⁾

nyuprats@gmail.com

Abstrak

Aspal merupakan salah satu material yang digunakan sebagai bahan perkerasan jalan raya. Salah satu cara untuk mencegah terjadinya kerusakan pada perkerasan jalan akibat beban muatan kendaraan adalah dengan meningkatkan kualitas dan stabilitas perkerasan tersebut. Oleh sebab itu penggunaan bahan tambah (*Additive*) menjadi salah satu alternatif yang digunakan untuk mendapatkan kualitas lapis perkerasan yang baik. Sampah botol plastik (*Polyethylene Terephthalate*) merupakan salah satu jenis sampah yang sulit diuraikan senyawa organik tanah sehingga merupakan salah satu penyebab kerusakan unsur tanah, namun mungkin sampah botol plastik merupakan bahan fleksibel yang dapat dimanfaatkan sebagai alternatif bahan tambah (*Additive*) pada campuran perkerasan jalan. Pemanfaatan ini dimaksudkan untuk mengurangi keberadaan sampah botol plastik tersebut sehingga tidak akan menyebabkan dampak yang negatif namun dapat memberikan dampak yang positif bagi masyarakat dan lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sifat-sifat fisik aspal dan mengetahui karakteristik Marshall pada campuran laston (*AC-WC*) dengan bahan tambah sampah botol plastik (*Polyethylene Terephthalate*).

Hasil pemeriksaan aspal dengan penambahan kadar plastik sebesar 0,1%, 0,3%, 0,5%, dan 0,7% secara umum dapat memperbaiki sifat-sifat fisik aspal, kecuali pada kadar plastik 0,5% dan 0,7% yang nilai daktilitasnya tidak memenuhi syarat sesuai spesifikasi umum Bina Marga 2010. Hasil pengujian campuran laston (*AC-WC*) dengan aspal normal dari 5% sampai 7% diperoleh nilai KAO sebesar 6,1%. Setelah didapat nilai KAO, selanjutnya dilakukan penambahan plastik dalam campuran dengan kadar 0,1%, 0,3%, 0,5%, dan 0,7% dari berat aspal. Berdasarkan hasil Marshall Test pada campuran Laston (*AC-WC*) didapat nilai stabilitas, flow, *MQ*, *VIM*, dan *VFB*. Nilai stabilitas kadar plastik 0% = (1002,97 kg), 0,1% = (1019,08 kg), 0,3% = (1040,90 kg), 0,5% = (1088,84 kg), dan 0,7% = (1163,22 kg). Nilai flow kadar plastik 0% = (3,13 mm), 0,1% = (3,17 mm), 0,3% = (3,23 mm), 0,5% = (3,37 mm), dan 0,7% = (3,53 mm). Nilai *MQ* kadar plastik 0% = (320,1 kg/mm), 0,1% = (321,88 kg/mm), 0,3% = (322,63 kg/mm), 0,5% = (325,42 kg/mm), dan 0,7% = (332,13 kg/mm). Nilai *VIM* kadar plastik 0% = (4,04%), 0,1% = (3,94%), 0,3% = (3,79%), 0,5% = (3,58%), dan 0,7% = (3,45%). Nilai *VFB* kadar plastik 0% = (80,37%), 0,1% = (80,95%), 0,3% = (81,77%), 0,5% = (82,97%), dan 0,7% = (83,68%). Dari semua parameter Marshall, kadar plastik 0,1% sampai 0,5% telah memenuhi syarat, hanya kadar plastik 0,7% yang tidak memenuhi syarat karena nilai *VIM* yang lebih kecil dari spesifikasi. Kadar maksimum untuk penggunaan plastik dalam campuran laston (*AC-WC*) pada KAO 6,1% adalah sebesar 0,63%.

Berdasarkan hasil sifat-sifat fisik aspal dan karakteristik Marshall, dapat disimpulkan bahwa kadar penambahan plastik yang dapat digunakan adalah 0,1% - 0,3% dari berat aspal. Penambahan plastik dengan kadar 0,3% merupakan kadar terbaik yang dapat digunakan dalam campuran beraspal, karena telah memenuhi syarat dari semua pemeriksaan dan memiliki nilai stabilitas tertinggi pada campuran laston (*AC-WC*).

Kata Kunci : Aspal, Sampah Botol Plastik, Laston (*AC-WC*)

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Jalan merupakan prasarana transportasi yang sangat dibutuhkan oleh masyarakat Indonesia khususnya Provinsi Kalimantan Barat untuk melakukan mobilisasi keseharian, baik dalam bidang ekonomi, sosial budaya, pendidikan, politik, pertahanan, dan lain-lain. Perkerasan jalan yang berkualitas diperlukan untuk menjamin keamanan dan kenyamanan, serta memperlancar kegiatan distribusi barang

dan jasa yang menggerakkan roda pembangunan nasional.

Aspal merupakan salah satu material yang digunakan sebagai bahan perkerasan jalan raya, material ini dipilih karena hasil akhirnya yang baik dan nyaman sebagai perkerasan lentur. Salah satu cara untuk mencegah terjadinya kerusakan pada perkerasan jalan akibat beban muatan kendaraan adalah dengan meningkatkan kualitas dan stabilitas perkerasan tersebut. Oleh sebab itu penggunaan bahan tambah (*Additive*) menjadi salah satu alternatif

1. Alumni Prodi Teknik Sipil FT. UNTAN

2. Dosen Prodi Teknik Sipil FT. UNTAN

yang digunakan untuk mendapatkan kualitas lapis perkerasan yang baik.

Sampah botol plastik (*Polyethylene Terephthalate*) merupakan salah satu jenis sampah yang sulit diuraikan senyawa organik tanah sehingga merupakan salah satu penyebab kerusakan unsur tanah, namun mungkin sampah botol plastik merupakan bahan fleksibel yang dapat dimanfaatkan sebagai alternatif bahan tambah (*Additive*) pada campuran perkerasan jalan. Pemanfaatan ini dimaksudkan untuk mengurangi keberadaan sampah botol plastik tersebut sehingga tidak akan menyebabkan dampak yang negatif namun dapat memberikan dampak yang positif bagi masyarakat dan lingkungan.

1.2. Perumusan Masalah

- a. Bagaimana sifat-sifat fisik aspal dengan bahan tambah sampah botol plastik (*Polyethylene Terephthalate*) ?
- b. Bagaimana karakteristik *Marshall* pada campuran laston (AC-WC) dengan bahan tambah sampah botol plastik (*Polyethylene Terephthalate*) ?

1.3. Tujuan Penelitian

- a. Mengetahui sifat-sifat fisik aspal dengan bahan tambah sampah botol plastik (*Polyethylene Terephthalate*).
- b. Mengetahui karakteristik *Marshall* pada campuran laston (AC-WC) dengan bahan tambah sampah botol plastik (*Polyethylene Terephthalate*).

1.4. Manfaat Penelitian

- a. Dapat menambah variasi studi pustaka mengenai pemanfaatan sampah botol plastik sebagai bahan tambah pada lapis aspal beton.
- b. Dapat menjadi pertimbangan untuk pemilihan material dan bahan tambah dalam usaha meningkatkan kualitas lapis perkerasan.

- c. Salah satu solusi pengurangan sampah botol plastik yang sulit terurai.

1.5. Pembatasan Masalah

- a. Jenis Perkerasan / campuran yang digunakan adalah laston (AC-WC) dengan menggunakan spesifikasi umum Bina Marga 2010.
- b. Aspal yang digunakan adalah aspal penetrasi 60/70.
- c. Agregat kasar yang digunakan berupa batu pecah.
- d. Agregat halus yang digunakan berupa pasir kuning.
- e. Jenis bahan pengisi (*Filler*) yang digunakan *Cement Portland*.
- f. Jenis botol plastik yang digunakan adalah botol plastik dengan kode 1 pada bagian bawah botol yaitu PET (*Polyethylene Terephthalate*).
- g. Kadar botol plastik (*Polyethylene Terephthalate*) yang digunakan yaitu dengan kadar 0% ; 0,1%, 0,3% ; 0,5% ; 0,7% dari berat aspal.
- h. Pencampuran variasi plastik dilakukan dengan cara basah (*wet process*).
- i. Metode pengujian yang dilakukan adalah *Marshall test*.

1.6. Hipotesis

Dalam penelitian ini dirumuskan suatu hipotesa sementara yang akan dibuktikan di laboratorium yaitu bahwa dengan penambahan sampah botol plastik *Polyethylene Terephthalate* dalam aspal dapat meningkatkan kualitas campuran laston (AC-WC).

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Konstruksi Perkerasan Jalan

Menurut Silvia Sukirman (1992), berdasarkan bahan pengikatnya suatu konstruksi perkerasan jalan dapat dibedakan menjadi :

- a. Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*) adalah perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat.

Contohnya yaitu Laston (Lapis Aspal Beton), Lataston (Lapis Atas Aspal Beton), *Hot Rolled Asphalt* (HRA), *Hot Rolled Sheet* (HRS), *Split Mastic Asphalt* (SMA). Konstruksi perkerasan lentur terdiri dari Lapisan Permukaan (*Surface Course*), Lapisan Pondasi Atas (*Base Course*), Lapisan Pondasi Bawah (*Sub base Course*), dan Lapisan Tanah Dasar (*Sub Grade*).

- b. Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*) adalah perkerasan yang menggunakan semen (*Portland Cement*) sebagai bahan pengikat. Pelat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan diatas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah.
- c. Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*) adalah perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur dapat berupa perkerasan lentur di atas perkerasan kaku atau sebaliknya.

2.2. Perkerasan Lentur

Menurut Silvia Sukirman (1992), Konstruksi perkerasan lentur terdiri dari lapisan-lapisan yang diletakkan di atas tanah dasar yang telah dipampatkan. Lapisan-lapisan tersebut berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkannya ke lapisan di bawahnya. Konstruksi perkerasan lentur terdiri dari :

- a. Lapisan permukaan (*Surface Course*)
- b. Lapisan Pondasi Atas (*Base Course*)
- c. Lapisan Pondasi Bawah (*Sub Base Course*)
- d. Lapisan Tanah Dasar (*Sub Grade*)

Jenis lapis perkerasan lentur yang umum digunakan di Indonesia adalah :

a. Lapisan bersifat nonstruktural, berfungsi sebagai lapisan aus dan kedap air antara lain :

- Burtu (laburan aspal satu lapis)
- Burda (laburan aspal dua lapis)
- Latasir (lapis tipis aspal pasir)
- Buras (laburan aspal)
- Latasbum (lapis tipis asbuton murni)

b. Lataston (lapis tipis aspal beton)

- Lapisan bersifat struktural, berfungsi sebagai lapisan yang menahan dan menyebarkan beban roda antara lain :
- Penetrasi makadam (lapen)
- Lasbutag
- Laston (lapis aspal beton)

2.3. Lapis Aspal Beton (Laston)

Lapis Aspal Beton (Laston) adalah suatu lapisan pada konstruksi jalan raya yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang bergradasi menerus, dicampur, dihampar, dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu.

Fungsi lapisan aspal beton (laston) :

- Sebagai pendukung beban lalu lintas.
- Sebagai pelindung konstruksi dibawahnya dari kerusakan akibat pengaruh air dan cuaca.
- Menyediakan permukaan jalan yang rata dan tidak licin.

Sifat-sifat lapisan aspal beton (laston) :

- Mempunyai stabilitas yang tinggi.
- Tahan terhadap keausan akibat lalu lintas.
- Kedap air.
- Mempunyai nilai struktural.

Lapisan aspal beton (laston) banyak digunakan sebagai lapis permukaan jalan yang melayani lalu lintas sedang. Untuk mendapatkan suatu campuran beton aspal yang baik dilakukan suatu percobaan di laboratorium antara agregat, *filler*, dan

aspal. Agregat yang kecil akan mengisi ruang antara agregat yang lebih besar membentuk susunan yang padat. Dan untuk mempercepat proses adhesi antara penyusun bahan ditambahkan zat aditif. (Gunawan, 2001)

Laston terdiri dari tiga macam campuran yaitu Laston Lapis Aus (AC-WC), Laston Lapis Pengikat (AC-BC) dan Laston Lapis Pondasi (AC-Base), dengan ukuran maksimum agregat masing-masing campuran adalah 19mm, 25,4mm, dan 37,5mm.

Tabel 1. Ketentuan Sifat-sifat Campuran Laston (AC)

Sifat-sifat campuran	Laston					
	Lapis aus		Lapis antara		Pondasi	
	Halus	Kasar	Halus	Kasar	Halus	Kasar
Kadar aspal efektif (%)	5,1	4,3	4,3	4,0	4,0	3,5
Penyerapan aspal (%)	Maks. 1,2					
Jumlah tumbukan per bidang	75			112		
Rongga dalam campuran (VIM) (%)	Min. 3,5					
	Maks. 5,0					
Rongga dalam agregat (VMA) (%)	Min. 15		14		13	
Rongga terisi aspal (VFB) (%)	Min. 65		63		60	
Stabilitas marshall (kg)	Min. 800				1800	
	Maks. -					
Pelebaran (mm)	Min. 3		4,5			
Marshall Quotient (kg/mm)	Min. 250			300		
Stabilitas marshall sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60 °C	Min. 90					
Rongga dalam campuran (%) pada kepadatan normal (refusal)	Min. 2,5					

2.4. Bahan pembentuk Laston

Laston adalah suatu campuran yang terdiri dari agregat dan aspal sebagai bahan pengikat. Agregat / batuan merupakan komponen utama dari lapisan perkerasan jalan yang mengandung 90 – 95 % agregat berdasarkan prosentase berat campuran total.

A. Agregat kasar

Agregat kasar adalah material yang tertahan pada saringan No.8 (2,36 mm). Agregat kasar untuk campuran aspal harus terdiri dari batu pecah yang bersih, kuat, kering, bersudut, bebas dari kotoran lempung dan material asing lainnya serta mempunyai tekstur permukaan yang kasar dan tidak bulat agar dapat memberikan sifat interlocking yang baik dengan material yang lain.

Tabel 2. Ketentuan Agregat Kasar

Pengujian	Standart	Nilai	
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan natrium dan magnesium sulfat.	SNI 3407:2008	Maks. 12%	
Abrasi dengan Mesin Los Angeles	Campuran AC bergradasi kasar	SNI 2417-2008	Maks. 30%
	Semua jenis campuran aspal bergradasi lainnya		Maks. 40%
Kelekatan agregat terhadap aspal	SNI 03-2439-1991	Min. 95%	
Angularitas (Kedalaman dari permukaan <10 cm)	DoT's Pennsylvania Test Method,	95/90 ¹	
Angularitas (Kedalaman dari permukaan ≥10 cm)	PTM No.621	80/75 ¹	
Partikel Pipih dan Lonjong	ASTM D4791 Perbandingan 1:5	Maks. 10%	
Material lolos Ayakan No.200	SNI 03-4142-1996	Maks. 1%	

Jenis Pengujian	Satuan	Spesifikasi	
		Min.	Max.
Gradasi	-	-	-
Penyerapan air	%	-	3
Berat jenis curah	-	2,5	-
Berat jenis semu	-	-	-
Kelekatan pada aspal	%	95	-
Keausan pada 500 putaran	%	-	40
Jumlah berat butir #4 pecah dua	%	50	-
Indeks kepipihan	%	-	25
Bagian lunak	%	-	5

B. Agregat Halus

Agregat halus adalah agregat dengan ukuran terkecil lolos saringan No.8 (2,36 mm) dan tertahan diatas saringan No.200 (0,075 mm). Agregat halus dapat meningkatkan stabilitas campuran dengan penguncian (interlocking) antara butiran.

Tabel 3. Ketentuan Agregat Halus

Jenis Pemeriksaan	standar	syarat maks / min
Nilai setara pasir	SNI 03-4428-1997	Min. 50% untuk SS, HRS, dan AC bergradasi halus Min. 70% untuk AC bergradasi kasar
Material lolos Ayakan No. 200	SNI 03-4428-1997	Maks. 8%
Kadar Lempung	SNI 03-4141-1996	Maks. 1%
Angularitas (Kedalaman dari permukaan <10 cm)	AASHTO TP-33 atau ASTM C1252-93	Min. 45
Angularitas (Kedalaman dari permukaan ≥10 cm)		Min. 40

Jenis Pengujian	Satuan	Spesifikasi	
		Min.	Max.
Gradasi	-	-	-
Penyerapan air	%	-	3
Berat jenis curah	-	2,5	-
Berat jenis semu	-	-	-
Kelekatan pada aspal	%	95	-
Keausan pada 500 putaran	%	-	40
Bagian lunak	%	-	5
Pasir ekuivalen	%	50	-

C. Bahan Pengisi (Filler)

Bahan pengisi (*filler*) yaitu material yang lolos saringan No.200 (0,075 mm). Bahan *filler* dapat berupa

debu batu, kapur, *cement portland*. *Filler* berfungsi untuk mengurangi jumlah rongga dalam campuran.

D. Aspal

Aspal adalah material yang pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat, jika dipanaskan sampai temperatur tertentu aspal dapat menjadi lunak / cair sehingga dapat membungkus partikel agregat yang ada pada waktu pembuatan campuran aspal beton atau dapat masuk masuk ke dalam pori-pori yang ada, jika temperatur menurun aspal akan mengeras dan mengikat agregat pada tempatnya (*Termoplastis*). Aspal merupakan material pembentuk campuran perkerasan jalan, banyaknya aspal dalam campuran perkerasan berkisar antara 4 – 10 % berdasarkan berat campuran total, atau 10 – 15 % berdasarkan volume campuran total. Fungsi aspal pada perkerasan jalan adalah sebagai bahan pengikat dan sebagai bahan pengisi.

Tabel 4. Ketentuan – Ketentuan untuk Aspal Keras Pen 60/70

No.	Jenis Pengujian	Metode	Persyaratan
1	Penetrasi pada 25°C (0,1 mm)	SNI 06-2456-1991	60 – 70
2	Viskositas 135°C (cSt)	SNI 06-6441-2000	385
3	Titik Lembek (°C)	SNI 06-2434-1991	≥ 48
4	Daktilitas pada 25°C (cm)	SNI 06-2432-1991	≥ 100
5	Titik Nyala (°C)	SNI 06-2433-1991	≥ 232
6	Kelarutan dlm Toluene (%)	ASTM D 5546	≥ 99
7	Berat Jenis	SNI 06-2441-1991	≥ 1,0
8	Berat yang Hilang (%)	SNI 06-2441-1991	≤ 0,8

2.5. Gradasi Agregat

Gradasi atau distribusi partikel-partikel berdasarkan ukuran agregat merupakan hal yang penting dalam menentukan stabilitas perkerasan. Gradasi agregat diperoleh dari hasil analisa saringan, dengan menggunakan satu set saringan, dimana saringan yang paling kasar diletakkan di atas dan yang halus di bawahnya. Gradasi agregat dapat dibedakan atas Gradasi Seragam, Gradasi Rapat, dan Gradasi Buruk.

Tabel 5. Amplop Gradasi Agregat Gabungan Untuk Campuran Laston

Ukuran Ayakan		% Berat Yang Lolos terhadap Total Agregat dalam Campuran					
		Laston (AC)					
		Gradasi Halus			Gradasi Kasar		
(inch)	(mm)	WC	BC	Base	WC	BC	Base
1 ½ in	37,5			100			100
1 in	25		100	90 - 100		100	90 - 100
¾ in	19	100	90 - 100	73 - 90	100	90 - 100	73 - 90
½ in	12,5	90 - 100	74 - 90	61 - 79	90 - 100	71 - 90	55 - 76
3/8 in	9,5	72 - 90	64 - 82	47 - 67	72 - 90	58 - 80	45 - 66
No.4	4,75	54 - 69	47 - 64	39,5 - 50	43 - 63	37 - 56	28 - 39,5
No.8	2,36	39,1 - 53	34,6 - 49	30,8 - 37	28 - 39,1	23 - 34,6	19 - 26,8
No.16	1,18	31,6 - 40	28,3 - 38	24,1 - 28	19 - 25,6	15 - 22,3	12 - 18,1
No.30	0,6	23,1 - 30	20,7 - 28	17,6 - 22	13 - 19,1	10 - 16,7	7 - 13,6
No.50	0,3	15,5 - 22	13,7 - 20	11,4 - 16	9 - 15,5	7 - 13,7	5 - 11,4
No.100	0,15	9 - 15	4 - 13	4 - 10	6 - 13	5 - 11	4,5 - 9
No.200	0,075	4 - 10	4 - 8	3 - 6	4 - 10	4 - 8	3 - 7

2.6. Plastik PET (*Polyethylene terephthalate*)

Jenis botol plastik yang digunakan dalam penelitian ini adalah botol plastik dengan kode 1 pada bagian bawah botol, yaitu *Polyethylene terephthalate* yang sering disebut PET.

Nurminah, M., dalam Fransiskus, S (2009), menjelaskan *Polyethylene* merupakan film yang lunak, transparan dan fleksibel, mempunyai kekuatan benturan serta kekuatan sobek yang baik. Dengan pemanasan akan menjadi lunak dan mencair pada suhu 110°C.

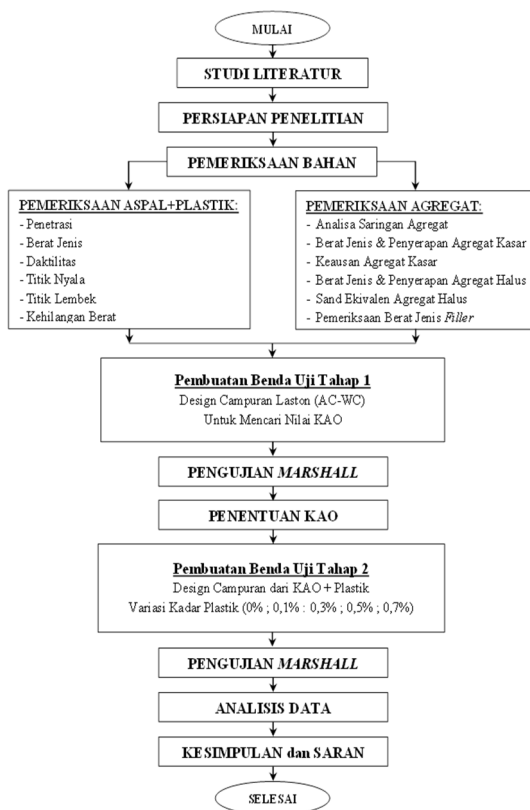
Menurut Aliyah Maulida (2014), Sifat – sifat Kimia PET adalah :

- Titik leleh : 260°C
- Temperatur glass (T_g) : 75°C
- Kekuatan tarik (*tensile strength*) (σ) : 55-75 Mpa
- Modulus young (E) : 2800-3100 Mpa
- Densitas : $\pm 1,4 \text{ g/cm}^3$: 1,370 g/cm^3 (amorf) : 1,455 g/cm^3 (kristal),
- Batas elastisitas : 50 – 150 %
- Penyerapan air (ASTM) : 0,16
- PET unggul karena kesetabilan dimensi baik, kekakuan (kekuatan) mekanik dan ketahanan impact tinggi.
- PET mudah larut dalam asam sulfat, asam nitrat, trifluoroasetat, fenol, metakresol, dan tetrakloroetan.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental, yaitu melakukan percobaan terhadap benda uji campuran beraspal AC-WC dengan bahan tambah Plastik *Polyethylene Terephthalate*. Penelitian ini dilakukan pada Laboratorium Jalan Raya Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura dan Laboratorium Aspal Teknik Sipil Politeknik Negeri Pontianak.

3.1. Bagan Alir Penelitian



Gambar 1. Began alir

3.2. Jumlah Sampel / Benda Uji

Tabel 6. Benda Uji Rencana Kadar Aspal Optimum

Rencana Kadar Aspal	Benda Uji	Total Benda Uji
PB - 1 (%)	3	15
PB - 0,5 (%)	3	
PB (%)	3	
PB + 0,5 (%)	3	
PB + 1 (%)	3	

Tabel 7. Benda Uji KAO dengan Plastik *Polyethylene Terephthalate*

Rencana Kadar Plastik	Benda Uji	Total Benda Uji
0%	3	15
0,1 %	3	
0,3 %	3	
0,5 %	3	
0,7 %	3	

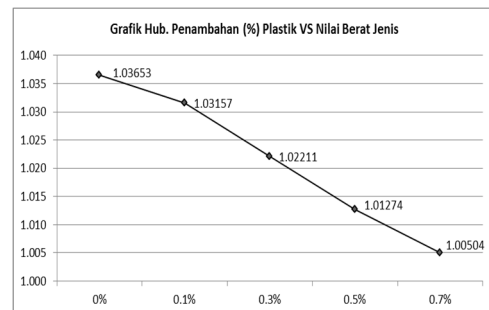
4. HASIL DAN ANALISIS PENELITIAN

4.1. Hasil Pengujian Aspal

Tabel 8. Hasil Pemeriksaan Aspal

No.	Jenis Pemeriksaan	Hasil					Syarat	Satuan
		Kadar Plastik						
		0%	0.1%	0.3%	0.5%	0.7%		
1	Berat Jenis	1.03653	1.03157	1.02211	1.01274	1.00504	≥ 1	gr/cc
2	Penetrasi	66.3	65.8	64.9	63.9	62.7	60 - 70	0,1 mm
3	Daktilitas	116.35	112.75	105	96.9	91.4	≥ 100	cm
4	Titik Nyala	285	284	281	279	276	≥ 232	$^{\circ}$ C
5	Titik Lembek	50	50.25	50.75	51.25	52	≥ 48	$^{\circ}$ C
6	Kehilangan Berat	0.0427	0.0548	0.0651	0.0817	0.0937	≤ 0.8	%

4.1.1. Berat Jenis Aspal



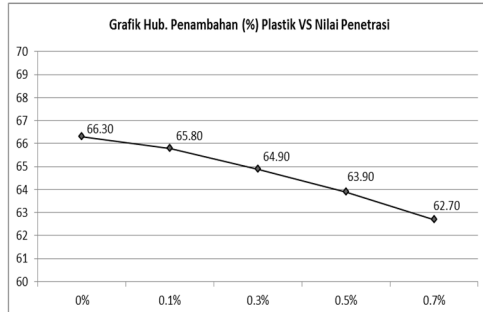
Gambar 2. Nilai Berat Jenis Terhadap % Penambahan Plastik

Hasil Pemeriksaan berat jenis aspal dengan penambahan plastik mengalami perubahan, dimana pada kondisi 0% penambahan plastik nilainya sebesar 1,03653, akan tetapi setelah penambahan plastik 0,1%, 0,3%, 0,5%, 0,7% nilainya mengalami penurunan menjadi : 1,03157, 1,02211, 1,01274, 1,00504.

Berdasarkan hasil pemeriksaan, berat jenis aspal dengan penambahan plastik 0%, 0,1%, 0,3%, 0,5%, dan 0,7% telah memenuhi syarat yang telah

ditentukan spesifikasi bina marga 2010 untuk aspal yaitu sebesar minimum 1.

4.1.2. Penetrasi Aspal

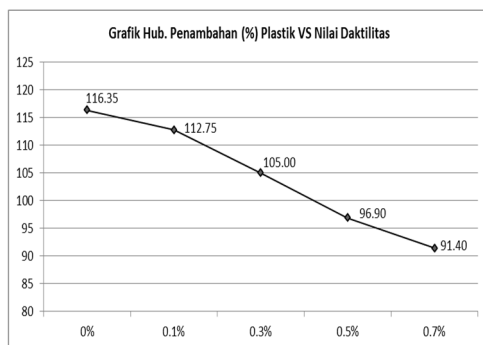


Gambar 3. Nilai Penetrasi Terhadap % Penambahan Plastik

Hasil pemeriksaan menunjukkan nilai penetrasi aspal pada kondisi 0% plastik sebesar 66,30, setelah dilakukan penambahan plastik 0,1%, 0,3%, 0,5%, 0,7% nilai penetrasi terus menurun menjadi 65,80, 64,90, 63,90, 62,70, hal ini menunjukkan bahwa aspal dengan penambahan plastik akan lebih keras dibandingkan aspal normal,

Berdasarkan hasil pemeriksaan, penetrasi aspal dengan penambahan plastik 0%, 0,1%, 0,3%, 0,5, 0,7, telah memenuhi syarat yang telah ditentukan spesifikasi bina marga 2010 untuk aspal yaitu sebesar 60 - 70.

4.1.3. Daktilitas Aspal



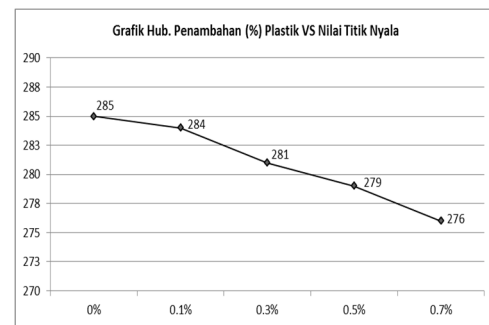
Gambar 4. Nilai Daktilitas Terhadap % Penambahan Plastik

Hasil pemeriksaan daktilitas aspal (bitumen) dengan penambahan plastik mengalami perubahan, dimana pada kondisi penambahan plastik 0%

nilainya sebesar 116,35 cm, akan tetapi setelah penambahan plastik 0,1%, 0,3%, 0,5%, 0,7% nilainya mengalami penurunan menjadi : 112,75 cm, 105 cm, 96,9 cm, dan 91,4 cm, hal ini menunjukkan bahwa aspal dengan penambahan plastik menurunkan tingkat elastisitas dan fleksibilitas aspal.

Berdasarkan hasil pemeriksaan, daktilitas aspal dengan penambahan plastik 0%, 0,1%, 0,3%, telah memenuhi syarat, kecuali aspal dengan penambahan plastik 0,5%, dan 0,7% tidak memenuhi syarat yang telah ditentukan spesifikasi bina marga 2010 untuk aspal yaitu sebesar minimum 100 cm.

4.1.4. Titik Nyala Aspal

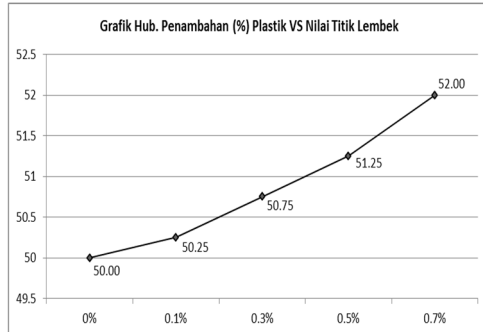


Gambar 5. Nilai Titik Nyala Terhadap % Penambahan Plastik

Hasil pemeriksaan menunjukkan titik nyala aspal penetrasi 60/70 pada 0% plastik sebesar 285°C, setelah dilakukan penambahan plastik 0,1%, 0,3%, 0,5%, 0,7% nilai titik nyala menurun menjadi : 284°C, 281°C, 279°C, 276°C. Penurunan temperatur pada titik nyala disebabkan sifat plastik yang mudah terbakar sehingga setiap presentase plastik bertambah pada aspal tersebut temperatur titik nyalanya relatif lebih kecil bila dibandingkan dengan aspal pada kondisi 0% plastik.

Berdasarkan hasil pemeriksaan titik nyala, aspal dengan penambahan plastik 0%, 0,1%, 0,3%, 0,5%, 0,7% nilai titik nyala semuanya masih memenuhi syarat yang telah ditentukan spesifikasi bina marga 2010 untuk aspal yaitu sebesar minimum 232°C.

4.1.5. Titik Lembek Aspal

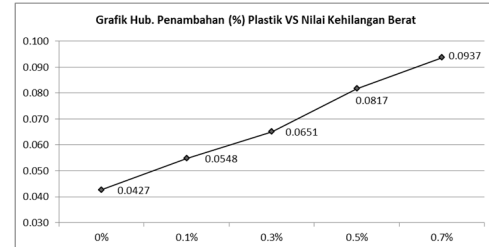


Gambar 6. Nilai Titik Lembek Terhadap % Penambahan Plastik

Hasil pemeriksaan menunjukan nilai titik leleh aspal mengalami peningkatan yang sangat signifikan, hal tersebut dapat kita lihat pada kondisi 0% penambahan plastik diperoleh nilai titik leleh sebesar 50°C, kemudian setelah aspal ditambah plastik 0,1%, 0,3%, 0,5%, 0,7%, nilai titik lelehnya meningkat menjadi 50,25°C, 50,75°C, 51,25°C, 52°C. Hal ini menunjukan bahwa aspal dengan penambahan plastik dapat meningkatkan kemampuan menahan temperatur lebih untuk melunak. Peningkatan temperatur titik leleh disebabkan oleh sifat plastik yang keras dan melunak pada suhu yang lebih tinggi dibanding aspal normal.

Berdasarkan hasil pemeriksaan, titik leleh aspal dengan penambahan plastik 0%, 0,1%, 0,3%, 0,5%, 0,7% nilai titik leleh semuanya memenuhi syarat yang telah ditentukan spesifikasi bina marga 2010 untuk aspal yaitu sebesar minimum 48°C.

4.1.6. Kehilangan Berat Aspal



Gambar 7. Grafik Nilai Kehilangan Berat Terhadap % Penambahan Plastik

Hasil pengujian kehilangan berat aspal pada 0% plastik terjadi kehilangan berat aspal sebesar 0,0427% dari berat sebelum dipanaskan, setelah dilakukan penambahan plastik 0,1%, 0,3%, 0,5%, 0,7%, nilai kehilangan beratnya meningkat menjadi 0,0548%, 0,0651%, 0,0817%, 0,0937%. Hal ini menunjukan bahwa aspal yang ditambah dengan plastik lalu terkena pemanasan akan mengalami kehilangan berat (oksidasi dan penguapan) lebih besar dibanding aspal normal, tetapi masih memenuhi syarat yang telah ditentukan spesifikasi bina marga 2010 untuk aspal yaitu maksimum 0,8%.

4.2. Hasil Pengujian Agregat

Tabel 9. Hasil Pemeriksaan Agregat

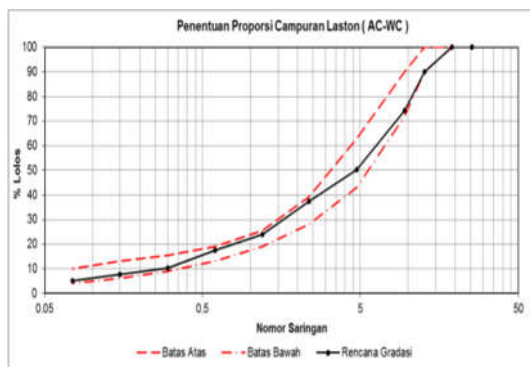
Jenis Pemeriksaan	Satuan	Hasil	Syarat	Keterangan
Agregat Kasar				
Berat Jenis Bulk	gr/cc	2,665	Min. 2,5	Memenuhi
Berat Jenis SSD	gr/cc	2,679		
Berat Jenis Semu (<i>Apparent</i>)	gr/cc	2,703		
Penyerapan (<i>Absorption</i>)	%	0,533	Maks. 3%	Memenuhi
Kausan Agregat (<i>Los Angeles</i>)	%	21,77	Maks. 40%	Memenuhi
Agregat Halus				
Berat Jenis Bulk	gr/cc	2,575	Min. 2,5	Memenuhi
Berat Jenis SSD	gr/cc	2,595		
Berat Jenis Semu (<i>Apparent</i>)	gr/cc	2,629		
Penyerapan (<i>Absorption</i>)	%	0,791	Maks. 3%	Memenuhi
Sand Equivalent	%	97,436	Min. 50%	Memenuhi
Filler : Semen Portland				
Berat Jenis	gr/cc	3,12		

4.3. Menentukan KAO Campuran Laston Tanpa Plastik

Dalam penelitian ini digunakan campuran jenis Laston (AC-WC). Sebelum melakukan perhitungan proporsi campuran, hal yang harus dilakukan adalah menganalisa gradasi saringan untuk masing-masing agregat. Hal tersebut bertujuan untuk menentukan pembagian butiran agregat yang akan dipakai dalam campuran. Perhitungan proporsi campuran agregat kasar, halus, dan filler menggunakan cara coba-coba (trial and error) dengan melihat batasan-batasan berdasarkan spesifikasi yang telah ditentukan. Berikut tabel proporsi campuran gradasi gabungan.

Tabel 10. Campuran Proporsi Agregat Gradasi Gabungan

ASTM Sieve Size	Batu	Pasir	Semen	Kombinasi Agregat			Gradasi Gabungan	Spesifikasi AC-WC	
				Batu	Pasir	Semen			
inci / no	(mm)	% Lolos	% Lokos	% Lolos	50.00%	43.00%	7.00%	(%)	(%)
1"	25.4	100.00	100.00	100.00	50.00	43.00	7.00	100.00	100
3/4"	19.05	100.00	100.00	100.00	50.00	43.00	7.00	100.00	100
1/2"	12.7	80.12	100.00	100.00	40.06	43.00	7.00	90.06	90 - 100
3/8"	9.525	48.46	100.00	100.00	24.23	43.00	7.00	74.23	72 - 90
#4	4.75	0.77	100.00	100.00	0.38	43.00	7.00	50.38	43 - 63
#8	2.36	0.65	69.68	100.00	0.32	29.96	7.00	37.28	28 - 39.1
#16	1.2	0.49	38.74	100.00	0.24	16.66	7.00	23.90	19 - 25.6
#30	0.6	0.40	23.74	100.00	0.20	10.21	7.00	17.41	13 - 19.1
#50	0.3	0.28	7.56	99.36	0.14	3.25	6.95	10.35	9 - 15.5
#100	0.15	0.26	1.78	98.22	0.13	0.77	6.88	7.77	6 - 13
#200	0.075	0.14	0.40	69.68	0.07	0.17	4.88	5.12	6 - 13



Gambar 8. Gradasi Gabungan

Setelah proporsi masing-masing agregat didapat, maka selanjutnya adalah mencari variasi kadar aspal yang akan digunakan.

$$PB = 0,035 (\% CA) + 0,045 (\% FA) + K (\% FF) + C$$

Maka :

$$PB = 0,035 (\% 50) + 0,045 (\% 43) + 0,18 (\% 7) + 1 = 5,945 \% = 6 \%$$

Setelah didapat PB, maka dapat ditentukan variasi kadar aspal yaitu dengan mengambil dua nilai kadar aspal yang berada diatas dan dua nilai kadar aspal yang berada dibawah dengan kenaikan 0,5%. Berdasarkan perhitungan diatas didapat variasi kadar aspal yaitu : 5,0%, 5,5%, 6,0%, 6,5%, 7,0%.

Berikut perhitungan proporsi campuran Laston (AC-WC) untuk kadar aspal 5% :

$$\begin{aligned} \text{Berat Benda Uji Total} &= 1200 \text{ gr} \\ \text{- Berat Aspal} &= 1200 \text{ gr} \times 5\% = 60 \text{ gr} \\ \text{- Berat Agregat} &= 1200 - 60 = 1140 \text{ gr} \end{aligned}$$

Proporsi Campuran Agregat

$$\begin{aligned} \text{- Kasar} &= 50\% \times 1140 \text{ gr} = 570 \text{ gr} \\ \text{- Halus} &= 43\% \times 1140 \text{ gr} = 490,2 \text{ gr} \\ \text{- Filler} &= 7\% \times 1140 \text{ gr} = 79,8 \text{ gr} \end{aligned} +$$

$$\text{Berat Total Agregat} = 1140 \text{ gr}$$

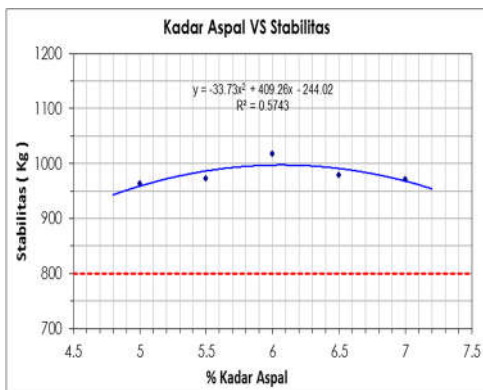
Tabel 11. Proporsi Campuran Laston (AC-WC)

Kadar Aspal (%)	5	5.5	6	6.5	7
Berat Aspal (gr)	60	66	72	78	84
Berat Total Agregat (gr)	1140	1134	1128	1122	1116
Agregat Kasar (%)	50%	50%	50%	50%	50%
Agregat Kasar (gr)	570	567	564	561	558
Agregat Halus (%)	43%	43%	43%	43%	43%
Agregat Halus (gr)	490.2	487.62	485.04	482.46	479.88
Filler (%)	7%	7%	7%	7%	7%
Filler (gr)	79.8	79.38	78.96	78.54	78.12
Berat Total Campuran	1200	1200	1200	1200	1200

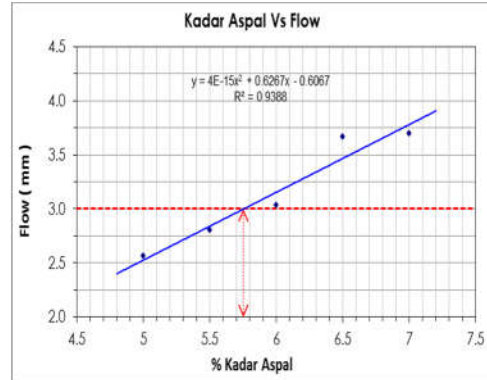
Tabel 12. Hasil Perhitungan *Marshall Test Laston (AC-WC)*

KADAR ASPAL (%)	STABILITAS	FLOW	VIM	VFB	MQ
5	1041.01	2.3	5.841	68.554	452.613
5	907.79	2.7	6.145	67.227	336.219
5	939.697	2.7	6.049	67.639	348.036
Rata-Rata	962.83	2.57	6.01	67.81	378.96
5.5	985.569	2.6	5.094	73.705	379.065
5.5	947.646	2.9	5.239	73.042	326.774
5.5	983.552	2.9	5.245	73.013	339.156
Rata-Rata	972.26	2.8	5.19	73.25	348.33
6	975.476	3.1	3.259	84.127	314.67
6	1031.736	2.9	4.879	76.153	355.771
6	1044.302	3.1	4.083	79.907	336.872
Rata-Rata	1017.17	3.03	4.07	80.06	335.77
6.5	968.228	3.7	3.239	85.138	261.683
6.5	949.688	3.8	4.222	80.363	249.918
6.5	1018.366	3.5	3.673	82.977	290.962
Rata-Rata	978.76	3.67	3.71	82.83	267.52
7	988.36	3.6	2.615	89.044	274.544
7	1000.612	3.8	2.105	91.731	263.319
7	923.489	3.7	2.379	90.273	249.592
Rata-Rata	970.82	3.7	2.37	90.35	262.48
<i>Syarat</i>	(≥ 800)	(≥ 3)	(3,5 - 5)	(≥ 65)	(≥ 250)

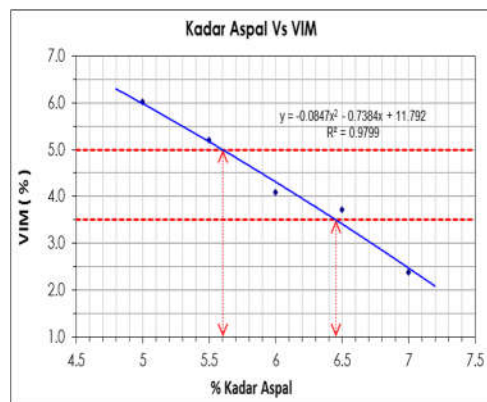
Dari hasil pengujian *Marshall* dibuatlah grafik hubungan antara parameter *Marshall* untuk setiap variasi kadar aspal yang dapat dilihat pada gambar berikut :



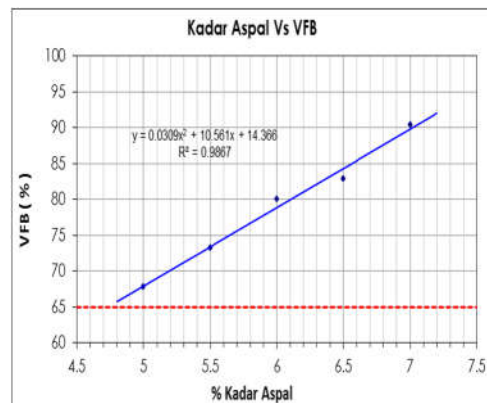
Gambar 9. Nilai Stabilitas Terhadap Kadar Aspal



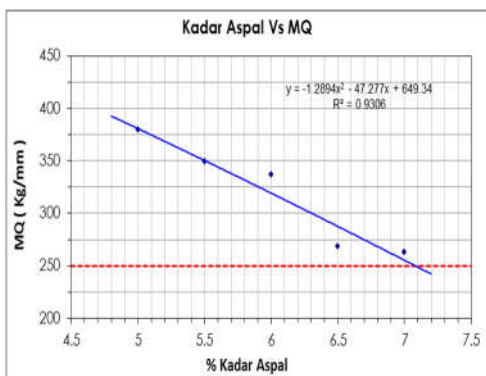
Gambar 10. Hub. Nilai *Flow* Terhadap Kadar Aspal



Gambar 11. Hub. Nilai VIM Terhadap Kadar Aspal

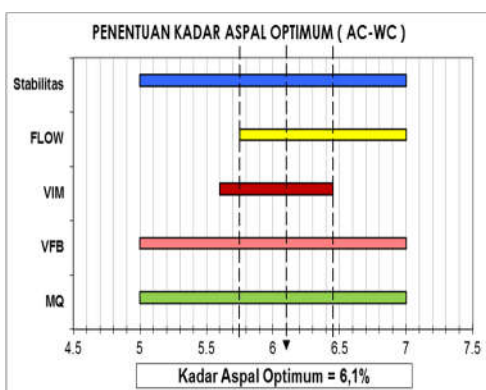


Gambar 12. Hub. Nilai VFB Terhadap Kadar Aspal



Gambar 13. Hub. Nilai MQ Terhadap Kadar Aspal

Dari hasil *Marshall Test* dapat kita lihat spesifikasi yang memenuhi persyaratan untuk Laston (AC-WC). Kemudian batas spesifikasi tersebut diplot berdasarkan nilai kadar aspalnya ke dalam diagram batang (*Bar Chart*) seperti terlihat pada gambar berikut.



Gambar 14. Diagram Batang Penentuan Kadar Aspal Optimum

Kadar aspal didapat dengan mengutamakan tingkat keamanannya, yaitu dengan mengambil nilai tengah dari keseluruhan nilai propertis Marshall yang memenuhi spesifikasi, sehingga didapatkan kadar aspal yang paling optimum. Hal tersebut untuk menghindari terjadinya penyimpangan dilapangan.

Nilai kadar aspal optimum diambil berdasarkan *bar chart* terpendek dari sebelah kiri dan *bar chart* terpendek dari sebelah kanan. Berdasarkan grafik *bar chart* di atas, nilai terpendek sebelah kiri adalah nilai *Flow* yaitu 5,75 dan sebelah kanan

adalah nilai VIM yaitu 6,45, jadi KAO = $(5,75 + 6,45) / 2 = 6,1\%$. Nilai KAO yang telah ditentukan ini akan menjadi nilai acuan untuk kadar aspal yang akan digunakan dengan bahan tambah botol plastik (*Polyethylene Terephthalate*).

4.4. Campuran Laston KAO + Plastik

Berikut perhitungan proporsi campuran untuk KAO 6,1% dengan penambahan Plastik 0,1% :

- Berat Benda Uji Total = 1200 gr
- Berat Aspal = $1200 \text{ gr} \times 6,1\% = 73,2 \text{ gr}$
 - Berat Agregat = $1200 - 73,2 = 1126,8 \text{ gr}$
 - Berat Plastik = $73,2 \times 0,1\% = 0,07 \text{ gr}$
 - Berat Aspal = $73,2 - 0,07 = 73,13 \text{ gr}$

Proporsi Campuran Agregat

- Kasar = $50\% \times 1126,8 \text{ gr} = 563,4 \text{ gr}$
 - Halus = $43\% \times 1126,8 \text{ gr} = 484,52 \text{ gr}$
 - Filler = $7\% \times 1126,8 \text{ gr} = 78,88 \text{ gr}$
- Berat Total Agregat = 1126,8 gr

Tabel 13. Proporsi Campuran Laston (AC-WC) Aspal + Plastik

Kadar Plastik (%)	0%	0.10%	0.30%	0.50%	0.70%
Berat Plastik (gr)	0	0.07	0.22	0.37	0.51
Kadar Aspal (%)	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1
Berat Aspal (gr)	73.2	73.13	72.98	72.83	72.69
Berat Total Agregat (gr)	1126.8	1126.8	1126.8	1126.8	1126.8
Agregat Kasar (%)	50%	50%	50%	50%	50%
Agregat Kasar (gr)	563.4	563.4	563.4	563.4	563.4
Agregat Halus (%)	43%	43%	43%	43%	43%
Agregat Halus (gr)	484.52	484.52	484.52	484.52	484.52
Filler (%)	7%	7%	7%	7%	7%
Filler (gr)	78.88	78.88	78.88	78.88	78.88
Berat Total Campuran (gr)	1200	1200	1200	1200	1200

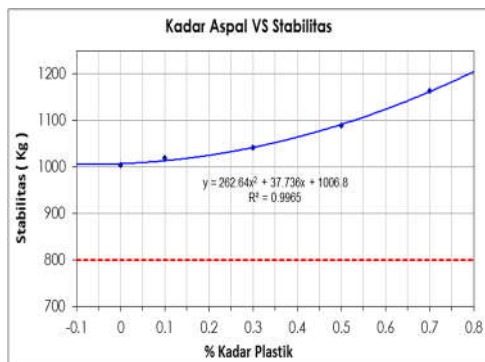
Tabel 14. Hasil Perhitungan *Marshall Test* Laston (AC-WC) Aspal + Plastik

KADAR PLASTIK (%)	STABILITAS	FLOW	VIM	VFB	MQ
KAO 6,1% + PET 0%	1021.982	3.2	3.916	80.959	319.369
	1014.548	3.1	4.166	79.737	327.274
	972.377	3.1	4.026	80.42	313.67
Rata-Rata	1002.97	3.13	4.04	80.37	320.1
KAO 6,1% + PET 0,1%	1017.76	3.1	4.512	78.165	328.31
	1047.844	3.2	3.583	82.69	327.451
	991.65	3.2	3.718	82.008	309.891
Rata-Rata	1019.08	3.17	3.94	80.95	321.88
KAO 6,1% + PET 0,3%	990.078	3.3	3.43	83.58	300.024
	1026.412	3.3	4.174	79.887	311.034
	1106.215	3.1	3.776	81.828	356.843
Rata-Rata	1040.9	3.23	3.79	81.77	322.63
KAO 6,1% + PET 0,5%	1016.031	3.5	4.316	79.338	290.295
	1085.064	3.5	3.169	85.04	310.018
	1165.415	3.1	3.269	84.52	375.94
Rata-Rata	1088.84	3.37	3.58	82.97	325.42
KAO 6,1% + PET 0,7%	1260.938	3.2	3.926	81.3	394.043
	1048.749	3.7	3.447	83.685	283.446
	1179.983	3.7	2.991	86.064	318.914
Rata-Rata	1163.22	3.53	3.45	83.68	332.13
<i>Syarat</i>	(> 800)	(> 3)	(3,5 - 5)	(> 65)	(> 250)

4.5. Analisa Benda Uji Laston Aspal + Plastik

4.5.1. Analisa Terhadap Nilai Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan suatu lapis perkerasan jalan untuk menahan deformasi akibat adanya beban lalu lintas yang bekerja di atasnya tanpa mengalami perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur (*rutting*) ataupun *bleeding*.

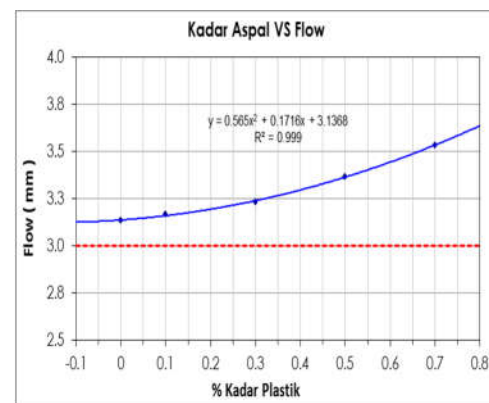


Gambar 15. Hub. Nilai Stabilitas Terhadap % Kadar Plastik

Nilai stabilitas terus meningkat akibat penambahan plastik 0,1%, 0,3%, 0,5%, dan 0,7% pada aspal. Hal tersebut menunjukkan bahwa penggunaan plastik dalam campuran aspal dapat meningkatkan nilai stabilitas, yang berarti campuran lebih kaku dan akan lebih mudah mengalami retak dibanding campuran aspal tanpa plastik. Nilai stabilitas pada campuran laston (AC-WC) dengan penggunaan plastik 0% s/d 0,7% telah memenuhi syarat sesuai spesifikasi bina marga 2010 yaitu minimum 800 kg.

4.5.2. Analisa Terhadap Nilai Flow

Flow atau kelelahan adalah besarnya deformasi atau penurunan yang terjadi pada campuran benda uji akibat menahan beban yang bekerja hingga batas runtuhnya, dinyatakan dalam satuan mm.

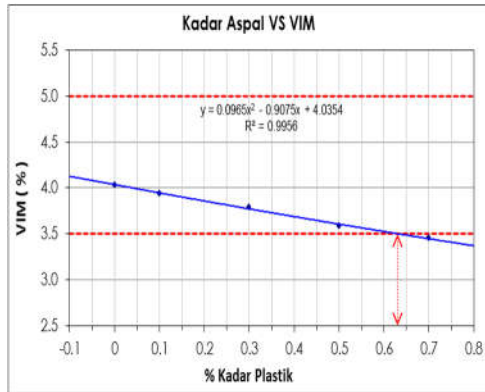


Gambar 16. Hub. Nilai Flow Terhadap % Kadar Plastik

Nilai *flow* terus meningkat akibat penambahan plastik 0,1%, 0,3%, 0,5%, dan 0,7% pada aspal. Hal tersebut menunjukkan bahwa penggunaan plastik dalam campuran aspal dapat meningkatkan nilai *flow*, yang berarti campuran bersifat plastis dan mudah mengalami perubahan bentuk, sehingga besarnya deformasi akibat beban lalu lintas akan semakin meningkat pula. Nilai *flow* pada campuran laston (AC-WC) dengan penggunaan plastik 0% s/d 0,7% telah memenuhi syarat sesuai spesifikasi bina marga 2010 yaitu minimum 3 mm.

4.5.3. Analisa Terhadap Nilai VIM

VIM merupakan persentase rongga yang terdapat dalam campuran. Rongga udara diperlukan untuk tersedianya ruang gerak bagi unsur-unsur dalam campuran pada saat suhu perkerasan tinggi.

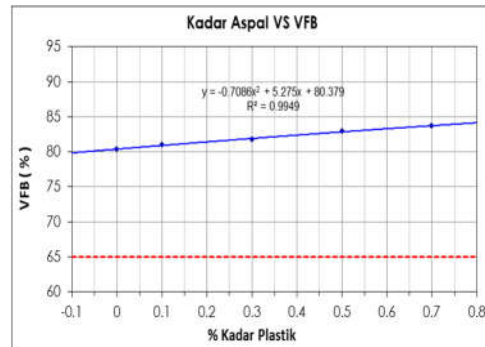


Gambar 17. Hub. Nilai VIM Terhadap Kadar Plastik

Nilai VIM terus menurun akibat penambahan plastik 0,1%, 0,3%, 0,5%, dan 0,7% pada aspal. Hal tersebut menunjukkan bahwa penggunaan plastik dalam campuran aspal dapat menurunkan nilai VIM, yang berarti campuran bersifat kedap sehingga lebih mudah untuk mengalami *bleeding* saat temperatur meningkat. Nilai VIM pada campuran laston (AC-WC) dengan penggunaan plastik 0% s/d 0,5% telah memenuhi syarat sedangkan campuran yang menggunakan plastik 0,7% tidak memenuhi syarat yang ditetapkan pada spesifikasi bina marga 2010 yaitu sebesar 3,5% - 5%.

4.5.4. Analisa Terhadap Nilai VFB (Void Filled Bitument)

VFB merupakan persentase rongga yang dapat terisi aspal. Besarnya nilai VFB menentukan tingkat keawetan campuran.

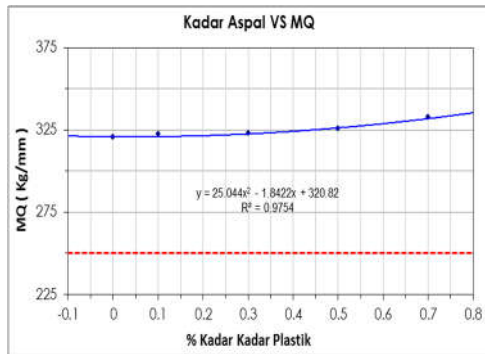


Gambar 18. Hub. Nilai VFB Terhadap Kadar Plastik

Nilai VFB terus meningkat akibat penambahan plastik 0,1%, 0,3%, 0,5%, dan 0,7% pada aspal. Hal tersebut menunjukkan bahwa penggunaan plastik dalam campuran aspal dapat meningkatkan nilai VFB, yang berarti campuran bersifat kedap sehingga lebih mudah untuk mengalami *bleeding* saat temperatur meningkat. Nilai VFB pada campuran laston (AC-WC) dengan penggunaan plastik 0% s/d 0,7% telah memenuhi syarat sesuai spesifikasi bina marga 2010 yaitu minimum 65%.

4.5.5. Analisa Terhadap Nilai MQ (Marshall Quotient)

MQ (*Marshall Quotient*) merupakan hasil bagi antara stabilitas dengan nilai *flow*. MQ dapat mengindikasikan pendekatan terhadap kekuatan dan fleksibilitas dari suatu campuran aspal.

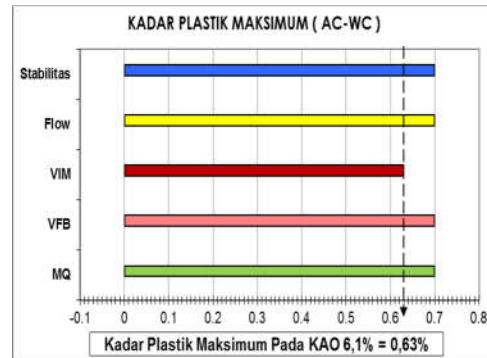


Gambar 19. Hub. Nilai MQ Terhadap Kadar Plastik

Nilai MQ terus meningkat akibat penambahan plastik 0,1%, 0,3%, 0,5%, dan 0,7% pada aspal. Hal tersebut menunjukkan bahwa penggunaan plastik dalam campuran aspal dapat meningkatkan nilai MQ, yang berarti campuran bersifat kaku dan memiliki fleksibilitas yang rendah sehingga campuran akan lebih mudah mengalami retak (*cracking*). Nilai MQ pada campuran laston (AC-WC) dengan penggunaan plastik 0% s/d 0,7% telah memenuhi syarat sesuai spesifikasi bina marga 2010 yaitu minimum 250 kg/mm.

4.6. Kadar Plastik Maksimum Pada Campuran Laston (AC-WC)

Dari hasil *Marshall Test* di atas menunjukkan bahwa penambahan kadar plastik 0,1% sampai 0,5% telah memenuhi syarat, kecuali pada kadar plastik 0,7% yang tidak memenuhi syarat karena nilai VIM lebih kecil dari spesifikasi umum Bina Marga 2010. Sedangkan untuk menentukan kadar penggunaan plastik maksimum dapat ditentukan dari grafik hasil *Marshall Test* yang telah memenuhi persyaratan berdasarkan spesifikasi untuk Laston (AC-WC). Kemudian batas spesifikasi tersebut diplot berdasarkan nilai kadar plastiknya ke dalam diagram batang (*Bar Chart*) seperti terlihat pada gambar berikut.



Gambar 20. Diagram Batang Kadar Plastik Maksimum

Berdasarkan Bar chart tersebut menunjukkan bahwa kadar maksimum penggunaan plastik dalam campuran laston (AC-WC) pada KAO 6,1% adalah sebesar 0,63%.

4.7. Rekapitulasi Hasil

Tabel 15. Rekapitulasi Hasil Pemeriksaan Aspal + Plastik

No	Jenis Pemeriksaan	Hasil					Syarat
		Kadar Plastik					
		0%	0,1%	0,3%	0,5%	0,7%	
Sifat – Sifat Fisik Aspal							
1	Berat Jenis	1.03653	1.03157	1.02211	1.01274	1.00504	≥ 1
2	Penetrasi	66.3	65.8	64.9	63.9	62.7	60 - 70
3	Daktilitas	116.35	112.75	105	96,9	91,4	≥ 100
4	Titik Nyala	285	284	281	279	276	≥ 232
5	Titik Lembek	50	50.25	50.75	51.25	52	≥ 48
6	Kehilangan Berat	0.0427	0.05481	0.06513	0.08174	0.09367	≤ 0.8
Karakteristik Marshall							
1	Stabilitas	1002.97	1019.08	1040.9	1088.84	1163.22	≥ 800
2	Flow	3.13	3.17	3.23	3.37	3.53	≥ 3
3	VIM	4.04	3.94	3.79	3.58	3.45	3.5 - 5
4	VFB	80.37	80.95	81.77	82.97	83.68	≥ 65
5	MQ	320.1	321.88	322.63	325.42	332.13	≥ 250

Berdasarkan hasil sifat-sifat fisik aspal dan karakteristik *Marshall* di atas, dapat disimpulkan bahwa kadar penambahan plastik yang dapat digunakan dalam campuran beraspal adalah 0,1% - 0,3% dari berat aspal. Penambahan plastik dengan kadar 0,3% merupakan kadar terbaik yang dapat digunakan dalam campuran beraspal, karena telah memenuhi syarat dari semua pemeriksaan dan memiliki nilai stabilitas tertinggi pada campuran laston (AC-WC).

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan analisa penelitian yang diperoleh, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan, yaitu :

1. Penambahan plastik dengan kadar 0,1%, dan 0,3% kedalam aspal dapat memperbaiki sifat-sifat fisik aspal, kecuali kadar plastik 0,5% dan 0,7% yang nilai daktilitasnya tidak memenuhi syarat.
 - a. Nilai berat jenis dengan penggunaan plastik 0% = (1,03653 gr/cc), 0,1% = (1,03157 gr/cc), 0,3% = (1,02211 gr/cc), 0,5% = (1,01274 gr/cc), dan 0,7% = (1,00504 gr/cc), dari nilai tersebut dapat dilihat bahwa berat jenisnya cenderung menurun. Nilai berat jenis dengan penggunaan kadar plastik 0% sampai 0,7% telah memenuhi syarat sesuai spesifikasi.
 - b. Nilai penetrasi dengan penggunaan plastik 0% = (66,30), 0,1% = (65,80), 0,3% = (64,90), 0,5% = (63,90), dan 0,7% = (62,70), dari nilai tersebut dapat dilihat bahwa penetrasi cenderung menurun, hal ini menunjukkan aspal dengan penambahan plastik lebih keras dibanding aspal normal. Nilai penetrasi dengan penggunaan kadar plastik 0% sampai 0,7% telah memenuhi syarat sesuai spesifikasi.
 - c. Nilai daktilitas dengan penggunaan plastik 0% = (116,35 cm), 0,1% = (112,75 cm), 0,3% = (105 cm), 0,5% = (96,90 cm), dan 0,7% = (91,40 cm), dari nilai tersebut dapat dilihat bahwa daktilitas cenderung menurun, hal ini menunjukkan aspal dengan penambahan plastik menurunkan tingkat elastisitas dan fleksibilitas aspal. Nilai daktilitas dengan penggunaan kadar plastik 0% sampai 0,3% telah memenuhi syarat sesuai spesifikasi, kecuali 0,5% dan 0,7% tidak memenuhi syarat sesuai spesifikasi.
 - d. Nilai titik nyala dengan penggunaan plastik 0% = (285°C), 0,1% = (284°C), 0,3% = (281°C), 0,5% = (279°C), dan 0,7% = (276 °C), dari nilai tersebut dapat dilihat bahwa titik nyala cenderung menurun, Nilai titik nyala dengan penggunaan kadar plastik 0% sampai 0,7% telah memenuhi syarat sesuai spesifikasi.
 - e. Nilai titik lembek dengan penggunaan plastik 0% = (50°C), 0,1% = (50,25°C), 0,3% = (50,75°C), 0,5% = (51,25°C), dan 0,7% = (52°C), dari nilai tersebut dapat dilihat bahwa titik lembek cenderung meningkat, Nilai titik lembek dengan penggunaan kadar plastik 0% sampai 0,7% telah memenuhi syarat sesuai spesifikasi.
 - f. Nilai kehilangan berat dengan penggunaan plastik 0% = (0,0427%), 0,1% = (0,0548%), 0,3% = (0,0651%), 0,5% = (0,0817%), dan 0,7% = (0,0937%), dari nilai tersebut dapat dilihat bahwa titik lembek cenderung meningkat, Nilai kehilangan berat dengan penggunaan kadar plastik 0% sampai 0,7% telah memenuhi syarat sesuai spesifikasi.
2. Penggunaan plastik dalam aspal juga mempengaruhi karakteristik *Marshall* campuran laston (AC-WC).
 - a. Nilai stabilitas dengan penggunaan plastik 0% = (1002,97 kg), 0,1% = (1019,08 kg), 0,3% = (1040,90 kg), 0,5% = (1088,84 kg), dan 0,7% = (1163,22 kg), dari nilai tersebut dapat dilihat bahwa stabilitasnya cenderung meningkat, hal ini menunjukkan bahwa campuran dengan penambahan plastik lebih kaku dan akan lebih mudah mengalami retak dibanding campuran aspal tanpa plastik. Nilai stabilitas campuran dengan penggunaan kadar plastik 0%

sampai 0,7% telah memenuhi syarat sesuai spesifikasi umum bina marga 2010.

- b. Nilai *flow* pada campuran dengan penggunaan plastik 0% = (3,13 mm), 0,1% = (3,17 mm), 0,3% = (3,23 mm), 0,5% = (3,37 mm), dan 0,7% = (3,53 mm), dari nilai tersebut dapat dilihat bahwa nilai *flow* cenderung meningkat, hal ini menunjukkan bahwa campuran dengan penambahan plastik bersifat plastis dan mudah mengalami perubahan bentuk, sehingga besarnya deformasi akibat beban lalu lintas akan semakin meningkat pula. Nilai *flow* campuran dengan penggunaan kadar plastik 0% sampai 0,7% telah memenuhi syarat sesuai spesifikasi umum bina marga 2010.
- c. Nilai MQ pada campuran dengan penggunaan plastik 0% = (320,1 kg/mm), 0,1% = (321,88 kg/mm), 0,3% = (322,63 kg/mm), 0,5% = (325,42 kg/mm), dan 0,7% = (332,13 kg/mm), dari nilai tersebut dapat dilihat bahwa nilai MQ cenderung meningkat, hal ini menunjukkan bahwa campuran dengan penambahan plastik bersifat kaku dan memiliki fleksibilitas yang rendah sehingga campuran akan lebih mudah mengalami retak. Nilai MQ campuran dengan penggunaan kadar plastik 0% sampai 0,7% telah memenuhi syarat sesuai spesifikasi umum bina marga 2010.
- d. Nilai VIM pada campuran dengan penggunaan plastik 0% = (4,04%), 0,1% = (3,94%), 0,3% = (3,79%), 0,5% = (3,58%), dan 0,7% = (3,45%), dari nilai tersebut dapat dilihat bahwa nilai VIM cenderung menurun, hal ini menunjukkan bahwa campuran dengan penambahan plastik bersifat kaku sehingga lebih mudah untuk mengalami *bleeding* saat temperatur meningkat. Nilai VIM campuran dengan penggunaan kadar plastik 0% sampai 0,5% telah memenuhi syarat, namun kadar plastik 0,75 tidak memenuhi syarat yang ditetapkan pada spesifikasi umum bina marga 2010.
- e. Nilai VFB pada campuran dengan penggunaan plastik 0% = (80,37%), 0,1% = (80,95%), 0,3% = (81,77%), 0,5% = (82,97%), dan 0,7% = (83,68%), dari nilai tersebut dapat dilihat bahwa nilai VFB cenderung meningkat, hal ini menunjukkan bahwa campuran dengan penambahan plastik bersifat kaku sehingga lebih mudah untuk mengalami *bleeding* saat temperatur meningkat. Nilai MQ campuran dengan penggunaan kadar plastik 0% sampai 0,7% telah memenuhi syarat sesuai spesifikasi umum bina marga 2010.
- f. Dari hasil *Marshall Test* di atas dapat disimpulkan bahwa dengan penambahan botol plastik (*Polyethylene Terephthalate*) dalam aspal pada campuran Laston (AC-WC) akan bersifat kaku dan getas, sehingga akan meningkatkan kemampuan perkerasan jalan dalam menerima beban lalu lintas yang besar, namun akan lebih mudah mengalami retak. Dari semua parameter *Marshall*, kadar plastik 0,1% sampai 0,5% telah memenuhi syarat, hanya kadar plastik 0,7% yang tidak memenuhi syarat karena nilai VIM yang lebih kecil dari spesifikasi. Kadar maksimum untuk penggunaan plastik dalam campuran laston (AC-WC) pada KAO 6,1% adalah sebesar 0,63%.

Berdasarkan hasil sifat-sifat fisik aspal dan karakteristik *Marshall*, dapat disimpulkan bahwa kadar penambahan plastik yang dapat digunakan dalam campuran beraspal adalah 0,1% - 0,3% dari berat aspal. Penambahan plastik

dengan kadar 0,3% merupakan kadar terbaik yang dapat digunakan dalam campuran beraspal, karena telah memenuhi syarat dari semua pemeriksaan dan memiliki nilai stabilitas tertinggi pada campuran laston (AC-WC).

5.2. Saran

Untuk mengetahui tingkat keawetan campuran laston (AC-WC) dengan menggunakan plastik, ada baiknya dilakukan pemeriksaan uji durabilitas untuk penelitian selanjutnya.

Pada penelitian ini menggunakan campuran perkerasan laston (AC-WC), ada baiknya dilakukan juga penelitian dengan menggunakan campuran perkerasan lain seperti Lataston, Latasir, dll.

DAFTAR PUSTAKA

_____. 2010. *Spesifikasi umum 2010 Divisi 6 Perkerasan Beraspal*. Direktorat Jendral Bina Marga Kementrian Pekerjaan Umum. Jakarta.

_____. 1994. *Panduan Praktikum Pemeriksaan Bahan Jalan*. Laboratorium Teknik Jalan Raya Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Tanjungpura. Pontianak.

Departemen Pekerjaan Umum. 1987. *Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton untuk Jalan Raya*. SKBI-2.4.26. Yayasan badan penerbit PU. Jakarta.

Gunawan. 2001. *Pengaruh Penambahan Sampah Plastik Keras Dalam Aspal Sebagai Bahan Aditif Pada Campuran Lapis Aspal Beton (LASTON)*. Skripsi teknik sipil Universitas Tanjungpura. Pontianak.

Hadari, F., dkk. 2009. *Teknik Penulisan Skripsi*. Edisi Ke-1. Pontianak: Fakultas Teknik Untan.

Maulida, A. 2014. *Peningkatan Kualitas Aspal Sintetis Dari Campuran Limbah Ban Alam dan Plastik (Polyethylene Terephthalate) dengan Pelarut Oli Motor Bekas*. Politeknik Negeri Sriwijaya. Palembang.

Sukirman, S. 1992. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Nova, Bandung

Suryaman, F. 2009. *Pengaruh Penggunaan Limbah Botol Plastik Sebagai Bahan Tambah (Additive) Terhadap Karakteristik Beton Aspal*. Skripsi teknik sipil Universitas Atma Jaya. Yogyakarta.