

PENGARUH LIMBAH PLASTIK *POLYETHYLENE TEREPHTALATE* SEBAGAI ASPAL POLIMER DI TINJAU DARI UJI SIFAT MARSHALL

Jordy Jonathan Gultom, Rizky Franchitika, ST., M. Eng
Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Komputer

Universitas Harapan Medan

Medan, Indonesia

jordigultom86@gmail.com, Rizky.franchitika@gmail.com, Unhar.@harapan.ac.id

Abstrack-*The use of additives is one of the alternatives used to obtain a good quality coating layer. PET (Polyethylene Terephthalate) plastic bottle waste is a type of waste that is difficult to decompose soil organic compounds so it is one of the causes of soil damage, but perhaps plastic waste is flexible material that can be used as an alternative additive in road pavement mixtures. This utilization is used to reduce the existence of plastic waste so that it will not cause a negative impact but can have a positive impact on society and the environment. This study aims to determine the effect of the addition of PET (Polyethylene Terephthalate) plastic waste on the characteristics of the marshall test and to obtain result in the form of polymer modified asphalt composition which has a high stability value so that it can improve the quality of road construction or repair. The method used was an experiment, in which 15 test objects were made using asphalt penetration 60/70 to determine KAO (Optimum Asphalt Content) with variations of 5%, 5.5%, 6%, 6.5%, and 7%, after obtaining the KAO value of 6.5%, then mixing PET plastic with variations of 1%, 2%, and 3%. From this research, the stability and flow values must meet the general specifications of 2010 (revision 3) for asphalt mixtures using PET plastic as added material. From the results of the marshall test of asphalt mixtures using PET plastic additives, starting from variations of 1%, 2%, and 3% seen from the marshall test parameters and data processing, the variation used as the optimum PET plastic asphalt content is the 1% PET plastic variation.*

Keywords: *Optimum Asphalt Content, Marshall, PET Plastic*

Abstrak-Penggunaan bahan tambah (*additive*) menjadi salah satu alternatif yang digunakan untuk mendapatkan kualitas lapis perkerasan yang baik. Sampah botol plastik PET (*Polyethylene Terephthalate*) merupakan salah satu jenis sampah yang sulit diuraikan senyawa organik tanah sehingga merupakan salah satu penyebab kerusakan unsur tanah, namun mungkin sampah plastik merupakan bahan fleksibel yang dapat dimanfaatkan sebagai alternatif bahan tambah (*additive*) pada campuran perkerasan jalan. Pemanfaatan ini digunakan untuk mengurangi keberadaan sampah plastik sehingga tidak akan menyebabkan dampak yang negatif tetapi dapat memberikan dampak yang positif bagi masyarakat dan lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan limbah plastik PET (*Polyethylene Terephthalate*) terhadap karakteristik pengujian sifat *marshall* dan mendapatkan hasil berupa komposisi aspal modifikasi polimer yang memiliki nilai stabilitas yang tinggi sehingga dapat meningkatkan kualitas pembangunan atau perbaikan jalan. Metode yang dilakukan yaitu eksperimen, dimana dibuat 15 benda uji menggunakan aspal pen 60/70 untuk menentukan KAO (Kadar Aspal Optimum) dengan variasi 5%, 5,5%, 6%, 6,5% dan 7%, setelah diperoleh nilai KAO sebesar 6,5%, kemudian dilakukan pencampuran plastik PET dengan variasi 1%, 2%, dan 3%. Dari penelitian ini menghasilkan nilai stabilitas dan flow harus memenuhi spesifikasi umum 2010 (revisi 3) pada campuran aspal menggunakan bahan tambah plastik PET. Dari hasil uji *marshall* campuran aspal menggunakan bahan tambah plastik PET, yang dimulai dari variasi 1%, 2%, dan 3% dilihat dari parameter pengujian *marshall* dan pengolahan data, variasi yang dijadikan sebagai kadar aspal campuran plastik PET optimum adalah variasi plastik PET 1%.

Kata Kunci: *Kadar Aspal Optimum, Marshall, Plastik PET*

PENDAHULUAN

Aspal merupakan bahan pengikat lentur pada jalan, yang umumnya digunakan pada

perkerasan jalan raya. Jalan yang menggunakan campuran aspal dengan nilai stabilitas yang tinggi dapat meningkatkan pelayanan dari segi kekuatan dan daya

tarik antar agregat pada campuran aspal. Seiring banyaknya perbaikan dan pembangunan jalan, maka kebutuhan material aspal juga akan terus meningkat.

Polimer atau yang biasa dikenal dengan plastik umumnya dapat kita lihat dalam kehidupan sehari-hari. Bahkan polimer juga menjadi bahan untuk membuat kemasan makanan dan produk-produk yang dijual dipasaran yang selanjutnya akan menjadi sampah plastik. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian mengenai aspal modifikasi agar dapat menghasilkan komposisi aspal modifikasi polimer dengan stabilitas yang tinggi dan dengan kadar aspal yang rendah.

Salah satu aspal modifikasi adalah aspal polimer, penambahan polimer (plastik) secara bersamaan sebagai bahan tambah aspal (*asphalt modifier*). Penambahan ini diharapkan dapat meningkatkan stabilitas aspal dan mengurangi penggunaan kadar aspal dalam campuran. Adapun polimer (plastik) yang akan digunakan adalah limbah plastik jenis PET (*Polyethylene Terephthalate*) umumnya digunakan sebagai botol mineral. Penggunaan limbah plastik ini merupakan salah satu upaya untuk mengurangi sampah kemasan agar tidak menyebabkan dampak yang buruk tetapi dapat memberikan dampak yang baik untuk masyarakat dan lingkungan. Limbah plastik PET sebagai bahan tambah dapat meningkatkan nilai stabilitas campuran aspal dari pada campuran aspal yang tidak menggunakan bahan tambah PET.

Penambahan sampah plastik dilakukan dengan cara memotong sampah botol air mineral menjadi bagian-bagian kecil dan dilarutkan menggunakan larutan *Xylene*, lalu mencampurkannya pada proses pencampuran setelah dilakukan nya pencampuran aspal dan agregat dalam kondisi panas yang mencapai suhu 145-155°C sesuai dengan Spesifikasi Umum Perkerasan Aspal. Setelah itu akan dilakukan uji *Marshall* yang dapat menyajikan nilai stabilitas pada campuran aspal dan polimer. Adapun tujuan pada penelitian ini adalah sebagai berikut: Untuk

mengetahui pengaruh penambahan limbah plastik PET (*Polyethylene Terephthalate*) sebagai aspal polimer dari uji sifat *Marshall*. Untuk mendapatkan hasil berupa komposisi aspal modifikasi polimer yang memiliki stabilitas yang tinggi sehingga dapat meningkatkan kualitas pembangunan dan perbaikan jalan.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah kajian eksperimental yang dilakukan di Laboratorium Perkerasan Jalan Raya Institut Teknologi Medan.

Pemeriksaan Aspal
Pemeriksaan Agregat
Pemeriksaan *Filler*
Perencanaan Campuran
Tahap Pembuatan Benda Uji
Pengujian Marshall
Tahap Pengolahan Data

Seluruh data yang diperoleh kemudian diolah dengan menggunakan program Excel dan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik.

Tahap Analisa Data

Pada tahap ini dilakukan analisa terhadap hasil pengolahan data meliputi:

1. Analisa kadar aspal optimum (KAO) untuk menentukan kadar aspal yang akan digunakan untuk aspal modifikasi menggunakan plastik PET.
2. Analisa mengenai penambahan Plastik PET dengan variasi mana yang memenuhi persyaratan aspal modifikasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Saringan Agregat

Bahan agregat yang digunakan pada penelitian ini, yang terdiri dari agregat kasar dan halus yang mempunyai beberapa jenis yang didefinisikan antara lain yaitu, agregat kasar yang saringan $\frac{3}{4}$, agregat kasar saringan $\frac{1}{2}$, adapun agregat halus nya yaitu pasir serta semen yang berfungsi sebagai bahan pengikat berasal dari laboratorium bahan perkerasan jalan raya institute teknologi medan. hasil dari

pemeriksaan karakteristik agregat sesuai dengan metode pengujian yang disyaratkan oleh Bina Marga.

Berat Jenis Agregat Kasar

Agregat kasar yang diuji umumnya tertahan pada saringan No.8 atau saringan 2,36 mm. Agregat kasar merupakan batu pecah mesin dengan ukuran maksimum tertahan saringan $\frac{3}{4}$.

Tabel 1. Hasil Pengujian Agregat Kasar

No	Jenis Pengujian	Standar Pengujian	Hasil Pengujian	Spesifikasi Agregat
1	Penyerapan	SNI 03-1969-1990	2,6%	Maks 3
2	BJ Bulk	SNI 03-1969-1990	2,822	Min 2,5
	BJ SSD	SNI 03-1969-1990	2,896	Min 2,5
	BJ Semu	SNI 03-1969-1990	3,050	Min 2,5
	BJ Efektif	SNI 03-1969-1990	2,936	Min 2,5
3	Abrasi	SNI 2417 : 2008	18,53%	Maks 40%
4	Analisa Saringan	SNI 03-1968-1990		

Tabel menunjukkan bahwa pengujian agregat kasar meliputi bj bulk, bj ssd, bj semu, bj efektif, penyerapan, abrasi, dan analisa saringan. Semua pengujian dilakukan dan hasil pengujian pada tabel diatas merupakan reratanya. Hasil pengujian menunjukkan bahwa agregat kasar sudah sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan.

Berat Jenis Agregat Halus

Tabel 2. Hasil Pengujian Agregat Halus

No	Jenis Pengujian	Standar Pengujian	Hasil Pengujian	Spesifikasi Agregat Halus
1	Penyerapan	SNI 03-1970-1990	3,743 %	Maks 5
2	a.BJ Bulk	SNI 03-1970-1990	2,410	Min 2,5
	b.BJ SSD	SNI 03-1970-1990	2,648	Min 2,5
	c.BJ Semu	SNI 03-1970-1990	2,500	Min 2,5
	d.BJ Efektif	SNI 03-1970-1990	3,734	Min 2,5
3	Analisa Saringan	SNI 03-1968-1990		
4	Material lolos ayakan No.200	SNI 03-1968-1997		Maks 8%

Tabel menunjukkan bahwa pengujian agregat halus meliputi bj bulk,

bj ssd, bj semu, bj efektif, penyerapan, analisa saringan, dan material lolos ayakan no.200. Semua pengujian dilakukan dan hasil pengujian pada tabel diatas merupakan reratanya. Hasil pengujian menunjukkan bahwa agregat halus sudah sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan.

Pengujian Aspal

Tabel 3. Hasil Pengujian Aspal

No	PENGUJIAN	HASIL PENGUJIAN	SPESIFIKASI		SATUAN
			MIN	MAX	
1	Penetrasi pada 25°C	66,1	60	70	0,1 mm
2	Titik Lembek	50,3	≥ 48		°C
3	Daktilitas pada 25°C	125	≥ 100		Cm
4	Titik Nyala	235	≥ 200		°C
5	Berat jenis	1,027	≥ 1,0		gr/cc
6	Kehilangan Berat	0,149	≤ 0,8		%berat Semula
7	Penetrasi setelah Kehilangan berat	65,6	≥ 54		0,1 mm
8	Daktalitas pada 25 °C setelah kehilangan berat	141	≥ 100		Cm

Tabel menunjukkan bahwa pengujian aspal penetrasi 60/70 meliputi penetrasi, titik lembek, daktilitas, titik nyala dan bakar, berat jenis, dan kehilangan berat. Semua pengujian aspal penetrasi 60/70 dilaksanakan sebanyak dua kali, dan hasil pengujian pada tabel diatas merupakan reratanya. Hasil pengujian menunjukkan bahwa aspal penetrasi 60/70 sudah sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan.

Proporsi Agregat dan Aspal (Kadar Aspal Optimum)

Setelah mendapatkan persentase masing-masing fraksi agregat dan aspal, maka ditentukan berat material untuk rancangan campuran dengan kapasitas mold atau cetakan yang ada. Mix design untuk mencari Kadar Aspal Optimum untuk lapisan AC-WC adalah sebagai berikut:

1. Kadar Aspal 5%

proporsi aspal 5% meliputi berat aspal sebesar 60 gr, berat agregat kasar (3/4") dan agregat kasar (1/2") sebesar 399 gr, berat pasir sebesar 342 gr, dengan berat kapasitas mold 1.200 gr.

2. Kadar Aspal 5,5%

proporsi aspal 5,5% meliputi berat aspal sebesar 66 gr, berat agregat kasar (3/4") dan (1/2") dengan nilai sebesar 396,9 gr, berat pasir sebesar 340,2 gr, dengan berat kapasitas mold 1.200 gr.

3. Kadar Aspal 6%

proporsi agregat dengan kadar aspal 6% meliputi berat aspal sebesar 72 gr, berat agregat kasar (3/4") dan (1/2") sebesar 394,8 gr, berat pasir sebesar 338,4 gr, dengan berat kapasitas mold 1.200 gr.

4. Kadar Aspal 6,5%

proporsi agregat dengan kadar aspal 6,5% meliputi berat aspal sebesar 78 gr, berat agregat kasar (3/4") dan (1/2") sebesar 392,7 gr, berat pasir sebesar 336,6 gr, dengan berat kapasitas mold 1.200 gr.

5. Kadar Aspal 7 %

proporsi agregat dengan kadar aspal 7% meliputi berat aspal sebesar 84 gr, berat agregat kasar (3/4") dan (1/2") sebesar 390,6 gr, berat pasir sebesar 334,8 gr, dengan berat kapasitas mold 1.200 gr.

Tabel 4. Komposisi Campuran Untuk Kadar Aspal Optimum

Komposisi Campuran	Variasi Kadar Aspal Dari Berat Sampel 1200 gr				
	5%	5,5%	6%	6,5%	7%
Agregat Kasar (3/4") 35 %	399 gr	396,9 gr	394,8 gr	392,7 gr	390,6 gr
Agregat Kasar (1/2") 35 %	399 gr	396,9 gr	394,8 gr	392,7 gr	390,6 gr
Pasir 30 %	342 gr	340,2 gr	338,4 gr	336,6 gr	334,8 gr
Aspal	60 gr	66 gr	72 gr	78 gr	84 gr
Total	1200 gr	1200 gr	1200 gr	1200 gr	1200 gr

Tabel 4.10 menunjukkan komposisi bahan untuk membuat sampel campuran aspal sesuai dengan masing-masing variasi aspal yang sudah ditentukan untuk menentukan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO).

Analisa Data

Analisa data dari penelitian yang ditinjau adalah: Density, Stabilitas,

Kelelehan, (*Flow*), *Voids In Mixed Agregate (VMA)*, *Voids Filled with Bitument(VFB)*, *Voids In Mix (VIM)*, *Marshall Quotient (MQ)*. Perhitungan Uji *Marshall* Menentukan Kadar Aspal Optimum

Untuk mendapatkan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) dari perhitungan pengujian *marshall*. Ada beberapa tahap rumus perhitungan sebagai berikut:

A. = Persentase (%) aspal terhadap campuran

B. = Berat sampel kering (gr) = 1185,9 gr

C. = Berat sampel dalam keadaan jenuh kering permukaan (SSD) (gr) = 1196,4 gr

D. = Berat sampel dalam air (gr) = 664,8gr

E. = Berat isi sampel (C - D) = 1196,4 - 664,8 = 531,6gr

F. = Kepadatan (Gmb) (B/E) = 1185,9/531,6 = 2,231 gr/cm³

G. = Lampiran Berat Jenis Maksimum (G_{mm})

= 2,350 gr

H. = Rongga Terhadap Campuran (VIM)

$$= 100 \times \frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}} =$$

$$100 \times \frac{2,350 - 2,231}{2,350} = 5,072 \%$$

I. = Rongga Dalam Agregat (VMA)

= 100 -

(100 - Kadar aspal thd campuran) x Kepadatan

$$= 100 - \frac{\text{BJ Ag. Bulk} (100 - 6,5) \times 2,231}{2,566} = 18,722 \%$$

J. = Rongga Terisi Aspal (VFB)

$$= 100 \times \frac{VMA - VIM}{VMA} =$$

$$100 \times \frac{18,722 - 5,072}{18,722} = 72,909\%$$

K. = Pembacaan Arloji Stabilitas

L. = K x Kalibrasi Proving Ring

$$= 87 \times 12,4122 = 1079,861 \text{ kg}$$

M. = L x kalibrasi benda uji

$$= 1079,861 \times 0,93 = 1004,271 \text{ kg}$$

N. = Kelelehan (*Flow*) = 3,0 mm

O. = Hasil bagi Marshall (MQ) (M/N)

$$= \frac{\text{Stabilitas setelah dikoreksi}}{\text{Flow}}$$

$$= 334,757 \text{ kg/m}$$

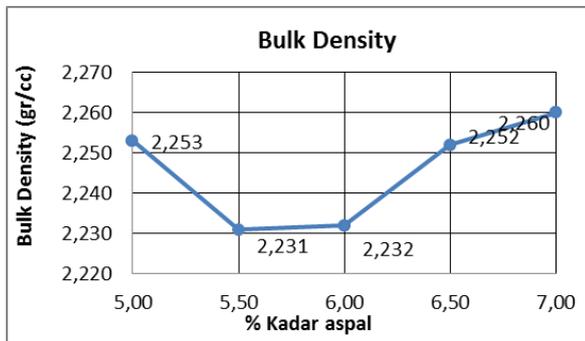
Dari analisa diatas didapat rata-rata kadar aspal normal optimum 6,5% dengan nilai *density* sebesar 2,231 (gr/cm³), nilai

stabilitas sebesar 1079,861 kg, nilai *flow* sebesar 3,00 mm, nilai MQ sebesar 334,757 (kg/mm), nilai VIM sebesar 5,072 %, nilai VMA 18,722 %, dan nilai VFB sebesar 72,909 %. Setelah didapat nilai kadar aspal optimum, langkah selanjutnya adalah membuat campran menggunakan plastik PET menggunakan kadar aspal 6,5%.

Grafik Parameter Marshall Kadar Aspal Optimum

Grafik parameter *marshall* kadar aspal optimum didapat dari hasil perhitungan pengujian *marshall*, berikut ini adalah grafik parameter pengujian *marshall*:

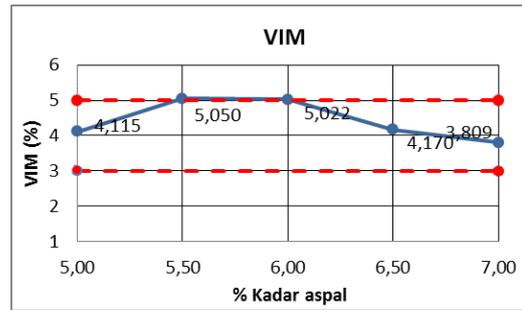
A. Density (Kepadatan)



Gambar 1. Grafik Variasi Aspal dan Bulk Density Pada grafik kepadatan

menunjukkan bahwa kadar aspal 7% yang memiliki nilai Bulk Density tertinggi sebesar 2,260 gr/cm³, sedangkan yang terendah berada pada kadar aspal 5,5% sebesar 2,231gr/cm³. Nilai *Bulk Density* menunjukkan besarnya kerapatan suatu campuran yang sudah dipadatkan. Campuran dengan *Bulk density* yang tinggi akan lebih mampu menahan beban yang lebih berat, dibandingkan padacampuran yang mempunyai *density* rendah. Dengan demikian, semakin tinggi kadar aspal maka kerapatan juga semakin tinggi ,dimana hal tersebut juga berpengaruh terhadap faktor-faktor yang mempengaruhi seperti gradasi agregat, kadar aspal, berat jenis agregat, kualitas penyusunya serta proses pemadatan dan jumlah tumbukannya.

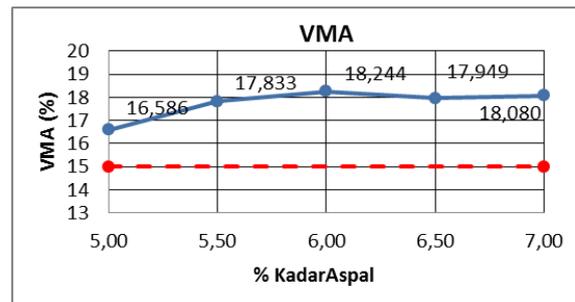
B. Rongga Udara (VIM)



Gambar 2. Grafik Variasi Aspal dan VIM Sumber: Hasil Analisa Data

Berdasarkan gambar diatas menunjukkan bahwa pada variasi kadar aspal 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, dan 7% nilai VIM (*Void In Mix*) memenuhi syarat. Pada variasi kadar aspal 5,5% memiliki nilai VIM paling tinggi yaitu 5,050% dan yang paling rendah berada pada variasi kadar aspal 7% dengan nilai 3,809%.

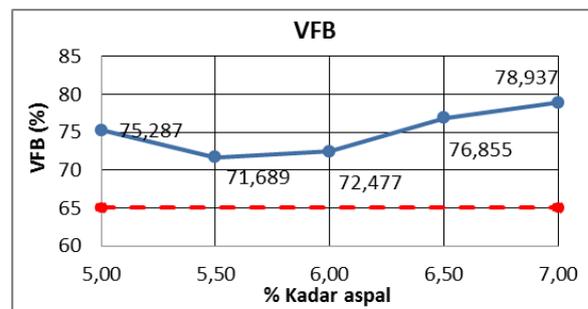
C. Rongga Antar Agregat (VMA)



Gambar 3. Grafik Variasi Aspal dan VMA Sumber: Hasil Analisa Data

Berdasarkan pada gambar Grafik VMA menunjukkan bahwa variasi aspal 5%, 5,5%, 6%, 6,5% dan 7% nilai VMA memenuhi syarat pada semua variasi kadar aspal karena memiliki nilai diatas batas ketentuan yaitu 15%.

D. Rongga Terisi Aspal (VFB)

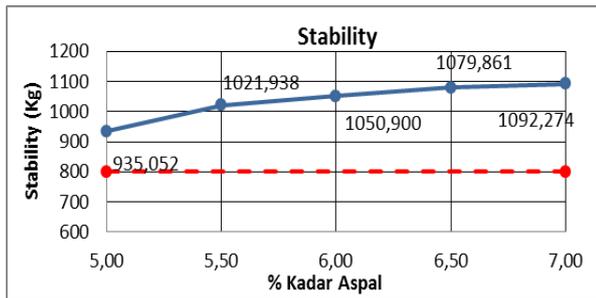


Gambar 4. Grafik Variasi Aspal dan VFB

Berdasarkan gambar Grafik VFB diatas menunjukkan pada variasi kadar aspal 5%, 5,5%, 6%, 6,5% dan 7% nilai VFB

memenuhi syarat pada semua variasi aspal yang diuji.

E. Stabilitas

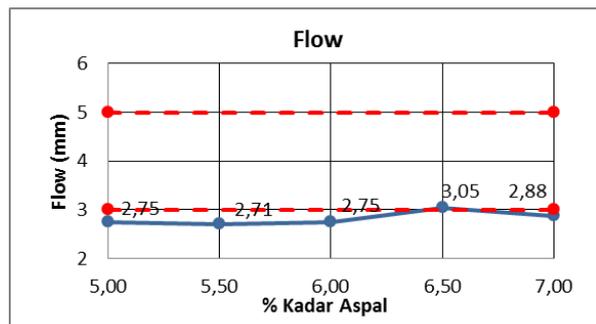


Gambar 5. Grafik Variasi Aspal dan Stability

Sumber: Hasil Analisa Data

Berdasarkan pada gambar Grafik Stability dengan variasi kadar aspal 5%, 5,5%, 6%, 6,5% dan 7% menunjukkan nilai Stability semua variasi kadar aspal memenuhi syarat terhadap nilai Stability minimum maupun nilai Stability maksimumnya.

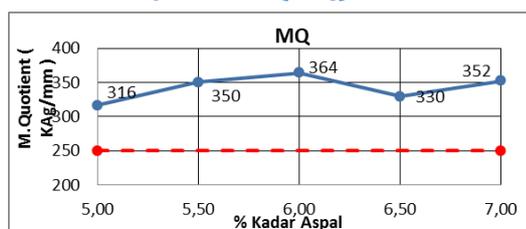
F. Flow (Kelelehan)



Gambar 6. Grafik Variasi Aspal dan Flow

Menurut gambar Grafik Flow diatas menunjukkan bahwa pada variasi kadar aspal 6,5% memenuhi syarat minimum yaitu sebesar 3,05 mm, Sedangkan variasi kadar aspal yang lain belum memenuhi syarat minimum maupun maksimum terhadap nilai grafik Flow.

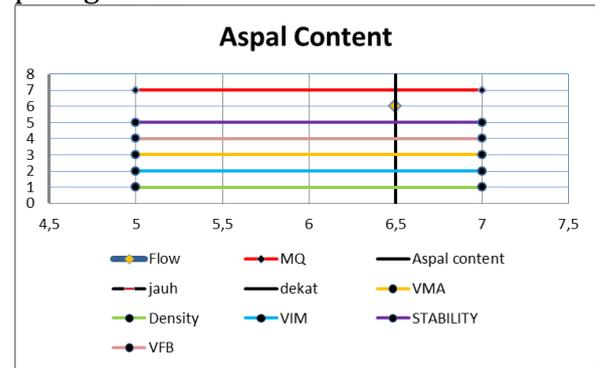
G. Marshall Quotient (MQ)



Gambar 7. Grafik Variasi Aspal dan MQ

Pada gambar 7 Grafik MQ diatas menunjukkan pada variasi kadar aspal 6% mengalami peningkatan sedangkan pada

variasi kadar aspal 5% mempunyai nilai paling rendah.



Gambar 8. Grafik Aspal Content.

Dari hasil uji marshall campuran aspal untuk mencari kadar optimum, yang dimulai dari variasi 5%, 5,5% 6%, 6,5% dan 7% dilihat dari 6 parameter marshall dan pengolahan data, variasi yang dijadikan sebagai kadar aspal optimum adalah sebesar 6,5%. Setelah didapat kadar aspal optimum, langkah selanjutnya adalah membuat campuran aspal menggunakan bahan tabah plastik maupun variasi dengan menggunakan kadar aspal 6,5% tersebut.

Proporsi Campuran Agregat dan Aspal Polimer

1. Variasi Plastik PET 1%
proporsi agregat dengan variasi aspal polimer 1% meliputi berat aspal sebesar 78 gr, berat plastik sebesar 12 gr, berat agregat kasar (3/4") dan (1/2") sebesar 388,5 gr, berat pasir sebesar 333 gr, dengan berat kapasitas mold 1.200 gr.
2. Variasi Plastik PET 2%
proporsi agregat dengan variasi aspal polimer 2% meliputi berat aspal sebesar 78 gr, berat plastik sebesar 24 gr, berat agregat kasar (3/4") dan (1/2") sebesar 384,3 gr, berat pasir sebesar 329,6 gr, dengan berat kapasitas mold 1.200 gr.
3. Variasi Plastik PET 3%
proporsi agregat dengan variasi aspal polimer 3% meliputi berat aspal sebesar 78 gr, berat plastik sebesar 36 gr, berat agregat kasar (3/4") dan (1/2") sebesar 380,1 gr, berat pasir sebesar 325,8 gr, dengan berat kapasitas mold 1.200 gr.

Analisa Data

Analisa data dari penelitian yang ditinjau adalah: Density, Stabilitas,

Kelelahan, (*Flow*), *Voids In Mixed Agregate* (VMA), *Voids Filled with Bitument* (VFB), *Voids In Mix* (VIM), *Marshall Quotient* (MQ).

Perhitungan Uji Marshall Menentukan Kadar Aspal Polimer

Untuk mendapatkan nilai Kadar Aspal Polimer dengan menggunakan bahan tambah plastik PET dari perhitungan pengujian *marshall*. Ada beberapa tahap rumus perhitungan sebagai berikut:

- A. = Persentase (%) aspal terhadap campuran
- B. = Berat sampel kering (gr) = 1191 gr
- C. = Berat sampel dalam keadaan jenuh kering permukaan (SSD) (gr) = 1196 gr
- D. = Berat sampel dalam air (gr) = 669 gr
- E. = Berat isi sampel (C - D) = 1196 - 669 = 527 gr
- F. = Kepadatan (Gmb) (B/E) = $1191/527 = 2,260 \text{ gr/cm}^3$
- G. = Lampiran Berat Jenis Maksimum (G_{mm}) = 2,350 gr
- H. = Rongga Terhadap Campuran (VIM) = $100 \times \frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}} = 100 \times \frac{2,350 - 2,260}{2,350} = 3,831 \%$
- I. = Rongga Dalam Agregat (VMA) = $100 - \frac{(100 - \text{Kadar aspal thd campuran}) \times \text{Kepadatan}}{\text{BJ Ag. Bulk}} = 100 - \frac{(100 - 6,5) \times 2,260}{2,566} = 17,656 \%$
- J. = Rongga Terisi Aspal (VFB) = $100 \times \frac{VMA - VIM}{VMA} = 100 \times \frac{17,656 - 3,831}{17,656} = 78,300\%$
- K. = Pembacaan Arloji Stabilitas
- L. = K x Kalibrasi Proving Ring = $98 \times 12,4122 = 1216,396 \text{ kg}$
- M. = L x kalibrasi benda uji = $1216,396 \times 0,93 = 1131,248 \text{ kg}$
- N. = Kelelahan (*Flow*) = 3,60 mm
- O. = Hasil bagi Marshall (MQ) (M/N) = $\frac{\text{Stabilitas setelah dikoreksi}}{\text{Flow}} = 314,236 \text{ kg/m}$

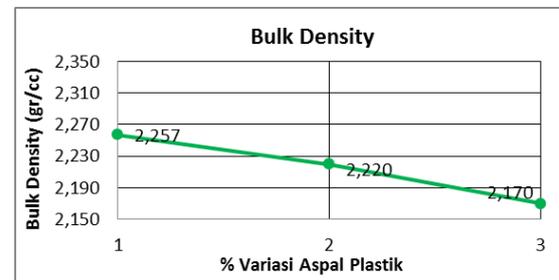
Dari analisa diatas didapat kadar aspal polimer sebesar 1% dengan nilai density sebesar 2,260 (gr/cm³), nilai stabilitas sebesar 1216,396 kg, nilai flow

sebesar 3,60 mm, nilai MQ sebesar 314,236 (kg/m), nilai VIM sebesar 3,831 %, nilai VMA sebesar 17,656 %, dan nilai VFB sebesar 78,300 %. Jadi komposisi yang didapat untuk aspal polimer adalah menggunakan Kadar Aspal Optimum (KAO) sebesar 6,5 % dan penambahan limbah plastik sebesar 1 %.

Grafik Parameter Marshall Campuran Plastik PET

Grafik parameter *marshall* kadar aspal campuran plastik PET didapat dari hasil perhitungan pengujian *marshall*, berikut ini adalah grafik parameter pengujian *marshall*:

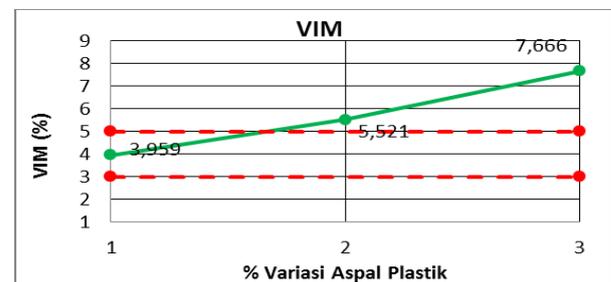
A. Density (Kepadatan)



Gambar 9. Grafik Variasi Aspal Plastik dan Bulk Density

Pada gambar Grafik Bulk Density diatas menunjukkan bahwa variasi kadar aspal Plastik 1% sampai 3% mengalami penurunan. Maka dapat disimpulkan semakin besar kadar aspal plastic maka nilai Bulk Density semakin rendah dan juga sebaliknya.

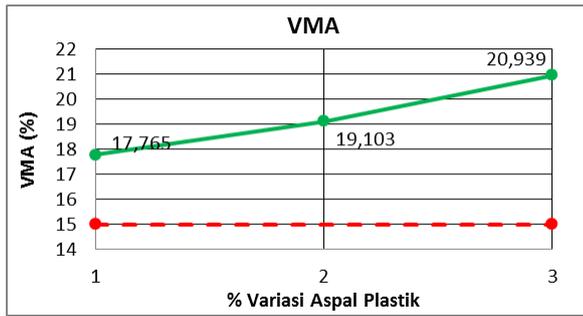
B. Rongga Udara (VIM)



Gambar 10. Grafik Variasi Aspal Plastik dan VIM

Berdasarkan gambar Grafik VIM menunjukkan variasi aspal plastik 1% memenuhi syarat nilai nilai VIM sedangkan variasi aspal 2% dan 3% tidak memenuhi syarat yang ditentukan untuk nilai VIM.

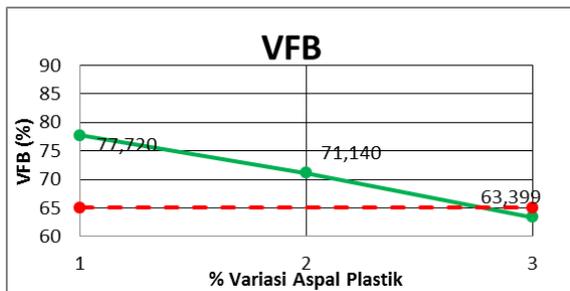
C. Rongga Antar Agregat (VMA)



Gambar 11. Grafik Variasi Aspal Plastik dan VMA

Berdasarkan gambar grafik VMA menunjukkan bahwa nilai VMA mengalami kenaikan pada setiap variasi kadar aspal Plastik. Pada penambahan Plastik variasi 1% sebesar 17,765%, dan seiring bertambahnya variasi penambahan Plastik mengalami kenaikan pada variasi penambahan Plastik 3% sebesar 20,939%.

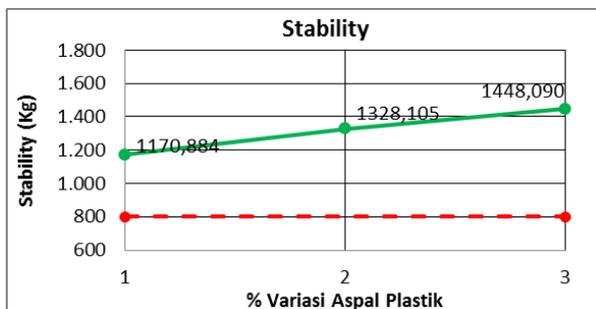
D. Rongga Terisi Aspal (VFB)



Gambar 12. Grafik Variasi Aspal Plastik dan VFB

Berdasarkan gambar Grafik VFB menunjukkan variasi penambahan Plastik 1% dan 2% memenuhi nilai batas VFB sedangkan untuk variasi penambahan Plastik 3% berada dibawah garis batas ketentuan nilai VFB.

E. Stabilitas

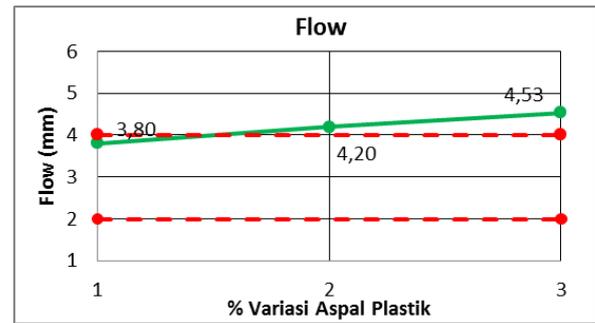


Gambar 13. Grafik Variasi Aspal Plastik dan Stability

Hasil pengujian menunjukkan bahwa semua variasi campuran memenuhi spesifikasi dimana % aspal terhadap campuran melawan stabilitas memiliki nilai stabilitas minimum ≥ 800 kg. Dari

gambar diatas dapat kita lihat bahwa nilai stabilitas campuran pembanding memenuhi spesifikasi pada semua variasi penambahan Plastik. Dari gambar grafik Stability menunjukkan kenaikan pada setiap penambahan variasi Plastik, maka bisa disimpulkan semakin besar penambahan campuran Plastik maka semakin tinggi nilai Stabilitas yang akan didapat.

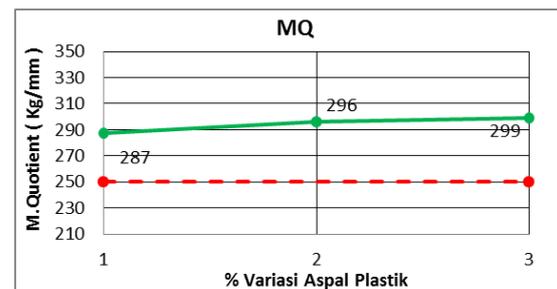
F. Flow (Kelelehan)



Gambar 14. Grafik Variasi Aspal Plastik dan Flow

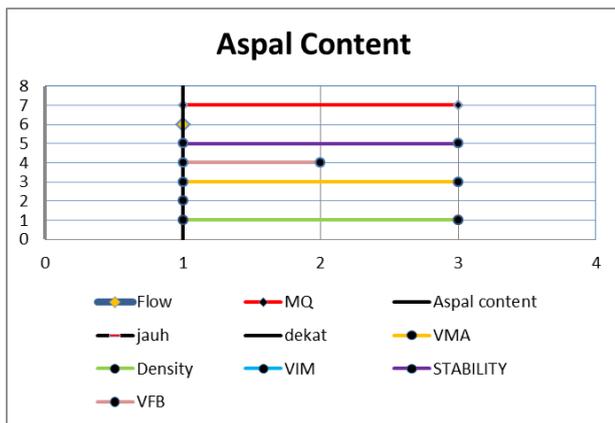
Berdasarkan gambar grafik flow menunjukkan variasi penambahan Plastik 1% sebesar 3,80 memenuhi batas nilai grafik flow sedangkan pada variasi penambahan Plastik 2% dan 3% nilainya melewati batas nilai flow yang ditentukan. Maka nilai flow yang memenuhi pada grafik hanya pada variasi penambahan plastik hanya pada variasi penambahan plastik PET sebesar 1%.

G. Marshall Quotient (MQ)



Gambar 15. Grafik Variasi Aspal Plastik dan Marshall Quotient

Berdasarkan gambar Grafik MQ menunjukkan variasi penambahan Plastik 1%, 2%, dan 3% memenuhi nilai Grafik MQ dan setiap variasi penambahan Plastik mengalami kenaikan pada nilai MQ pada setiap variasinya.



Gambar 16. Grafik Aspal Content.

Dari hasil uji marshall campuran aspal dengan penambahan variasi Plastik untuk mencari kadar optimum, yang dimulai dari variasi 1%, 2%, dan 3% dilihat dari parameter marshall dan pengolahan data, variasi yang dijadikan sebagai kadar aspal polimer optimum adalah sebesar 1%.

Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang didapatkan dari hasil penelitian aspal polimer dengan menggunakan limbah plastik adalah sebagai berikut:

1. Pada penambahan plastik PET sebagai aspal polimer dari pengujian sifat *marshall*. Dimana aspal normal memiliki nilai stabilitas 1079,861 kg, nilai *flow* 3,00 mm, nilai MQ 334,757 kg/mm, nilai VIM 5,072%, nilai VMA 18,722%, nilai VFB 72,909%. Sedangkan aspal polimer menggunakan bahan tambah plastik PET memiliki nilai stabilitas 1170,884 kg, nilai *flow* 3,80 mm, nilai MQ 287,464 kg/mm, nilai VIM 3,959%, nilai VMA 17,765%, nilai VFB 77,720%. Dari hasil pengujian *marshall* aspal normal dan aspal polimer menggunakan plastik PET, bahwa penambahan plastik PET menghasilkan nilai stabilitas dan *flow* yang lebih tinggi dibandingkan aspal normal.
2. Dari hasil pengujian *Marshall*, kadar aspal optimum sebesar 6,5% menggunakan bahan tambah plastik PET dengan variasi 1%, 2%, dan 3% untuk mencari kadar optimum aspal polimer parameter *marshall* dan pengolahan data, didapatkan komposisi aspal polimer yaitu pada variasi 1%. Itu

dapat kita lihat pada gambar 4.16, grafik aspal konten dimana nilai *flow* pada variasi plastik PET 1%, 2%, dan 3% yang memenuhi spesifikasi hanya pada variasi 1% saja sedangkan variasi 2% dan 3% tidak memenuhi spesifikasi yang ditentukan, dapat kita lihat pada gambar 4.14 grafik variasi aspal dan *flow*. Jadi komposisi aspal polimer yang didapat pada penelitian ini adalah variasi 1% plastik PET.

Saran

Ada beberapa hal yang harus diperhatikan agar penelitian dapat berjalan dengan lancar dan sesuai tujuan yang akan dicapai adalah sebagai berikut:

1. Dalam melakukan prosedur dari setiap objek harus berhati-hati dan teliti agar tidak terjadi kesalahan.
2. Penelitian selanjutnya, sebaiknya dapat menggunakan lebih banyak lagi variasi menggunakan limbah plastik agar mendapat data yang lebih akurat lagi.
3. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan menggunakan jenis limbah plastik lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- 1) Badan Standardisasi Nasional (BSN). 1990. *Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus (SNI 03-1968-1990)*. Jakarta.
- 2) Badan Standardisasi Nasional (BSN). 1990. *Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar (SNI 03-1968-1990)*. Jakarta.
- 3) Badan Standardisasi Nasional (BSN). 1990. *Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar (SNI 03-1969-1990)*. Jakarta.
- 4) Badan Standardisasi Nasional (BSN). 1990. *Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus (SNI 03-1970-1990)*. Jakarta.
- 5) Badan Standardisasi Nasional (BSN). 1991. *Pengujian Berat Jenis Aspal (SNI 06-2441-1991)*. Jakarta.

- 6) Badan Standardisasi Nasional (BSN). 1991. *Pengujian Keausan Agregat Dengan Mesin Abrasi (SNI 03-2417-1991)*. Jakarta.
- 7) Badan Standardisasi Nasional (BSN). 1991. *Pengujian Kehilangan Berat Aspal (SNI 06-2440-1991)*. Jakarta.
- 8) Badan Standardisasi Nasional (BSN). 1991. *Pengujian Penetrasi Aspal (SNI 06-2456-1991)*. Jakarta.
- 9) Badan Standardisasi Nasional (BSN). 1991. *Pengujian Titik Lembek Aspal (SNI 06-2434-1991)*. Jakarta.
- 10) Badan Standardisasi Nasional (BSN). 1991. *Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar (SNI 06-2433-1991)*. Jakarta.
- 11) Badan Standardisasi Nasional (BSN). 2011. *Pengujian Daktilitas Aspal (SNI 2432:2011)*. Jakarta.
- 12) Direktorat Jendral Bina Marga, 2010. *Spesifikasi Umum 2010 Revisi 3 Perkerasan Aspal*. Direktorat Jendral Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum Republik Indonesia, Jakarta.
- 13) Direktorat Jendral Bina Marga, 2010. *Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan 2010 Revisi 6 Perkerasan Beraspal*. Direktorat Jendral Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum Republik Indonesia, Jakarta.
- 14) Prameswari, Putri Ajeng, Priyo Pratomo, Dwi Herianto. (2016). *Pengaruh Pemanfaatan PET Pada Laston Lapis Pengikat Terhadap Parameter Marshall*. Lampung: Teknik Sipil Universitas Lampung.
- 15) Soehartono, 2014. *Teknologi Aspal dan Penggunaannya Dalam Konstruksi Perkerasan Jalan Raya*. Penerbit Andi, Yogyakarta.
- 16) Sukirman, S. 2012. *Beton Aspal Campuran Panas*. Bandung: Institut Teknologi Nasional.
- 17) Tatomihardjo, Soerapto, M.Sc; 1994. *Bahan dan Struktur Jalan Raya*.