

# Karakteristik Aspal Modifikasi dengan penambahan Limbah Botol Plastik Polyethylene Terephthalate (PET)

Husnul Fikri<sup>1</sup>, A. Subagja<sup>2</sup>, Agustina S.D. Manurung<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012

E-mail : [husnulmarza@yahoo.com](mailto:husnulmarza@yahoo.com)

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012

E-mail : [sbagja@yahoo.co.id](mailto:sbagja@yahoo.co.id)

<sup>3</sup>Magister Teknik Rekayasa Infrastruktur, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012

E-mail : [manurungagustina99@yahoo.com](mailto:manurungagustina99@yahoo.com)

## ABSTRAK

Pengoptimalan limbah plastik botol jenis *Polyethylene Terephthalate* (PET) sebagai bahan tambah aspal dilakukan dengan menguji limbah plastik botol yang dapat digunakan sebagai bahan tambah campuran aspal. Di samping itu, negara Indonesia menduduki peringkat kedua dunia penghasil sampah plastik ke laut sehingga pemanfaatan limbah harus dilakukan. Pemanfaatan limbah botol plastik sebagai bahan campuran antara agregat dan aspal untuk meningkatkan kualitas konstruksi lapis perkerasan sehingga diharapkan dapat merekomendasikan penggunaan limbah plastik khususnya botol plastik bekas untuk meningkatkan struktur perkerasan lentur pada campuran AC-WC dan mengurangi penumpukan limbah khususnya di Indonesia. Penelitian ini menggunakan metode *wet process* sebagai bahan tambah dalam ke dalam aspal. Kadar PET yang akan diteliti terhadap karakteristik aspal modifikasi dengan variasi kadar yaitu 0%, 3%, 6%, 9% dan 12% dari berat aspal yang digunakan dengan menggunakan aspal penetrasi 60/70. Dari hasil pengujian yang dilakukan, bahwa penggunaan aspal modifikasi optimum terdapat pada kadar PET 9%. Hal ini disebabkan pada aspal modifikasi kadar PET 12% didapat hasil pengujian penetrasi aspal modifikasi tidak memenuhi persyaratan sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Divisi 6 revisi 3.

## Kata Kunci

*Polyethylene Terephthalate (PET), aspal modifikasi, limbah botol plastik, karakteristik aspal*

## 1. PENDAHULUAN

Jenis material plastik yang biasa dipakai untuk botol minuman adalah *Polyethylene Terephthalate* (PET). Material ini direkomendasikan hanya untuk sekali

pemakaian dan tidak digunakan untuk air panas karena akan mengakibatkan lapisan polimer pada botol tersebut meleleh dan mengeluarkan zat karsinogenik dalam jangka panjang. Oleh karena sekali pemakaian, tidak mengherankan jika limbah botol plastik ini sangat banyak dan terus meningkat tiap tahunnya seiring

bertambahnya jumlah penduduk. Semakin banyaknya limbah botol plastik jenis PET membuka peluang untuk dimanfaatkan di bidang konstruksi jalan raya agar dapat mengurangi jumlah dari limbah botol plastik tersebut. Selain dimanfaatkan untuk konstruksi jalan raya, botol plastik bekas juga masih memiliki nilai ekonomis setelah dilakukan daur ulang. Semakin tinggi tuntutan kualitas terhadap pembuatan jalan baru maupun pemeliharaan suatu jalan, mempengaruhi ketersediaan bahan-bahan pembuat jalan yang memenuhi persyaratan spesifikasi. Hal ini menimbulkan suatu pemikiran untuk mengembangkan suatu inovasi yang dapat mengatasi masalah tersebut. Salah satu cara tersebut dengan mencari atau menemukan suatu bahan tambah yang dapat memperbaiki kinerja campuran beraspal. Kondisi ini memberikan adanya peluang untuk menggunakan bahan tambah limbah botol plastik pada

campuran perkerasan lentur sehingga dapat memperbaiki kinerja perkerasan tersebut [4]. Penambahan plastik ke dalam bitumen memberikan pengaruh yang signifikan terhadap nilai penetrasi, titik lembek dan daktilitas menggunakan aspal murni pen 60/80. Secara keseluruhan, penggunaan limbah plastik sebagai bahan aditif pada aspal menunjukkan pengaruh peningkatan mutu aspal yang lebih baik dari aspal murni. Hal itu dapat dilihat dari semua hasil percobaan reologi aspal plastik yang mendekati hasil reologi aspal polimer [3]. Pengaruh penambahan LDPE ke dalam aspal menghasilkan kinerja cara pencampuran cara basah lebih baik daripada cara kering. Hal ini disebabkan pada campuran basah, plastik yang ditambahkan seluruhnya dapat bercampur dengan aspal [6].

## 2. METODOLOGI

Terdiri dari bahan yang mencakup aspal, PET dan bahan kimia sebagai pelunak kemudian dilanjutkan dengan perencanaan campuran.

### 2.1 Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu aspal pertamina pen 60/70. Kemudian bahan lainnya yakni *Polyethylene terephthalate* (PET). PET adalah polimer sintesis termoplastik semi-kristal, yang memiliki umur panjang karena

tahan terhadap biodegradasi dan sebagai hasilnya sejumlah besar limbah PET terakumulasi. Proses daur ulang fisik, mekanik dan kimia telah dikembangkan bahkan untuk skala industri. Daur ulang secara mekanik dan fisik mempunyai kelemahan, karena itu daur ulang kimia merupakan daur ulang yang menarik di dunia [2].

### 2.2 Perencanaan campuran

Pada aspal modifikasi menggunakan Polyethylene Terephthalate (PET) proses pengerjaannya tidak bisa dicampurkan bersamaan ke dalam mixer. Karena terjadi pemisahan atau tidak homogen antara Aspal Pen 60/70 dengan PET. Maka dari itu proses pelunakan PET dengan bahan tambah Ethylen Glycol (EG). Perbandingan pencampuran antara PET:EG yakni 100 gram serbuk limbah PET : 116 ml *Ethylen Glycol*. Adapun metoda pencampuran aspal dan PET adalah sebagai berikut:

1. Timbang Serbuk PET dan EG sesuai yang direncanakan.
2. Pada Gambar 1 dan Gambar 2, dilakukan proses refluks dengan memanaskan kedua bahan untuk memudahkan PET selama lima jam agar keseluruhan bahan dan jika dibiarkan pada suhu ruangan akan mengeras kembali. Bahan hasil refluks tersebut akan mencair jika dipanaskan kembali atau menyesuaikan suhu ruang.
3. Masukkan aspal dan PET yang sudah di refluks ke dalam mixer secara bersamaan dengan kecepatan 3000rpm dalam waktu pencampuran selama satu jam, dan aspal modifikasi siap untuk diuji dan dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 1. Penjelasan ditempatkan tepat dibawah gambar



Gambar 2 .Penjelasan ditempatkan tepat dibawah gambar



Gambar 3. Penjelasan ditempatkan tepat dibawah Gambar

Pengujian masing-masing sampel pengujian dilakukan secara duplo terhadap aspal modifikasi yang telah homogen.

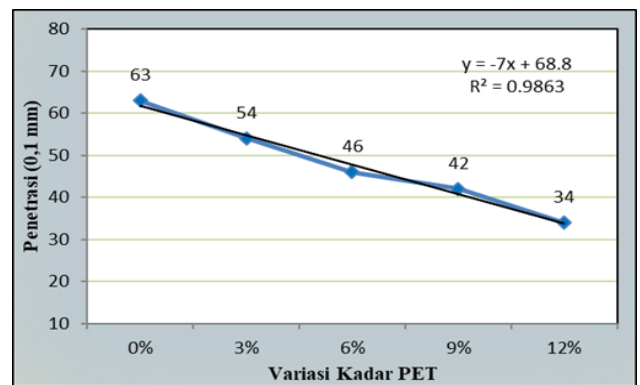
### 3. HASIL DAN ANALISIS

Penambahan PET ke dalam aspal mengindikasikan aspal tersebut memiliki sifat plastomer. Persyaratan teknis penggunaan aspal modifikasi plastomer belum ada di dalam Spesifikasi Bina Marga 2010 revisi 3. Sebagai pendekatan, persyaratan aspal modifikasi

plastomer menggunakan persyaratan aspal modifikasi elastomer yang ada pada Spesifikasi Bina Marga 2010 revisi 3. Hasil pengujian karakteristik aspal modifikasi yang ditinjau yakni penetrasi, titik lembek, daktilitas, berat jenis, titik nyala, stabilitas penyimpanan, dan viskositas kinematis untuk mengetahui sifat reologi aspal dengan penambahan PET.

#### 4.1 Penetrasi

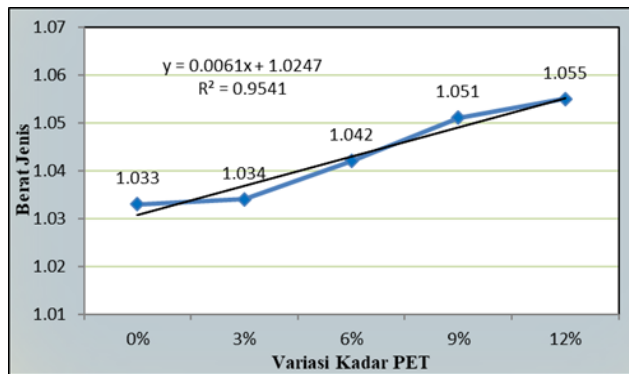
Adapun hasil pengujian penetrasi dengan penambahan polimer berupa plastik PET (Polyethylene Terephthalate) disajikan pada Gambar 4. Gambar tersebut menunjukkan adanya penambahan kadar PET menunjukkan nilai penetrasi cenderung turun dan penurunan yang terbesar terjadi pada kadar PET 12% dan tidak masuk ke dalam Spesifikasi Teknis Bina Marga 2010 revisi 3. Hal ini dikarenakan persyaratan penetrasi aspal modifikasi minimal 40. Hal ini mengindikasikan aspal akan semakin keras dengan meningkatnya persentase plastik dalam aspal. Penurunan nilai penetrasi ini sesuai dengan sifat plastik PET yang mampu untuk menurunkan nilai penetrasi dari aspal.



Gambar 4. Hubungan Variasi Kadar PET dengan Penetrasi

#### 4.2 Berat Jenis

Hasil pengujian menunjukkan dengan penambahan plastik PET, maka berat jenis campuran aspal modifikasi dengan plastik PET dari persentase 0% - 12% mempunyai nilai  $\geq 1,0$ . Hasil berat jenis untuk aspal yang dimodifikasi dan nonmodifikasi ditunjukkan pada Gambar 7, yang memperjelas adanya kenaikan dari 1.033 untuk aspal murni menjadi 1.055 untuk 15% kadar PET. Keseluruhan variasi kadar PET dengan pengujian berat jenis aspal dengan bahan tambah dan tanpa bahan tambah PET telah memenuhi Spesifikasi Teknis Bina Marga 2010 revisi 3.

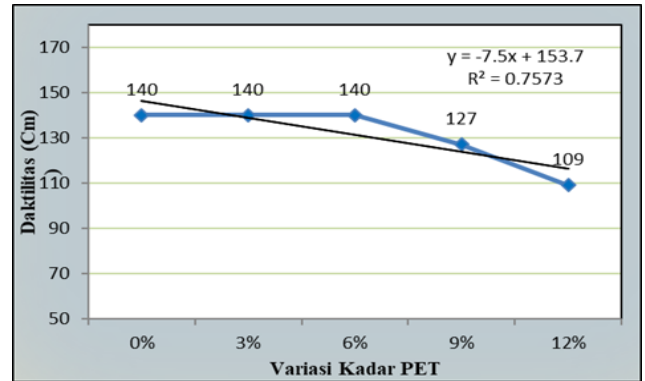


Gambar 7. Hubungan Variasi Kadar PET dengan Berat Jenis

#### 4.3 Daktilitas

Gambar 6 menunjukkan bahwa hasil penelitian yang dilakukan pada aspal modifikasi dengan penambahan polimer plastik PET (*Polyethylene Terephthalate*), dikemukakan bahwa terdapat korelasi negatif antara persentase plastik PET dengan nilai daktilitas aspal modifikasi. Hal ini terjadi karena dengan penambahan plastik PET yang semakin meningkat, maka akan menyebabkan nilai daktilitas yang semakin menurun sehingga menyebabkan penurunan kekenyalan yang dimiliki oleh aspal. Kadar aspal modifikasi plastik PET memiliki nilai daktilitas terendah dengan kadar 12% yakni 109 cm. Pengujian daktilitas aspal dengan bahan tambah dan tanpa

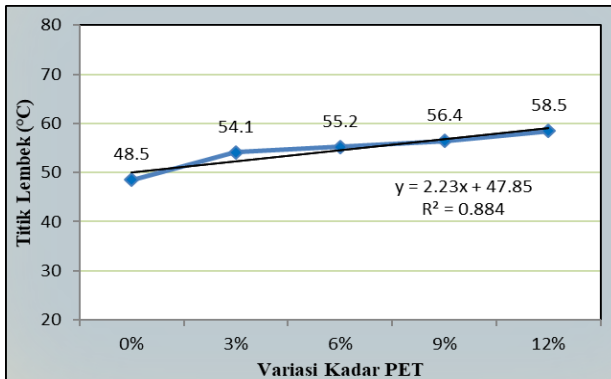
bahan tambah PET telah memenuhi spesifikasi yang ditentukan yakni  $\geq 100$  cm sesuai dengan Spesifikasi Teknis Bina Marga 2010 revisi III.



Gambar 6. Hubungan Variasi Kadar PET dengan Daktilitas

#### 4.4 Titik Lembek

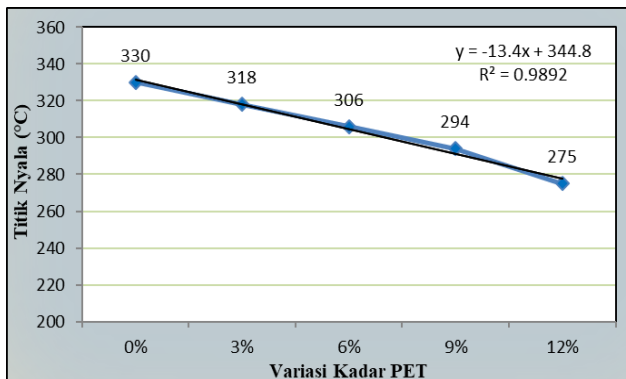
Titik lembek merupakan besarnya suhu dimana aspal mencapai derajat kelembekannya. Pengujian titik lembek ini menggunakan pencampuran antara aspal (bitumen) dengan plastik PETE/PET (*Polyethylene Terephthalate*). Aspal modifikasi dengan campuran polimer berupa plastik PETE/PET (*Polyethylene Terephthalate*) akan memiliki titik lembek yang lebih tinggi pada jumlah persentase plastik yang lebih besar. Apabila suhu titik lembek suatu bahan terlalu tinggi, maka aspal tersebut kurang peka terhadap suhu, dan aspal tersebut kurang elastis. Aplikasi suhu titik lembek di lapangan adalah sebagai acuan dalam pelaksanaan pencampuran, penghamparan dan pemadatan aspal. Properties pengujian titik lembek aspal dengan bahan tambah dan tanpa bahan tambah PET telah memenuhi spesifikasi yang ditentukan yakni  $\geq 48^{\circ}\text{C}$  (persyaratan Aspal Pen 60/70) sedangkan untuk aspal modifikasi menggunakan PET memiliki nilai min  $54^{\circ}\text{C}$  sesuai dengan Spesifikasi Teknis Bina Marga 2010 revisi 3.



Gambar 5. Hubungan Variasi Kadar PET dengan Titik Lembek

#### 4.5 Titik Nyala

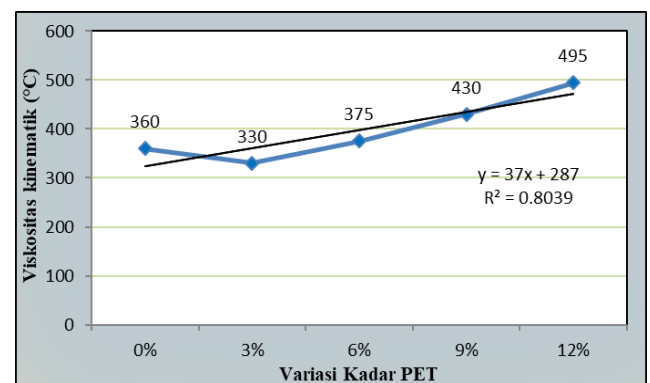
Persyaratan titik nyala aspal modifikasi maupun menggunakan aspal Pen 60/70, menurut ketentuan dari Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Divisi 6 revisi III adalah  $\geq 232^{\circ}\text{C}$ . Adapun hasil pengujian titik nyala aspal dengan tambahan plastik PET disajikan dalam Gambar 8. Dengan penambahan plastik PET yang semakin meningkat, maka akan menyebabkan penurunan nilai titik nyala pada aspal modifikasi. Penurunan nilai titik nyala pada aspal modifikasi tersebut terjadi karena plastik PET mempunyai sifat yang mudah terbakar dengan suhu yang tidak terlalu tinggi. Nilai titik nyala paling rendah pada grafik Gambar 8 berada pada aspal modifikasi PET 12 %. Dari hasil pengujian nilai titik nyala masih dalam rentan yang diisyaratkan.



Gambar 8. Hubungan Variasi Kadar PET dengan Titik Nyala

#### 4.6 Viskositas Kinematik

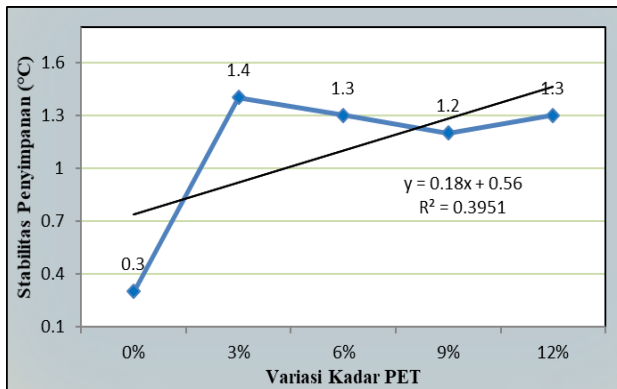
Pengujian viskositas kinematik pada aspal Pen 60/70 yang dimodifikasi dapat dilihat pada Gambar 10, menunjukkan bahwa penambahan limbah botol plastik ke dalam aspal memiliki pengaruh terhadap nilai viskositas kinematik yang dapat dihubungkan ke dalam suhu pencampuran dan suhu pemadatan. Nilai suhu pencampuran dan pemadatan dapat dilihat pada Tabel 1 yang didapat dari analisa grafik Gambar 11. Perubahan nilai yang terjadi cenderung naik berdasarkan kadar limbah botol plastik. Hal ini terjadi karena plastik mempunyai sifat *Excellent Dimension Stability* dan juga sifat *High Temperature Resistance* sehingga campuran aspal plastik menjadi lebih sulit dicairkan dan juga memiliki kekentalan yang tinggi. Nilai viskositas kinematis didapat pada masing-masing grafik pada suhu  $135^{\circ}\text{C}$  atau dapat dilihat pada Tabel 4.7 di bawah ini dan memenuhi Spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi III yakni  $\leq 300^{\circ}\text{C}$  (CSt).



Gambar 10. Hubungan Variasi Kadar PET dengan Viskositas Kinematik

#### 4.7 Stabilitas Penyimpanan

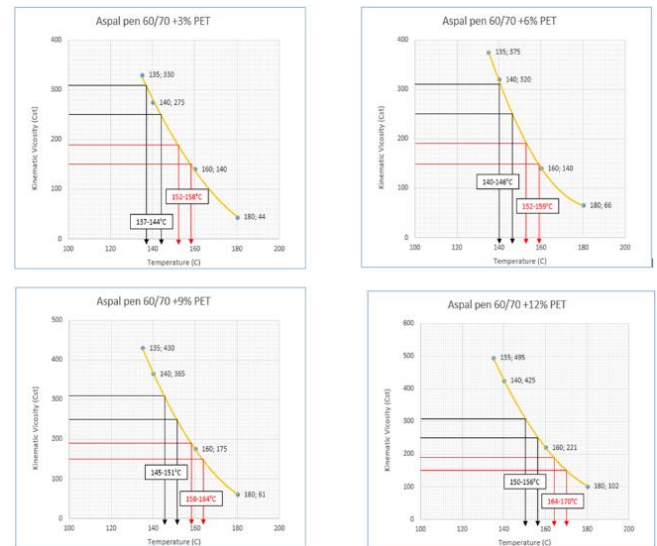
Pengujian stabilitas penyimpanan aspal plastik sangat penting untuk mengetahui homogenitas campuran aspal dengan limbah botol plastik terhadap panas. Stabilitas penyimpanan yang baik menunjukkan aspal plastik tetap homogen dan tidak banyak terdegradasi yang ditandai dengan relatif seragamnya titik lembek selama penyimpanan. Aspal modifikasi dengan persentasi limbah plastik 0% memiliki stabilitas penyimpanan paling rendah karena aspal Pen 60/70 sudah dirancang untuk lebih tahan lama oleh pihak PT. Pertamina. Pada Gambar 9 dapat dilihat secara keseluruhan aspal modifikasi menggunakan PET sudah memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Divisi 6 revisi III yakni  $\leq 2,2^{\circ}\text{C}$ .



Gambar 9. Hubungan Variasi Kadar PET dengan Stabilitas Penyimpanan

Jenis Aspal	Suhu Pemasatan (°C)		Suhu Campuran (°C)	
	Min	Max	Min	Max
Aspal Pen 60/70 + PET 0%	139	144	151	157
Aspal Pen 60/70 + PET 3%	137	144	152	158
Aspal Pen 60/70 + PET 6%	140	146	152	159
Aspal Pen 60/70 + PET 9%	145	151	158	164
Aspal Pen 60/70 +PET 12%	150	156	164	170

Tabel 1. Suhu Pemasatan dan Pencampuran Aspal + PET



Gambar 11. Hubungan Viskositas Kinematis terhadap Suhu Pencampuran dan Suhu Pemasatan

Dari Tabel 2 dapat disimpulkan bahwa aspal modifikasi dengan penambahan plastik maksimum sebesar 12% adalah aspal modifikasi yang memenuhi persyaratan terhadap nilai berat jenis, titik lembek, titik nyala, daktilitas, stabilitas penyimpanan serta viskositas kinematik sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Divisi 6 revisi 3. Sedangkan hasil pengujian maksimum kadar PET 12% tidak memenuhi persyaratan. Penelitian sebelumnya telah dilakukan dengan menggunakan aspal 80/100 dengan meningkatnya kadar PET akan menurunkan nilai penetrasi aspal dan daktilitas sedangkan nilai titik lembek aspal akan meningkat. [1]

Tabel 2. Karakteristik aspal modifikasi plastik PET

Pengujian	Persyaratan	Kadar PET (%)				
		0%	3%	6%	9%	12%
Penetrasi (0,1 mm)	Min .40	63	54	46	42	34
Titik Lembek (°C)	≥54	48.5	54.1	55.2	56.4	58.5
Daktilitas (cm)	≥ 100	140	140	140	127	109
Berat Jenis	≥ 1.0	1.03	1.03	1.04	1.05	1.06
Titik Nyala (°C)	≥ 232	330	318	306	294	275
Stabilitas penyimpanan (°C)	≤ 2.2	0.3	1.4	1.3	1.2	1.3
Viskositas Kinematis (°C)	≤ 3000	360	330	375	430	495

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian karakteristik aspal modifikasi menggunakan PET, diperoleh beberapa kesimpulan dan saran sebagai berikut:

- Secara keseluruhan, sifat atau karakteristik aspal modifikasi dengan penambahan PET menunjukkan hasil yang dapat diterima dan memenuhi syarat kecuali hasil pengujian penetrasi kadar PET 12%. Oleh sebab itu, penggunaan aspal modifikasi menggunakan PET hanya dapat digunakan pada kadar optimum 9%.
- Tinjauan yang dapat dilakukan selanjutnya adalah mengganti jenis aspal Pen 60/70 dengan aspal lain untuk membandingkan karakteristik aspal modifikasi serta memahami pengaruh akibat penambahan PET.
- Perlu adanya analisis kimia yang dilakukan antara pencampuran aspal Pen 60/70 terhadap PET untuk mengetahui unsur-unsur apa saja yang terkandung atau yang lebih mendominasi.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih ditujukan kepada UPPM POLBAN yang telah memberikan sumbangsih

dana dalam melaksanakan penelitian ini dan kepada Puslitbang Jalan dan Jembatan yang telah membantu penelitian ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad M., Ayob Bin M. (2015). Improvement Of Road Pavement Infrastructure By Using Polyethylen Terephthalate and Polypropylene. *The IIER International Conference, Singapore, 25<sup>th</sup> April 2015*
- Mujiarto, I., 2005, Sifat dan Karakteristik Material Plastik dan Bahan Aditif, Traksi Vol.3. No. 2, Desember 2005.
- Permana, Reza. Imam 2009. Studi Sifat-sifat Reologi Aspal yang Dimodifikasi Limbah Tas Plastik. *Simposium XII FSTPT, Universitas Kristen Petra Surabaya*, 16-17 Oktober 2009.
- Soandrijanie dkk. 2014. Pengaruh Plastik Polyethylene Terephthalate pada HRS-WC, *Konferensi Nasional Teknik Sipil (KoNTekS8)*, Institut Teknologi Nasional-Bandung, 16-18 Oktober 2014.

- [5] Spesifikasi Teknis Bina Marga Tahun 2010 Revisi III, Divisi VI. Tentang Perkerasan Aspal.
- [6] Suroso, T.W. (2004). Pengaruh Penambahan Plastik Cara basah dan Cara

Kering terhadap Kinerja Campuran Beraspal, *Puslitbang Jalan dan Jembatan*, Bandung.