

STUDI SIFAT-SIFAT REOLOGI ASPAL YANG DIMODIFIKASI LIMBAH TAS PLASTIK

Rezza Permana, ST.
Peneliti
Institut Teknologi Nasional
Jl. PHH Mustapa 23 Bandung
Telp. 022 727 2215 ; Facs 022 7202892
E-mail : edelweiss_pirates@yahoo.co.id

DR. Ir. Imam Aschuri, MSc
Staf Pengajar/Peneliti
Institut Teknologi Nasional
Jl. PHH Mustapa 23 Bandung
Telp. 022 727 2215 ; Facs 022 7202892
E-mail : aschuri@itenas.ac.id

Abstrak

Salah satu usaha mengurangi kerusakan jalan akibat beban yang berlebih (*overloading*) adalah menaikkan mutu campuran beraspal melalui peningkatan mutu aspal (*bitumen*). Untuk meningkatkan mutu aspal dapat dilakukan dengan menambahkan bahan aditif seperti polimer, tetapi harga polimer di Indonesia masih relatif mahal. Penggunaan limbah tas plastik bekas sebagai bahan aditif dalam meningkatkan mutu aspal merupakan usaha inovatif dalam material perkerasan jalan dan juga dapat mengurangi kerusakan lingkungan akibat limbah plastik. Penelitian ini dilakukan dengan cara menambahkan limbah plastik ke dalam bitumen untuk menaikkan mutu aspal. Tujuan penelitian adalah mengetahui pengaruh limbah plastik sebagai aditif terhadap sifat reologi aspal. Aspal murni pen 60/80 dan persentase penambahan plastik ke dalam bitumen sebesar 0,5%, 1%, 2% dari berat aspal. Pengujian yang dilakukan pada studi ini adalah penetrasi, berat jenis, daktilitas, viskositas, kehilangan berat dan penetrasi setelah kehilangan berat. Hasil uji aspal plastik menunjukkan bahwa limbah plastik memberikan pengaruh yang signifikan terhadap penetrasi, titik lembek dan nilai daktilitas. Secara keseluruhan, penggunaan limbah plastik sebagai bahan aditif pada aspal menunjukkan pengaruh peningkatan mutu bitumen lebih baik dari aspal murni. Pada umumnya hasil uji sifat reologi aspal mendekati persyaratan aspal polimer.

Kata Kunci : Reologi Aspal, modifikasi, limbah plastik.

1 PENDAHULUAN

Jalan – jalan di Indonesia keadaannya sangat bervariasi, dari keadaan baik, sedang, dan rusak. Berdasarkan data Departemen Pekerjaan Umum (DPU), panjang jalan nasional di Pantura Jawa sejauh 1.297 km misalnya, dari jumlah itu, hanya 35,7% dalam kondisi baik, 53,96% dalam kondisi sedang, dan 10,34% masih rusak. Keadaan jalan tersebut dipengaruhi oleh beban lalu lintas yang lewat di atasnya. Kendaraan yang membawa muatan berlebih seperti yang terjadi di sepanjang jalur Pantai Utara Jawa (Pantura) dapat menyebabkan jalan rusak sebelum umur pelayanan dicapai. Setiap tahunnya pemerintah mengeluarkan triliunan rupiah untuk memperbaiki kerusakan jalan tersebut.

Salah satu usaha mengurangi kerusakan jalan akibat beban yang berlebih adalah menaikkan mutu campuran beraspal dengan cara memperbaiki atau meningkatkan mutu aspal (*bitumen*). Untuk meningkatkan mutu aspal dapat dilakukan dengan menambahkan limbah plastik ke dalam aspal atau menambahkan polimer, tetapi harga polimer di Indonesia masih relatif mahal. Aspal sendiri merupakan bahan pengikat yang memegang peranan penting dalam kuat tidaknya suatu campuran beraspal. Penggunaan plastik sebagai bahan aditif dalam meningkatkan mutu aspal didasari oleh tersedianya limbah plastik yang sangat melimpah di Indonesia, sehingga selain meningkatkan mutu bitumen penggunaan limbah plastik juga dapat mengurangi kerusakan lingkungan akibat limbah.

Maksud dan tujuan penelitian ini adalah untuk studi awal mengetahui sejauh mana penggunaan plastik sebagai pengganti polimer dapat meningkatkan kemampuan bitumen dalam campuran beraspal, sedangkan tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh

limbah plastik terhadap sifat *reologi* aspal. Diharapkan hasil penelitian ini juga untuk dapat mencari bahan aditif murah pada campuran beraspal sehingga penggunaan aspal mutu tinggi yang selalu diimpor dapat direduksi penggunaannya.

2 ASPAL

Aspal adalah material yang pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat, dan bersifat termoplastis. Jadi, aspal akan mencair jika dipanaskan sampai temperatur tertentu, dan kembali membeku jika temperatur turun. Aspal didefinisikan sebagai material perekat (*cementitious*), berwarna hitam atau coklat tua, dengan unsur utama bitumen. Bitumen adalah zat perekat (*cementitious*) berwarna hitam atau coklat tua, yang dapat diperoleh di alam ataupun sebagai hasil produksi.

Jenis aspal berdasarkan tempat diperolehnya dapat dikelompokkan kedalam aspal alam, aspal minyak dan aspal modifikasi sedangkan jenis aspal yang didasarkan aspal minyak berdasar dasar aspal dapat dikelompokkan dalam aspal cair dan aspal keras. Aspal modifikasi dibedakan aspal polimer *plastomer* dan aspal polimer *elastomer*. Persyaratan aspal polimer dapat lihat dalam Tabel 1

Tabel 1 Persyaratan Aspal Polimer (DPU, 2007)

No.	Jenis Pengujian	Metode	Persyaratan
1	Penetrasi, 25 °C, 100 gr, 5 detik; 0,1 mm	SNI 06-2456-1991	50 - 80
2	Titik Lembek; °C	SNI 06-2434-1991	Min 54
3	Daktalitas, 25 °C; cm	SNI 06-2432-1991	Min 50
4	Berat jenis	SNI 06-2441-1991	Min. 1,0
5	Viskositas	ASTM D 88 – 91
6	Kehilangan Berat ; berat	SNI 06-2440-1991	Max. 1,0
7	Penetrasi setelah penurunan berat; % asli	SNI 06-2456-1991	Max 40

2.1. Sifat Kimia Aspal

A. Aspalten

Aspalten adalah unsur kimia aspal yang padat yang tidak larut dalam n-penten. *Aspalten* berwarna coklat sampai hitam yang mengandung karbon dan hidrogen dengan perbandingan 1 : 1. Molekul *aspalten* memiliki ukuran 5-30 nano meter.

B. Malten

Malten adalah unsur kimia yang terdapat di aspal selain *aspalten*. Unsur *malten* dapat dibagi lagi menjadi:

1. *Resin*, di dalam aspal *resin* berfungsi sebagai zat pendispersi *aspalten*. Sifat aspal, SOL (larutan) atau GEL (jelli), sangat ditentukan oleh proporsi kandungan *resin* didalam *aspalten* yang terdapat di dalam aspal tersebut.

2. Aromatik, adalah unsur pelarut *aspalten* yang paling dominan di dalam aspal. Aromatik terdiri dari rantai karbon yang bersifat non-polar yang didominasi oleh unsur tak jenuh dan memiliki daya larut yang tinggi terhadap molekul hidrokarbon.

Saturated, adalah bagian molekul *malten* yang berupa minyak kental yang berwarna putih atau kekuning-kuningan yang bersifat non-pola

2.2. Sifat Fisik Aspal

Sifat fisik aspal sangat berpengaruh terhadap perencanaan, produksi, dan kinerja campuran beraspal antara lain adalah :

- Durabilitas, kemampuan aspal untuk menghambat laju penuaan disebut durabilitas aspal.
- Adhesi dan kohesi, adhesi adalah kemampuan aspal untuk melekat satu sama lainnya, dan kohesi adalah kemampuan aspal untuk melekat dan mengikat agregat. Sifat adhesi dan kohesi sangat berpengaruh terhadap kinerja dan durabilitas campuran.
- Kepekaan aspal terhadap temperature, pengetahuan tentang kepekaan aspal terhadap temperatur sangat penting dalam pembuatan campuran dan perkerasan beraspal. Pengetahuan ini berguna untuk mengetahui pada temperatur berapa aspal dan agregat dapat dicampur dan dipadatkan. Kepekaan aspal tersebut dinyatakan dengan Indeks Penetrasinya (IP) yang berkisar antara -3 sampai 7. Indeks Penetrasi dapat dihitung dengan menggunakan Rumus berikut ini.

$$\frac{20 - PI}{10 + PI} = 50 \frac{\log Pen_{R\&B} - \log Pen_{25^{\circ}C}}{T_{R\&B} - 25}$$

Dengan :

PI= indeks penetrasi

$T_{R\&B}$ = temperatur titik lembek aspal, °C

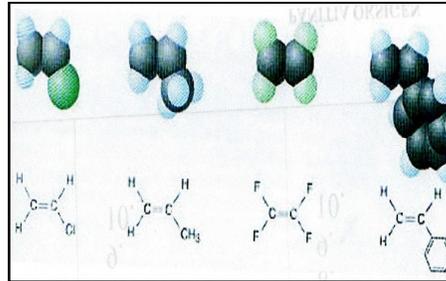
Pen 25 °C= nilai penetrasi pada suhu 25 °C,

$Pen_{R\&B}$ = nilai penetrasi pada suhu $T_{R\&B}$

- Pengerasan dan penuaan, penuaan aspal disebabkan oleh dua faktor utama, yaitu penguapan fraksi minyak ringan yang terkandung dalam aspal dan oksidasi (Penuaan jangka panjang dan jangka pendek). Dua faktor utama penuaan tersebut menyebabkan terjadinya pengerasan pada aspal dan akan meningkatkan kekakuan campuran beraspal sehingga akan mempengaruhi kinerja campuran beraspal. Peningkatan kekakuan tersebut akan meningkatkan ketahanan campuran beraspal terhadap deformasi permanen dan kemampuan menyebarkan beban, tetapi kekakuan juga mengakibatkan campuran beraspal menjadi lebih getas sehingga akan cepat retak.

3. PLASTIK

Polimer atau dalam perdagangan dikenal dengan nama plastik adalah gugusan molekul yang terdiri dari banyak monomer seperti terlihat pada Gambar 1. Polimer didefinisikan sebagai molekul panjang yang mengandung rantai dari atom yang disatukan dengan ikatan kovalen.



Gambar 1 Contoh monomer (<http://www.wikipedia.com>)

Polimer umumnya diklasifikasikan menjadi beberapa kelompok antara lain atas dasar jenis monomer, asal, sifat termal, dan reaksi pembentukannya.

A. Klasifikasi Polimer Berdasarkan Jenis Monomernya

Homopolimer dan Kopolimer

B. Polimer Berdasarkan Asalnya

Polimer alam dan Polimer Sintetis

C. Polimer Berdasarkan Sifat Thermalnya

1. Thermoplas

Plastik adalah salah satu bentuk polimer yang sangat berguna dalam kehidupan sehari-hari. Beberapa plastik memiliki sifat-sifat khusus, antara lain lebih mudah larut pada pelarut yang sesuai, pada suhu tinggi akan lunak, tetapi akan mengeras kembali jika didinginkan dan struktur molekulnya linier atau bercabang tanpa ikatan silang antar rantai. Proses melunak dan mengeras ini dapat terjadi berulang kali.

2. Thermoset

Plastik-plastik thermosetting biasanya bersifat keras karena mereka mempunyai ikatan-ikatan silang. Plastik thermoset menjadi lebih keras ketika dipanaskan karena panas itu menyebabkan ikatan-ikatan silang lebih mudah terbentuk. Bakelit, poli (melamin formaldehida) dan poli (urea formaldehida) adalah contoh polimer ini.

Perbedaan sifat-sifat plastik termoplas dan thermoset disimpulkan pada Tabel 2.

D. Polimer Berdasarkan Reaksi Pembentuk:

Polimerisasi Adisi dan Polimerisasi Kondensasi

Tabel 2 Perbedaan plastik termoplas dan plastik thermoset

Plastik termoplas	Plastik thermoset
Mudah diregangkan	Keras dan rigid
Fleksibel	Tidak fleksibel
Melunak jika dipanaskan	Mengeras jika dipanaskan
Titik leleh rendah	Tidak meleleh jika dipanaskan
Dapat dibentuk ulang	Tidak dapat dibentuk ulang

Tas plastik atau kantong plastik yang sering kita jumpai dipasaran biasanya tergolong jenis HDPE. HDPE adalah biji plastik yang termasuk dalam kelompok *thermoplastik*, dimana biji plastik ini merupakan polymer, yaitu reaksi kimia dimana massa molekulnya terbentuk dari monomer atau biasa dikenal dengan polymerization. Sifat-sifat dari plastik jenis HDPE adalah sebagai berikut:

1. *High Density*, dimana berat jenis HDPE adalah tertinggi dikelompok polyethylene yaitu 0,96 g/cm³ dan *melt flow* yang dihasilkan juga besar yaitu 0,28 g/10 mnt.
2. *High Temperatur Resistance*, karena temperatur leleh dari HDPE cukup tinggi, yaitu 130°C sehingga tahan terhadap panas.
3. *Chemical Resistance*, HDPE termasuk plastik yang tahan terhadap berbagai macam zat kimia, sehingga banyak sekali dalam pembuatan kemasan untuk bahan kimia atau yang mengandung unsur kimia menggunakan HDPE. Salah satu contohnya adalah pail cat.
4. *Excellent Dimensional Stability*, yaitu mampu dibentuk dan tidak akan mengalami perubahan setelah selesai dibentuk.
5. *High Gloss or Matte*, memiliki permukaan yang halus sehingga tidak perlu adanya finising pada permukaan setelah dibuat untuk suatu produk.

Sedangkan sifat mekanik dari HDPE adalah *High Yield Strength*, HDPE termasuk bahan yang memiliki *yield strength* yang tinggi, mampu menahan beban yang berat namun tetap elastis.

4. METODOLOGI PENELITIAN

Aspal yang digunakan dibedakan menjadi dua, yaitu aspal murni dan aspal modifikasi. Aspal modifikasi yang digunakan merupakan aspal pen 60/80 murni yang ditambahkan dengan tas plastik bekas jenis HDPE. Pemeriksaan aspal pen 60/80 sebagai bahan dasar dari penelitian aspal campuran plastik harus memenuhi standar yang telah ditetapkan. Standar yang telah ditetapkan dapat dilihat dalam Tabel 3.

Tabel 3. Standar Pengujian Aspal Pen 60/80 (DPU, 2007)

No.	Jenis Pengujian	Metode	Persyaratan
1	Penetrasi, 25 °C, 100 gr, 5 detik; 0,1 mm	SNI 06-2456-1991	60 - 79
2	Titik Lembek; °C	SNI 06-2434-1991	48 - 58
3	Daktilitas, 25 °C; cm	SNI 06-2432-1991	Min 100
4	Berat jenis	SNI 06-2441-1991	Min. 1,0
5	Viskositas	ASTM D 88 – 91
6	Kehilangan Berat ; berat	SNI 06-2440-1991	Max 0,8
7	Penetrasi setelah penurunan berat; % asli	SNI 06-2456-1991	Min 54

Plastik HDPE yang akan digunakan dipotong-potong sebesar ± 2 cm², banyaknya plastik HDPE yang ditambahkan ke dalam aspal pen 60/80 adalah 0,5%, 1%, dan 2% dari berat aspal, metode pencampuran antara aspal dengan plastik adalah :

1. Aspal dipanaskan dengan kompor biasa sampai suhu 140 °C sehingga aspal menjadi cair.
2. Timbang aspal dan plastik sesuai dengan yang direncanakan.
3. Masukkan aspal dan plastik kedalam *mixer* bersamaan, kemudian aduk dengan kecepatan 1200 rpm dan panaskan sampai suhu 170 °C.

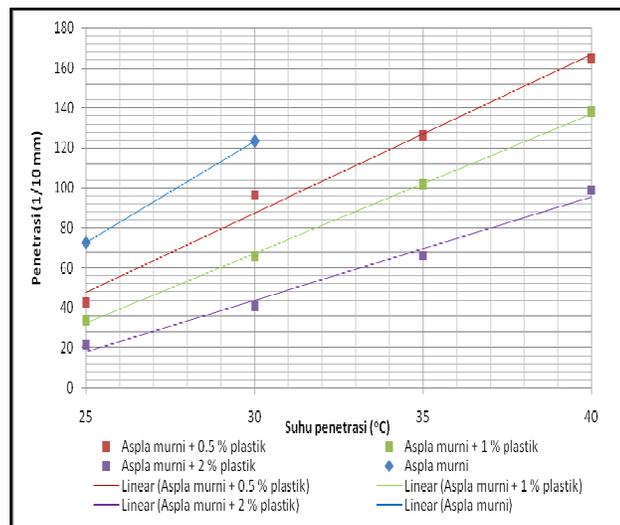
- Setelah aspal plastik mencapai suhu 170 °C selama 30 menit, suhu diturunkan menjadi 150 °C. Masukkan *HYDROGEN PEROXIDUM* 50% secara perlahan-lahan sebanyak kadar plastik yang dicampurkan ke dalam aspal (Gambar 3.3).
- Setelah semua *HYDROGEN PEROXIDUM* dimasukkan kemudian diaduk selama 10 menit, dan aspal siap untuk diteliti sifat reologinya.

Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini untuk mengetahui sifat reologi aspal asli dan modifikasi adalah Penetrasi, Titik Lembek, Titik Nyala dan Titik bakar, Berat Jenis, Daktilitas, Viskositas kinematik dan Penetrasi Setelah Kehilangan Berat.

5. ANALISIS DATA

5.1. Penetrasi

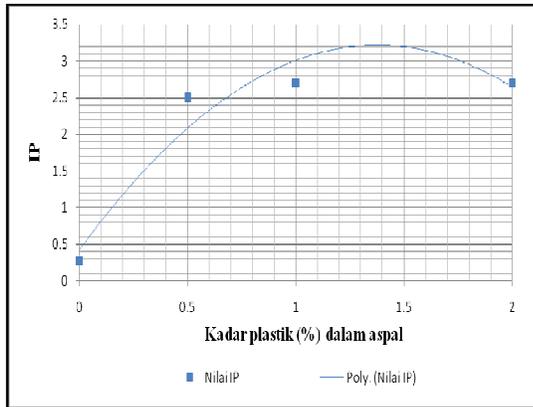
Hasil pengujian penetrasi untuk aspal asli dan modifikasi dengan variasi % tas plastik bekas dengan variasi suhu pengujian dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 2. Hubungan angka penetrasi dengan kadar plastik.

Gambar 2 menunjukkan bahwa penambahan plastik kedalam aspal (bitumen) memiliki pengaruh yang signifikan terhadap nilai penetrasi aspal. Perubahan nilai penetrasi yang terjadi cenderung turun, penurunan terbesar terjadi pada penambahan plastik sebesar 2 %. Hal ini terjadi karena plastik yang termasuk dalam polimer jenis HDPE merupakan bahan yang memiliki sifat mekanik *yield strength* yang tinggi, yaitu mampu menahan beban yang berat namun tetap elastis.

Nilai penetrasi sangat menentukan dalam mendapatkan nilai IP (*index penetration*). IP adalah parameter yang digunakan dalam menentukan kepekaan aspal terhadap temperatur, sehingga umur aspal untuk menjadi retak/mengeras dapat ditentukan. Nilai IP dapat dihitung dengan menggunakan Rumus 2.1. Hubungan nilai IP dengan kadar plastik dapat dilihat pada gambar di bawah ini

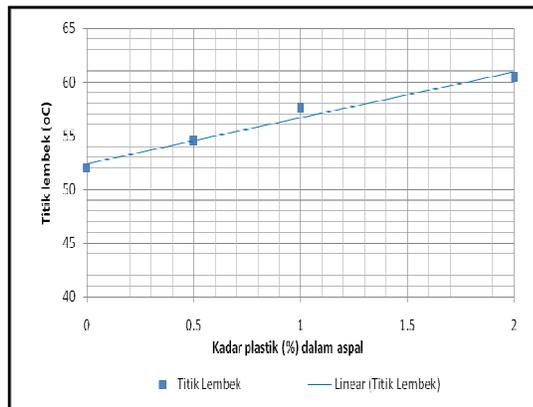


Gambar 3. Hubungan angka Indeks Penetrasi dengan kadar plastik.

Dari Gambar 3. menunjukkan bahwa kadar plastik 1,5% memberikan pengaruh yang positif yaitu kepekaan terhadap suhu menjadi rendah.

5.2. Titik Lembek

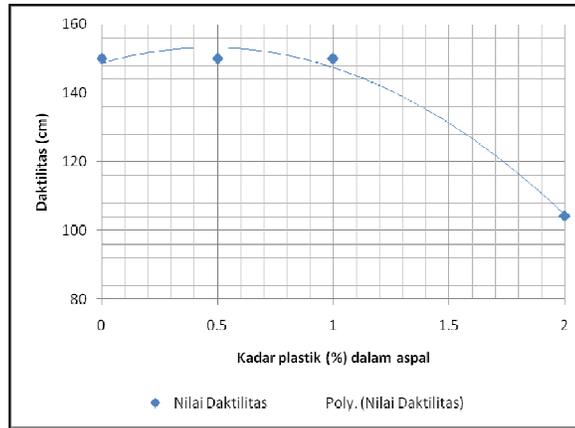
Dari Gambar 4. terlihat bahwa penambahan plastik kedalam aspal (bitumen) memiliki pengaruh besar terhadap nilai titik lembek. Perubahan nilai titik lembek yang terjadi cenderung naik, kenaikan terbesar terjadi pada penambahan plastik sebesar 2 %. Hal ini terjadi karena plastik mempunyai sifat *High Temperatur Resistance*, sehingga tahan panas sampai suhu 120 °C



Gambar 4. Hubungan titik lembek dengan kadar plastik.

5.3. Daktilitas

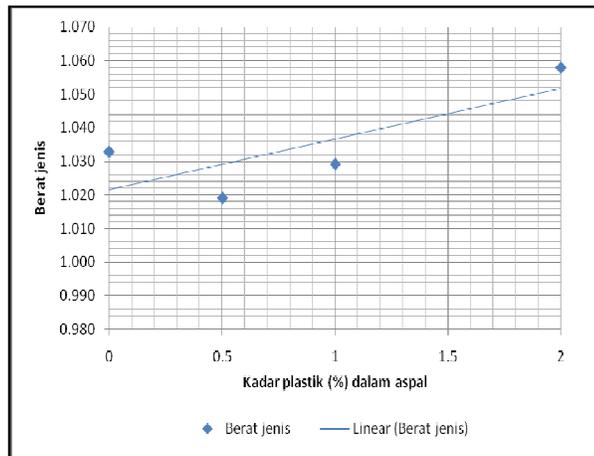
Dari Gambar 5 terlihat bahwa penambahan plastik kedalam aspal (bitumen) memiliki pengaruh besar terhadap nilai daktilitas. Perubahan nilai daktilitas yang terjadi cenderung turun, penurunan terbesar terjadi pada penambahan plastik sebesar 2 %. Hal ini terjadi karena plastik mempunyai sifat *Excellent Dimension Stability*, yaitu mampu dibentuk dan tidak akan mengalami perubahan bentuk setelah selesai dibentuk.



Gambar 5. Hubungan daktilitas dengan kadar plastik.

5.4 Berat Jenis

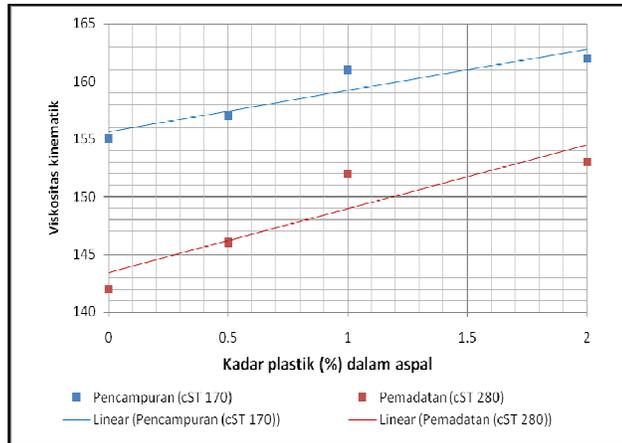
Gambar 6 menunjukkan bahwa penambahan plastik kedalam aspal (bitumen) memiliki pengaruh besar terhadap nilai berat jenis. Perubahan nilai berat jenis yang terjadi cenderung naik berdasarkan kadar plastik, tetapi pada penambahan plastik sebesar 0.5% dan 1 % dari berat aspal berat jenis campuran berada dibawah berat jenis aspal murni sedangkan penambahan plastik sebesar 2% ke atas menyebabkan berat jenisnya lebih besar dari pada berat jenis aspal murni.



Gambar 6. Hubungan berat jenis dengan kadar plastik.

5.5 Viskositas kinematik

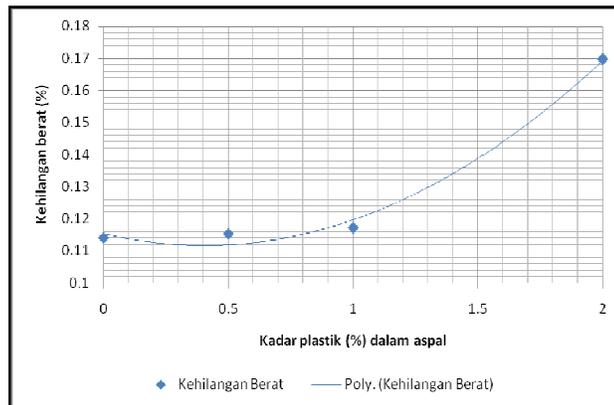
Hasil uji viskositas kinematik pada aspal asli dan modifikasi dapat dilihat pada Gambar 4.6 Dari Gambar 7 menunjukkan bahwa penambahan plastik kedalam aspal (bitumen) memiliki pengaruh besar terhadap nilai viskositas kinematik (suhu pencampuran dan suhu pematatan). Perubahan nilai yang terjadi cenderung naik berdasarkan kadar plastik, hal ini dapat terjadi karena plastik mempunyai sifat *Excellent Dimension Stability* dan juga sifat *High Temperatur Resistance* sehingga campuran aspal plastik menjadi lebih sulit dicairkan dan juga memiliki kekentalan yang tinggi.



Gambar 7. Hubungan viskositas kinematik dengan kadar plastik.

5.6 Kehilangan Berat

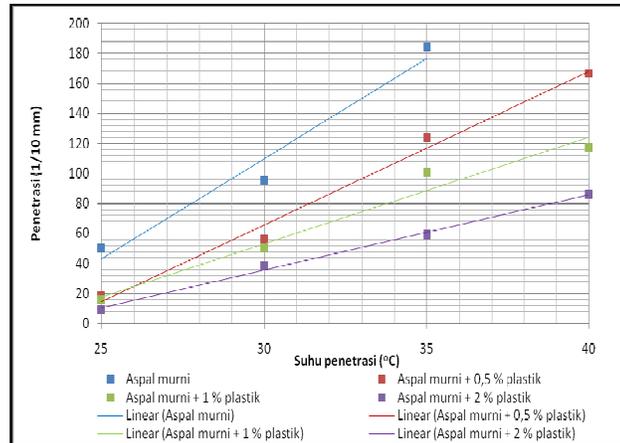
Dari Gambar 8 terlihat bahwa penambahan plastik kedalam aspal (bitumen) memiliki pengaruh besar terhadap nilai kehilangan berat. Kehilangan berat yang terjadi dikarenakan adanya zat-zat yang masih bisa menguap sewaktu pemanasan terjadi baik yang berasal dari aspal ataupun dari plastik. Kehilangan berat juga dapat dipengaruhi oleh sering atau lamanya pemanasan yang dilakukan sebelum pengujian dilakukan



Gambar 8. Hubungan kehilangan berat dengan kadar plastik.

5.7 Penetrasi Setelah Kehilangan Berat

Dari Gambar 9 terlihat bahwa penambahan plastik kedalam aspal (bitumen) memiliki pengaruh besar terhadap nilai penetrasi aspal. Perubahan nilai penetrasi yang terjadi cenderung turun, penurunan terbesar terjadi pada penambahan plastik sebesar 2 %. Penetrasi setelah kehilangan berat mempunyai nilai yang lebih kecil bila dibandingkan dengan nilai penetrasi sebelum kehilangan berat dengan kadar penambahan plastik yang sama. Hal ini disebabkan karena seringnya benda uji mengalami pemanasan dalam suhu tinggi dalam waktu yang lama sehingga setelah benda uji dingin maka benda uji semakin keras.



Gambar 9. Hubungan angka penetrasi setelah kehilangan berat dengan kadar plastik dan suhu penetrasi.

6. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium dan analisis hasil pengujian aspal pen 60/80 dan modifikasi terhadap sifat *reologi* aspal dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada prinsipnya penggunaan limbah plastik sebagai bahan pengganti polimer dalam aspal pen 60/80 cukup berhasil. Hal ini dapat dilihat dari semua hasil percobaan *reologi* aspal plastik yang mendekati hasil *reologi* aspal polimer,
2. Penambahan limbah plastik terhadap aspal pen 60/80 memberikan perubahan terhadap sifat *reologi* aspal, seperti :
 - a. Penambahan plastik ke dalam aspal murni pen 60/80 mengakibatkan menurunnya nilai penetrasi
 - b. Penambahan plastik ke dalam aspal murni pen 60/80 mengakibatkan naiknya nilai titik lembek aspal yang membuat aspal menjadi lebih tahan terhadap perubahan suhu dan cuaca.
 - c. Penambahan plastik ke dalam aspal murni pen 60/80 mengakibatkan naiknya nilai viskositas yang mengakibatkan kesulitan dalam pengerjaan aspal dilapangan (*workability*).
3. Dengan mempertimbangkan persyaratan kinerja aspal bahwa kinerja fisik ditentukan berdasarkan parameter-parameter viskositas, penetrasi dan titik lembek, maka dapat disimpulkan bahwa secara umum penambahan plastik ke dalam aspal dapat meningkatkan kinerja aspal.

DAFTAR PUSTAKA

- 1) Debrina, D, 2005, "*Studi penggunaan Lateks Pada Aspal Sebagai Campuran Lapisan Permukaan Aspal Porus*", (Skripsi), Itenas, Bandung.
- 2) Departemen Pekerjaan Umum, 2007, Badan Penelitian Dan Pengembangan Permukiman Dan Prasarana Wilayah, Pusat Penelitian Dan Pengembangan Prasarana Transportasi, "Spesifikasi Umum Jalan dan Jembatan "
- 3) Sukirman, S., 2003, "*Beton Aspal Campuran Panas*", Granit, Jakarta.
- 4) Sukirman, S., 2006, "*Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur*", Itenas, Bandung.
- 5) Sukirman, S., 2005, "*Panduan Praktikum Material Perkerasan Jalan*", Itenas, Bandung.