

## KAJIAN KARAKTERISTIK PENGARUH CAMPURAN ASPAL DENGAN BAN BEKAS MENGGUNAKAN METODA PENGUJIAN BINA MARGA

Oleh:

Anggun Pratiwi JF<sup>1</sup>, Misbah<sup>2</sup> dan Randa Yulistira<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup> Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Padang

<sup>3</sup> Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Padang

E-mail: [pratiwijf@gmail.com](mailto:pratiwijf@gmail.com)

Dikirim :10 April 2018

Direvisi: 15 Juni 2018

Diterima :18 Juli 2018

### Abstrak

Jalan raya merupakan prasarana transportasi yang berperan strategis dalam bidang sosial, ekonomi, budaya dan hankam. Jalan melayani 80-90% dari seluruh angkutan barang dan orang. Sehingga pembangunan prasarana transportasi jalan raya merupakan sektor pembangunan yang diprioritaskan. Jenis konstruksi perkerasan jalan pada umumnya adalah perkerasan lentur dan perkerasan kaku. Konstruksi perkerasan lentur adalah jenis konstruksi yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat dan banyak digunakan saat ini, di Indonesia, khususnya wilayah provinsi Sumatera Barat setiap tahunnya mengalami peningkatan jumlah kendaraan. Maka dari itu, jalan yang ada di provinsi Sumatera Barat seharusnya lebih ditingkatkan, baik dalam bentuk kapasitas atau pun dari perkerasannya. Metoda yang digunakan untuk menentukan karakteristik Aspal berdasarkan Spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 3 yaitu, penetrasi, titik nyala, titik lembek, kehilangan berat, daktilitas dan berat jenis. Hasil penelitian pada pengujian penetrasi, titik lembek, titik nyala, daktilitas dan berat jenis mengalami peningkatan secara signifikan dalam pengujian yang telah dilakukan tersebut, sehingga didapat kesimpulan sebagai berikut: Penambahan limbah ban bekas pada presentase 5% dengan durasi pengadukkan 60 menit pada pengujian penetrasi secara keseluruhan meningkatkan nilai penetrasinya. Pada pengujian berat jenis penambahan limbah ban bekas presentase 20%, 15%, 10%, dan 5% dengan aspal meningkatkan nilai berat jenisnya. Presentase pencampuran aspal dengan limbah ban bekas 20%, 15%, dan 10% meningkatkan nilai titik lembeknya menjadi di atas nilai maksimum titik lembek aspal yaitu 56°C. Hasil dari pengujian berat kehilangan aspal pada presentase limbah ban 20%, 15%, 10%, dan 5% masih dibawah nilai maksimum dari standar persyaratan aspal keras dari Bina Marga dengan nilai maksimum 0,4% dari beratnya. Sehingga hasil pengujian yang dilakukan masih memenuhi syarat untuk syarat aspal keras. Hasil pengujian daktilitas dengan pencampuran limbah ban bekas dengan aspal meningkatkan nilai daktilitasnya sehingga aspal tersebut tidak daktail. Hasil dari pengujian titik nyala dengan menambahkan limbah ban bekas meningkatkan nilai dari titik nyala nya.

**Kata Kunci :** Aspal, Ban Bekas

Highway is infrastructure of transportation that plays the strategic role in the social field, economy, defense and security. The road serves 80-90 % of all the transportation of commodity and people. So that, the construction infrastructure of highway transportation is the priority sector of development. The type of the road pavement in general are flexible pavement and rigid pavement. The construction of flexible pavement is the type of construction used asphalt as the binder and widely used nowadays. In Indonesia, especially in the West Sumatra province every year increase the number of vehicles. Therefore, the road that exist in the West Sumatra province should be improved in terms of capacity and pavement. The method used to determining the asphalt characteristic based on specification of Bina Marga revision 3 are penetration, flash point, soft point, losing weight, ductility and specific gravity. The results of research on testing the penetration, soft point, losing weight, flash point, ductility, and specific gravity has the significantly increased by the testing that already done. So that, the conclusions obtained as follows: the addition of the waste of second hand tires on 5 % percentages with 60 minutes of stirring duration on the testing of penetration overall increases the value of penetration. On the testing of specific gravity the addition waste of the second hand tires 20 %, 15 %, 10 % and 5 % percentages with asphalt increases the specific gravity. The percentages of mixing asphalt with the waste of secondhand tires 20 %, 15 % and 10 % increases the value of soft point to be above the maximum value of soft point of asphalt which is 56° c. The results of testing of losing weight of asphalt on percentage of waste tires are 20 %, 15 %, 10% and 5 % still under the maximum value from the standard requirement of the hard asphalt from Bina Marga with the maximum value 0,4 % from the weight. So that, the results of testing which is conducted still fill the requirement for the hard asphalt. The testing results of ductility with the mixing the waste of the second hand tires increases the value of ductility, so that the asphalt

is not ductile. The results of the testing of flash point with addition the waste of second hand tires increases the value of the flash point.

**Keyword :** Asphalt pen 60/70, Tire

---

## 1. Pendahuluan

Jalan raya merupakan prasarana transportasi yang berperan strategis dalam bidang sosial, ekonomi, budaya dan hankam. Jalan melayani 80-90% dari seluruh angkutan barang dan orang. Sehingga pembangunan prasarana transportasi jalan raya merupakan sektor pembangunan yang diprioritaskan. Perkerasan jalan adalah konstruksi yang dibangun diatas tanah dasar. Jenis konstruksi perkerasan jalan pada umumnya adalah perkerasan lentur dan perkerasan kaku. Konstruksi perkerasan lentur adalah jenis konstruksi yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat dan banyak digunakan saat ini, konstruksi perkerasan ini terdiri dari beberapa lapisan dimana dibebberapa lapisan terutama pada lapis permukaan menggunakan beton aspal atau campuran aspal panas (Hot mix).

Aspal beton sebagai bahan untuk konstruksi jalan sudah lama dikenal dan digunakan secara luas dalam pembuatan jalan. Penggunaan bahan adiktif untuk pencampuran aspal di Indonesia dari tahun ke tahun makin meningkat. Hal ini disebabkan aspal mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan dengan bahan-bahan lain, diantaranya harga yang relatif lebih murah dibanding beton, kemampuannya dalam mendukung beban berat kendaraan yang tinggi dan dapat dibuat dari bahan-bahan lokal yang tersedia dan mempunyai ketahanan yang baik terhadap cuaca.

Di Indonesia, khususnya wilayah provinsi Sumatra Barat berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) setiap tahunnya mengalami peningkatan jumlah kendaraan. Maka dari itu, jalan yang ada di provinsi Sumatra Barat seharusnya lebih ditingkatkan, baik dalam bentuk kapasitas atau pun dari perkerasannya. Dalam hal peningkatan perkerasan ada beberapa yang harus di perhatikan, yaitu kualitas agregat yang di gunakan, metode pelaksanaannya, dan kualitas aspal. 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 ban bekas 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 ban bekas sebagai bahan aditif dalam meningkatkan mutu aspal didasari oleh tersedianya limbah ban bekas yang sangat melimpah di Indonesia, sehingga selain meningkatkan mutu bitumen penggunaan limbah ban bekas juga dapat mengurangi kerusakan lingkungan akibat limbah. Bahan bekas yang didefinisikan sebagai bahan buangan yang umumnya jarang dipakai, dapat dimanfaatkan sebagai alternatif untuk digunakan sebagai bahan material yang berdaya guna. Bahan bekas dengan rekayasa teknologi dapat dipertimbangkan sebagai bahan konstruksi perkerasan dalam campuran aspal.

## 2. Metodologi Penelitian

Kegiatan pengujian sifat bahan dimaksudkan untuk mengetahui karakteristik dari setiap bahan uji, apakah bahan tersebut mempunyai karakteristik yang memenuhi spesifikasi untuk digunakan, bahan-bahan yang digunakan adalah:

1. Aspal penetrasi 60/70
2. Ban bekas

Ban yang di pakai untuk sampel adalah ban bekas dengan merk Champiro Eco, Radial Tubeless 205/70 R15 96T. Pemilihan jenis ban berdasarkan banyak kendaraan yang menggunakan ban jenis tersebut dikawasan Sumatera.

Metoda yang digunakan untuk menentukan karakteristik Aspal berdasarkan Spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 3, adalah sebagai berikut:

No.	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Syarat AC Pen 60-70		Satuan
			Min	Max	
1	Penetrasi	SNI 06-2456-1991	60	70	0.1 mm
2	Titik Lembek	SNI 06-2434-1991	48	54	C
3	Titik Nyala	SNI 06-2433-1991	232	-	C
4	Kehilangan Berat	SNI 06-2432-1991	-	0,4	%berat
5	Daktalitas	SNI 06-2432-1991	100	-	cm
6	Berat Jenis	SNI 06-2456-1991	1	-	gr/cc

### 3. Hasil Pengujian

Berikut ini adalah hasil pengujian karakteristik aspal penetrasi 60/70 dengan penambahan limbah ban bekas.

#### a. Pengujian Penetrasi

Dari hasil pengujian diperoleh hasil bahwa penambahan limbah ban bekas terhadap aspal penetrasi 60/70 bervariasi, berikut hasil pengujian di sajikan dalam Tabel. 1 sampai Tabel 5. Masing-masing tabel berbeda berdasarkan durasi pengadukan aspal dan limbah ban bekas dari rentang 20 menit sampai 60 menit. Kenaikan waktu pengadukan membuat peningkatan nilai penetrasi akan tetapi persentasi jumlah ban yang dicampurkan pada aspal membuat nilai penetrasi menurun seiring penambahan jumlah ban yang dicampurkan.

**Tabel.1** Pengujian Penetrasi Durasi 20 menit

% Ban	Pengujian 1	Pengujian 2	Pengujian 3
20%	69,33	81,00	67,00
15%	69,67	66,33	71,67
10%	79,00	78,00	74,00
5%	74,67	69,33	63,67

**Tabel 2.** Pengujian Penetrasi Durasi 30 menit

% Ban	Pengujian 1	Pengujian 2	Pengujian 3
20%	66,67	63,67	81,33
15%	62,00	68,67	75,67
10%	62,00	70,67	69,00
5%	68,00	86,33	72,67

**Tabel.3** Pengujian Penetrasi Durasi 40 menit

% Ban	Pengujian 1	Pengujian 2	Pengujian 3
20%	68,67	54,67	60,33
15%	67,33	68,67	69,33
10%	71,33	70,00	73,67
5%	69,00	62,00	71,67

**Tabel 4.** Pengujian Penetrasi Durasi 50 menit

% Ban	Pengujian 1	Pengujian 2	Pengujian 3
20%	64,67	70,33	74,33
15%	64,33	69,00	66,33
10%	70,00	71,00	66,67
5%	60,00	65,00	67,67

**Tabel 5.** Pengujian Penetrasi Durasi 60 menit

% Ban	Pengujian 1	Pengujian 2	Pengujian 3
20%	65,33	69,67	86,00
15%	75,67	72,00	81,33
10%	73,67	74,67	76,67
5%	67,33	63,00	74,00

#### b. Pengujian Berat Jenis

Dari hasil pengujian diperoleh hasil bahwa penambahan limbah ban bekas pada aspal penetrasi 60/70 akan meningkatkan berat jenisnya. Hasil pengujian berat jenis disajikan dalam tabel dibawah ini:

**Tabel.6** Hasil Pengujian Berat Jenis

% Ban	pemeriksaan 1	pemeriksaan 2
20%	1,29	1,14
15%	1,10	1,27
10%	1,09	1,09
5%	1,06	1,08

c. *Pengujian Titik Lembek*

Dari hasil pengujian diperoleh hasil bahwa penambahan limbah ban bekas pada aspal penetrasi 60/70 akan meningkatkan suhu titik lembeknya. Hasil pengujian titik lembek secara lengkap disajikan pada tabel berikut:

**Tabel 7.** Pengujian Titik Lembek

% Ban	pengujian 1	pengujian 2
20%	96	92
15%	85	88
10%	76	79
5%	53	55

d. *Pengujian Kehilangan Berat Aspal*

Hasil pengujian berat kehilangan aspal yang di dapat setelah melakukan pengujian disajikan dalam tabel berikut ini:

**Tabel 8.** Pengujian Kehilangan Berat Aspal

% Ban	Durasi (menit)				
	20	30	40	50	60
20%	0,035	0,035	0,07	0,02	0,03
15%	0,06	0,035	0,04	0,06	0,10
10%	0,05	0,04	0,05	0,03	0,02
5%	0,08	0,13	0,06	0,05	0,06

e. *Daktalitas*

Dari hasil pengujian diperoleh hasil bahwa penambahan limbah ban bekas pada aspal penetrasi 60/70 akan menurunkan daktalitasnya. Hasil pengujian daktalitas secara lengkap disajikan pada tabel dibawah ini:

**Tabel. 9** Pengujian Daktalitas

% Ban	Pembacaan Alat (cm)
20%	12,7
15%	17
10%	23,8
5%	32,5

f. *Titik Nyala*

Dari hasil pengujian diperoleh hasil bahwa penambahan limbah ban bekas pada aspal penetrasi 60/70 akan meningkatkan suhu titik nyala. Hasil pengujian titik nyala disajikan pada tabel dibawah ini.

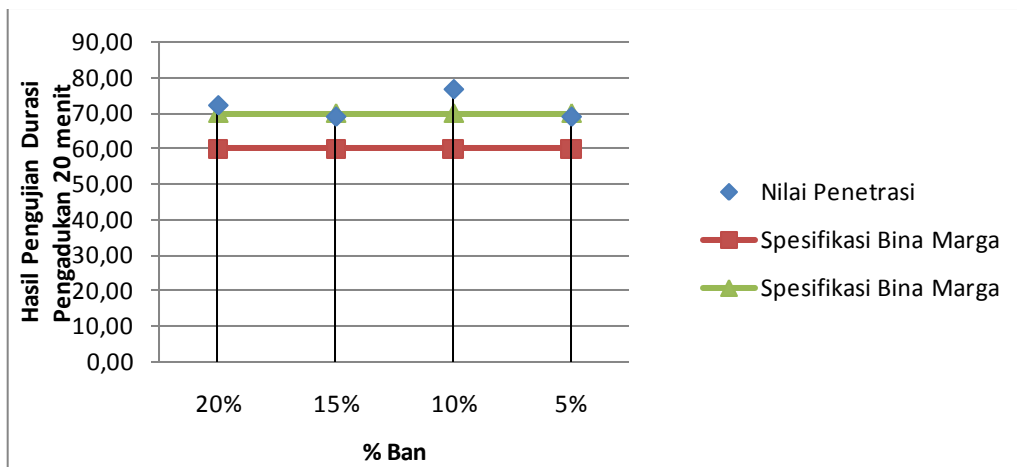
**Tabel.10** Titik Nyala

% Ban	Suhu (°C)
20%	283
15%	265
10%	258
5%	255

**4. Hasil Analisa**

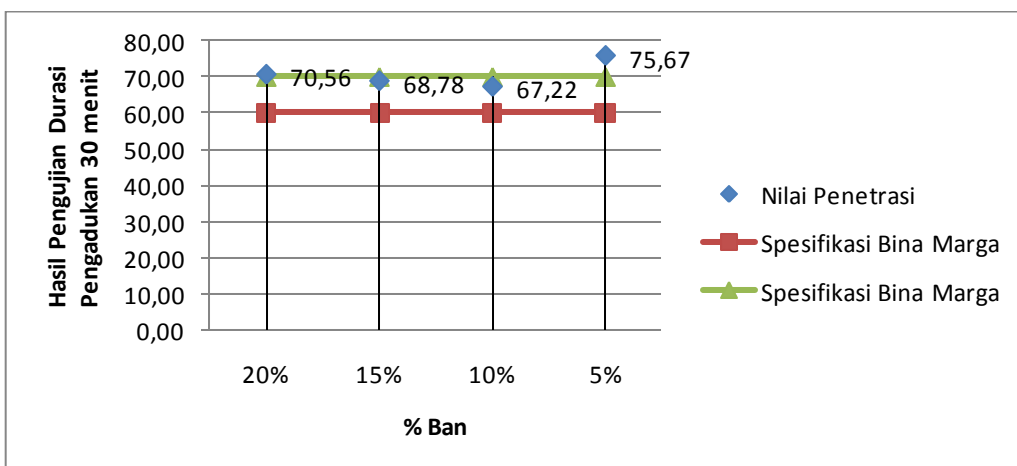
**a. Pengujian Penetrasi**

Dari hasil yang di dapat selama melakukan pengujian penetrasi bahwa pencampuran aspal dengan presentase limbah ban bekas yang bervariasi yaitu 20% ,15% ,10% ,dan 5% di dapat hasil yang bervariasi dan masih memenuhi syarat untuk ketentuan aspal keras seperti Gambar 2 ,Gambar 3,Gambar 4,Gambar 5, dan Gambar 1 berikut.

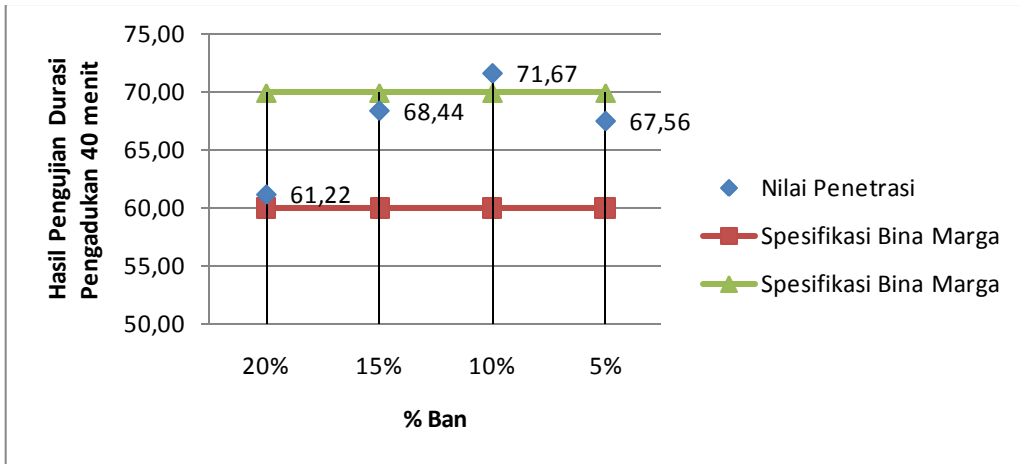


**Gambar 1.** Grafik Perbandingan Nilai Penetrasi Pengadukan 20 m

Pada **Gambar 1.** data di atas di dapat hasil pengujian penetrasi dengan presentase campuran 10% limbah ban bekas dengan durasi pengadukan 60 menit mendapatkan hasil yang tertinggi dari semua presentase pengujian penetrasi yang telah dilakukan. Pada **Gambar 2.** dapat dilihat bahwa pada presentase pencampuran 5% limbah ban bekas dengan aspal yang di aduk selama 30 menit didapatkan nilai penetrasi yang tertinggi dari perbandingan yang lain yaitu bernilai 75,67.

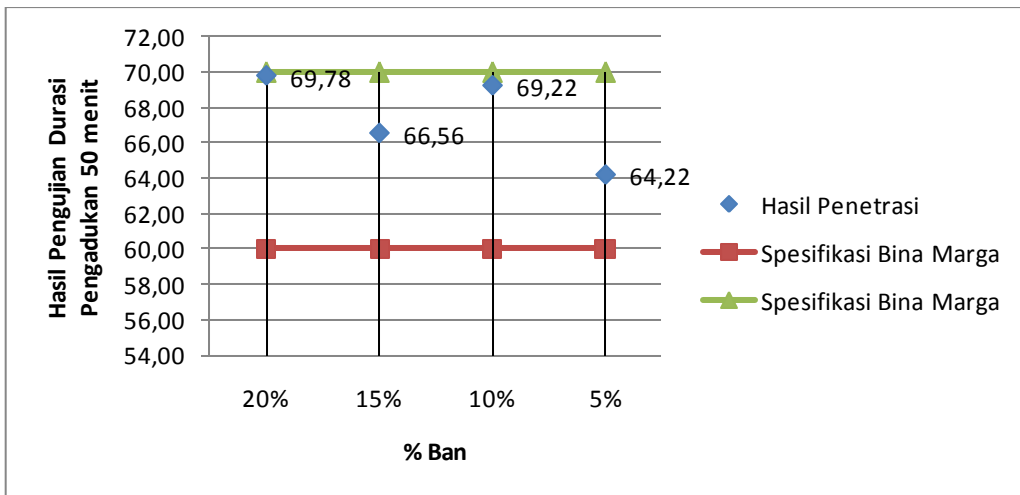


**Gambar 2.** Grafik Perbandingan Nilai Penetrasi Pengadukan 30 Menit.



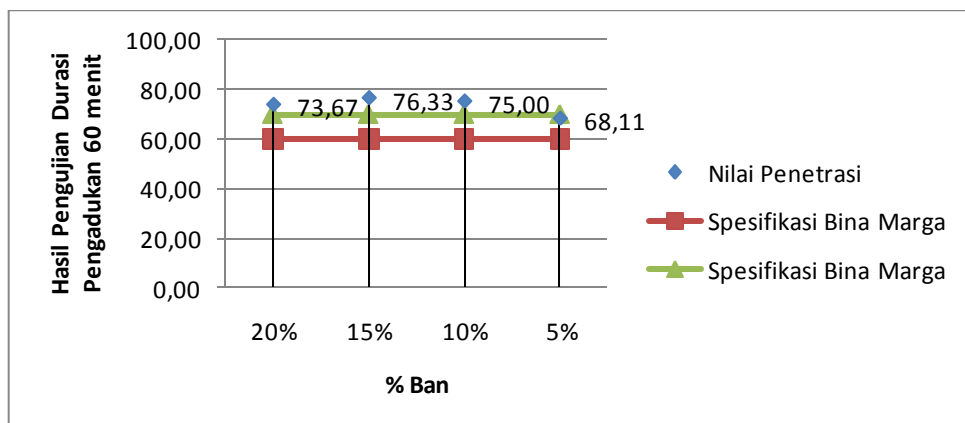
Gambar 3. Grafik Perbandingan Nilai Penetrasi Pengadukan 40 Menit.

Hasil dari Gambar 3. pengujian penetrasi durasi pengadukan 40 menit dengan campuran limbah ban bekas 10% di dapat nilai 71,67, nilai tersebut merupakan nilai tertinggi yang di dapat pada pengadukan selama 40 menit sedangkan pada presentase ban 20% di dapat nilai yang paling kecil yaitu 61,22.



Gambar 4. Grafik Perbandingan Nilai Penetrasi Pengadukan 50 Menit.

Dari penyajian data pada Gambar 4. presentase pencampuran aspal dengan limbah ban bekas 20%,15%,10%, dan 5% durasi pengadukan 50 menit menunjukkan nilai pengujian penetrasi yang secara keseluruhan dapat memenuhi syarat untuk ketentuan aspal keras dari Bina Marga.

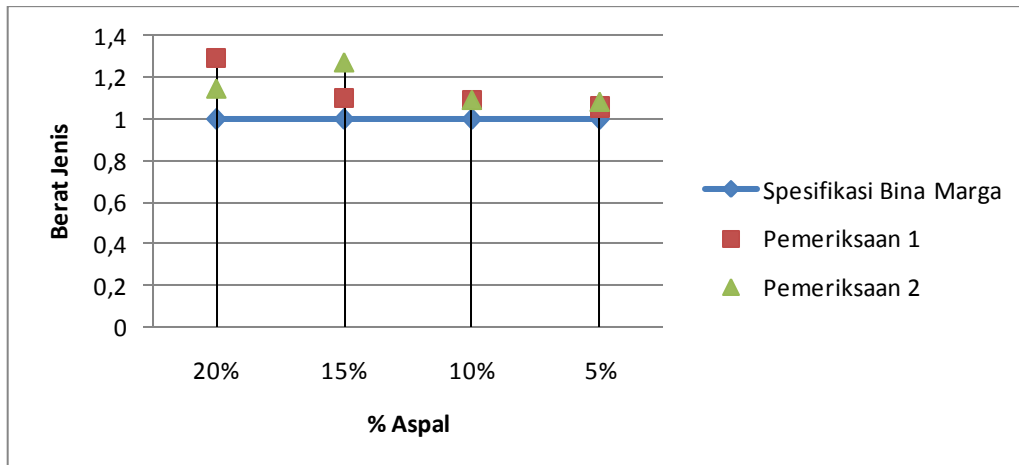


Gambar 5. Grafik Perbandingan Nilai Penetrasi Durasi Pengadukan 60 Menit.

Pada penyajian **Gambar 5**, diatas pencampuran limbah ban bekas dengan aspal durasi pengadukkan 60 menit menunjukkan jumlah paling banyak nilai penetrasinya yang tidak dapat memenuhi syarat ketentuan untuk aspal keras dari Bina Marga dengan nilai penetrasi 73,67,76,33, dan 75,00.

**b. Pemeriksaan Berat Jenis**

Untuk pengujian berat jenis, didapatkan hasil bahwa nilai berat jenis secara konsisten meningkat seiring pertambahan proporsi limbah ban bekas dimana nilai tersebut dapat memenuhi syarat untuk aspal keras spesifikasi dari Bina Marga yaitu dengan batas minimum 1 gram, dapat dilihat pada **Gambar 6**. dibawah ini:

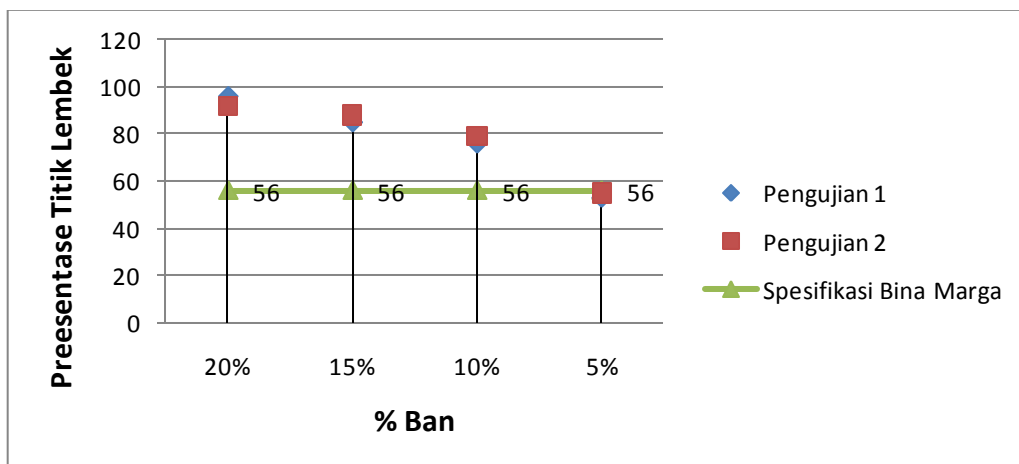


**Gambar 6.** Grafik Perbandingan Nilai Berat Jenis Vs Spesifikasi Bina Marga.

Dari penyajian **Gambar 6**, diatas bahwa pada penambahan limbah ban bekas dengan variasi 20% ,15% ,10% , dan 5% masih diatas untuk syarat ketentuan aspal keras dari Bina Marga.

**c. Pengujian Titik Lembek**

Untuk pengujian titik lembek, didapatkan hasil bahwa nilai titik lembek secara konsisten meningkat seiring pertambahan proporsi limbah ban bekas dapat dilihat dari Gambar 7 dibawah ini:

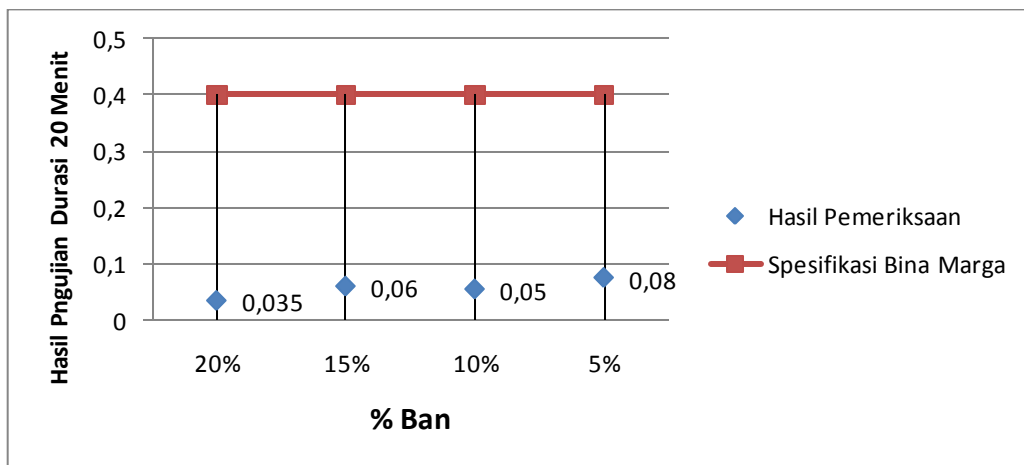


**Gambar 7.** Grafik Perbandingan Nilai Titik Lembek

Dari data **Gambar 7**, pengujian dimana penambahan limbah ban bekas pada presentase 20% ,15% ,dan 10% tidak dapat memenuhi syarat ketentuan untuk aspal keras spesifikasi dari Bina Marga dengan nilai diatas nilai maximum 56°C, sedangkan hasil pengujian presentase abu ban 5% dapat memenuhi syarat ketentuan aspal keras dari Bina Marga dengan nilai dibawah nilai maximum dari Spesifikasi Bina Marga yaitu 53°C dan 55°C.

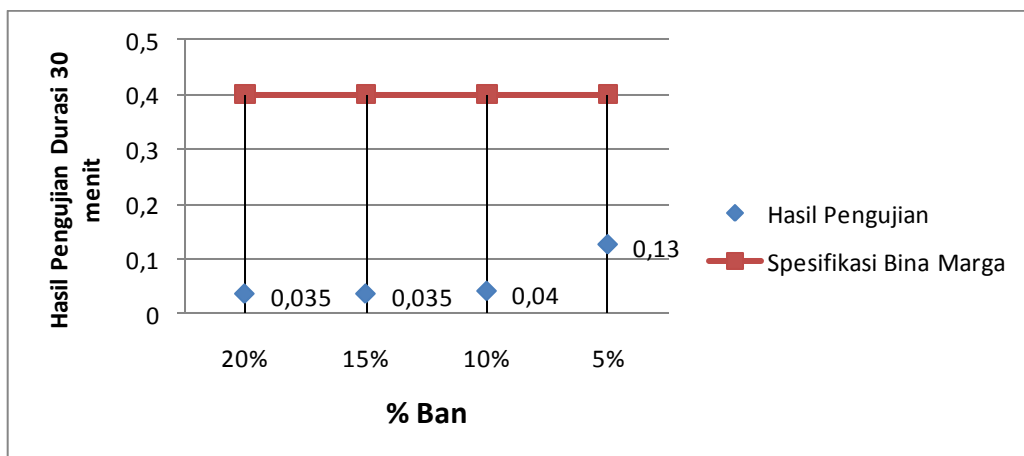
**d. Pengujian Berat Kehilangan Aspal**

Dari hasil pengujian berat kehilangan aspal yang telah dilakukan di dapat hasil yang masih dibawah nilai maksimum untuk syarat ketentuan aspal keras dari Bina Marga dengan nilai maksimum 0,4 gram, dapat dilihat dari tabel dibawah ini:



**Gambar 8.** Grafik Pengujian Berat Kehilangan Aspal Durasi Pengadukan 20 Menit.

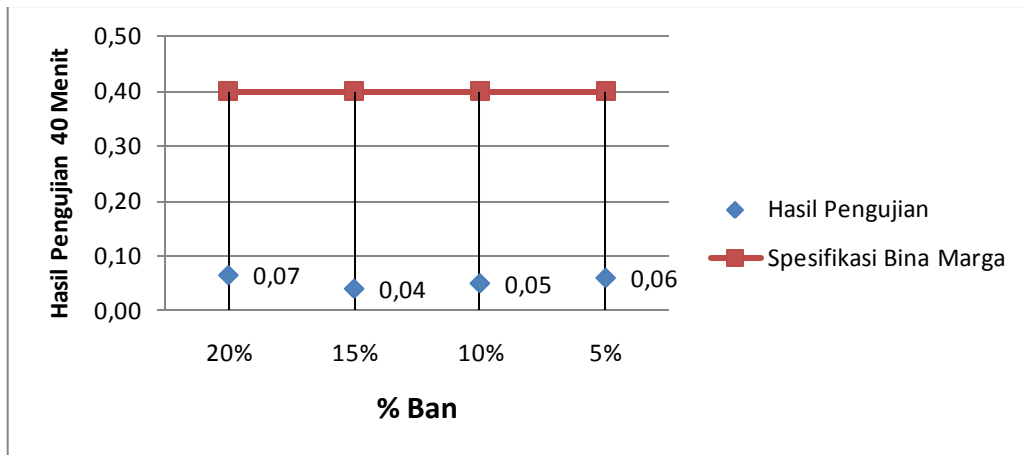
Pada penyajian **Gambar 8.** diatas dengan duraasi pengadukan selama 20 menit untuk pengujian berat kehilangan aspal di dapat nilai yang terendah yaitu dengan presentase pencampuran limbah ban bekas 5% dengan nilai kehilangan berat 0,12 gram.



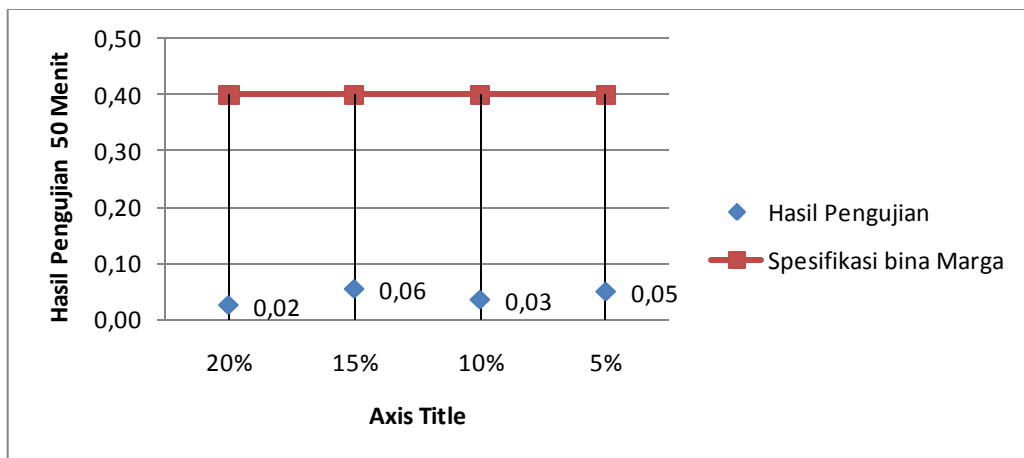
**Gambar 9.** Grafik Pengujian Berat Kehilangan Aspal Durasi Pengadukan 30 Menit.

Dapat dilihat dari **Gambar 9.** dengan durasi pengadukan 30 menit pada presentase pencampuran limbah ban bekas 15% dengan nilai kehilangan berat 0.04 gram, merupakan nilai terendah dari hasil pengujian yang di dapat.

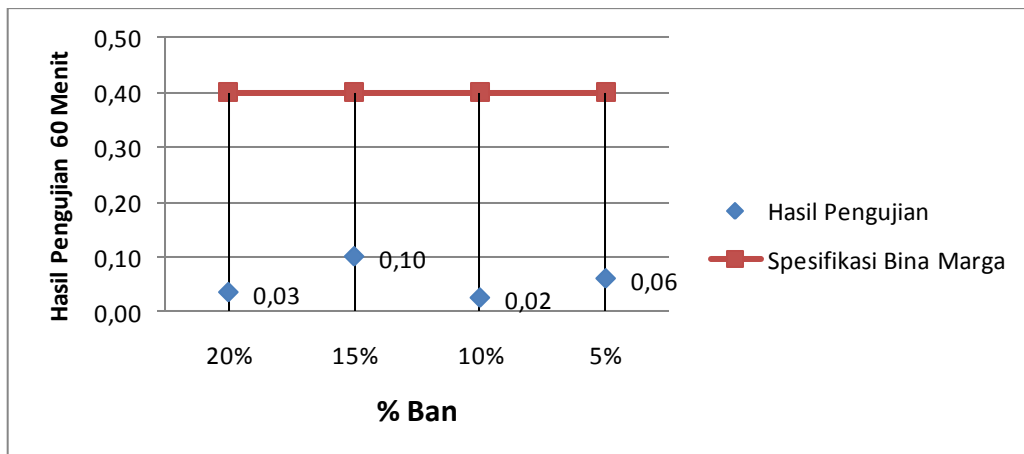




Gambar 10. Grafik Pengujian Berat Kehilangan Aspal Durasi Pengadukan 40 Menit.



Gambar 11. Grafik Pengujian Berat Kehilangan Aspal Durasi Pengadukan 50 Menit.

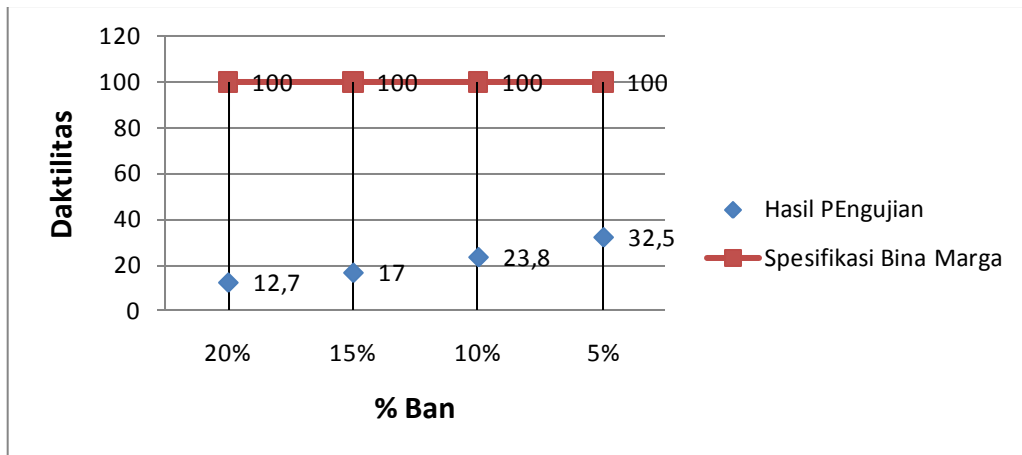


Gambar 12. Grafik Pengujian Berat Kehilangan Aspal Durasi Pengadukan 60 Menit.

Pada penyajian **Gambar 12.** di atas pengujian berat kehilangan aspal dengan presentase 20%,15%,10, dan 5% didapat hasil yang masih dibawah nilai maksimum untuk syarat ketentuan aspal keras spesifikasi dari Bina Marga dengan nilai 0,4.

**e. Daktilitas**

Dari hasil pengujian daktilitas bahwa penambahan limbah ban bekas pada aspal sangat mempengaruhi nilai daktilitasnya dapat dilihat dari **Gambar 12.** Presentase limbah ban bekas 20%,15%,10%, dan 5% sangat tidak daktil sehingga tidak dapat memenuhi syarat ketentuan untuk aspal keras dari Bina Marga dengan nilai minimum 100 cm, dapat dilihat dari.

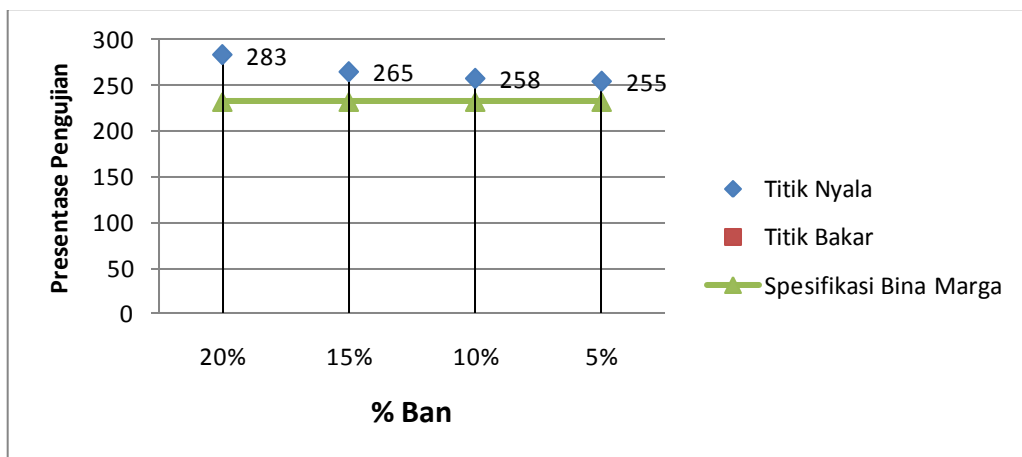


Gambar 13. Grafik Nilai Daktalitas

Dari penyajian Gambar 13. diatas dapat dilihat penambahan limbah ban bekas presentase 20%,15%,10%, dan 5% sangat tidak daktail sehingga tidak dapat memenuhi syarat ketentuan untuk aspal keras dari Bina Marga dengan nilai minimum 100 cm.

f. *Pengujian Titik Nyala*

Pada pengujian titik nyala yang telah dilakukan di dapat hasil yang masih di atas nilai maksimum untuk syarat ketentuan aspal keras dari Bina Marga, dapat dilihat dari Gambar 14. berikut:



Gambar 14. Grafik Perbandingan Nilai Titik Nyala

Dari penyajian Gambar 14. diatas penambahan limbah ban bekas pada pemeriksaan titik nyala dengan presentase 20%,15%,10% dan 5% di dapat hasil yang di atas nilai minimum untuk syarat ketentuan aspal keras dari Bina Marga dengan nilai minimum 232°C.

5. **Kesimpulan**

Dari kajian yang telah dilakukan,dapat di tarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Penambahan limbah ban bekas pada presentase 5% dengan durasi pengadukkan 60 menit pada pengujian penetrasi secara keseluruhan meningkatkan nilai penetrasinya.
2. Pada pengujian berat jenis penambahan limbah ban bekas presentase 20%,15%,10%, dan 5% dengan aspal meningkatkan nilai berat jenisnya.
3. Presentase pencampuran aspal dengan limbah ban bekas 20%,15%, dan 10% meningkatkan nilai titik lembeknya menjadi di atas nilai maksimum titik lembek aspal yaitu 56°C.
4. Hasil dari pengujian berat kehilangan aspal pada presentase limbah ban 20%,15%,10%, dan 5% masih dibawah nilai maksimum dari standar persyaratan aspal keras dari Bina Marga dengan nilai maksimum 0,4% dari beratnya. Sehingga hasil pengujian yang dilakukan masih memenuhi persyaratan untuk syarat aspal keras.

5. Hasil pengujian daktilitas dengan pencampuran limbah ban bekas dengan aspal meningkatkan nilai daktilitasnya sehingga aspal tersebut tidak daktail.
6. Hasil dari pengujian titik nyala dengan menambahkan limbah ban bekas meningkatkan nilai dari titik nyala nya.

#### 6. Saran

Berikut disampaikan beberapa saran untuk dapat melanjutkan dan melengkapi kajian ini, sebagai berikut di bawah ini.

1. Proses pencampurann aspal penetrasi 60/70 dan ban bekas sebaiknya mengikuti prosedur yang ada, sehingga campuran menjadi lebih homogen
2. Penelitian dilanjutkan dengan proporsi ban bekas yang lebih bervariasi, sehingga dapat diperoleh presentase ban bekas yang menghasilkan aspal yang terbaik.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Herminiwati. 2010. Pe,buatan Ban Dalam Sepeda Motor dengan filler Precipitated Calcium Carbonate (PCC). *Majalah Kulit, Karet dan Plastik*.
- Sri, Dani. 2017. Teknik Pencampuran yang Optimal antara Crum Rubber dan Aspal Pen 60/70. *Jurnal Jalan dan Jembatan, Vol 34 No1 Jan-Jun 2017*.
- Ku miadji, Yamin, R.A. (2000). Peman faatan Bahan Lokal Sub Standar untuk Konstruksi Perkerasan Jalan. Puslitbang Prasarana Transportasi, Konfrensi Nasional Teknik Jalan (KNTJ) ke -6 Jakarta
- Eva, Hery. 2015. Kajian Sifat-sifat Reologi Aspal dengan Penambahan Limbah Karet Ban Bekas. *Dinamika Rekayasa* Vo. 11 No.1 Februari 2015
- Hardiyatmo, H.C., 2015. Perancangan Perkerasan Jalan dan Penyelidikan Tanah. UGM Press. Yogyakarta