

PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH PLASTIK JENIS *THERMOSETTING* TERHADAP PARAMETER MARSHALL LASTON AC-WC

Kusdiyono^{1,*}), Supriyadi¹), Tedjo Mulyono¹), Sukoyo¹)

¹)Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Semarang
Jl. Prof.H. Sudarto, S.H. Tembalang Semarang 50275

^{*})Email: kusdiyono110456@gmail.com

Abstract

At present, plastic is a material that is needed by the community at large, where the impact is also very extraordinary after the plastic is used in everyday life which can cause serious problems if the management is not done properly. The problem of plastic waste does not only occur in the city of Semarang, but also in other cities, so that the Ministry of Environment and Forestry has implemented a paid plastic bag program in the short term. But this is only to deal with problems in the short term. In the long run, it will not solve the problem of "plastic waste", because the policy actually encourages people to buy plastic which, of course, will add a new burden for the community to buy it. Based on the above problems, it is necessary to utilize this plastic waste to be made into road pavement materials such as in the manufacture of Asphalt Concrete Wearing Course, by making 5 mixed variations ranging from (2 to 10)% of the weight of the aggregate . This research was initiated through a survey process, material procurement, testing of stacking materials, making test specimens, testing specimens. The results of the research can show that the type of Thermosetting plastic waste has a significant influence on the Asphalt Concrete mixture AC-WC heat mixture, including: Density, Marshall Stability, Flow, VIM, VMA, MQ and the remaining Marshall Stability tend to show an increase, moderate VFA and VIMrefusal Density values tend to show a decrease. Thus the plastic waste from the Thermosetting type can be used as a partial replacement of the aggregate for the Asphalt Concrete mixture AC-WC heat mixture with a plastic waste content is limited to a maximum of 10% and at an optimum asphalt content of 5.55%. Thus this research is expected to be of benefit to the industry and the people of Semarang in relation to the use of plastic waste for road pavement.

Kata kunci : *plastic waste, concrete asphalt substitution*

PENDAHULUAN

Bahan plastik dapat dibedakan 2 golongan dasar ditinjau dari struktur molekulnya, yaitu: bahan *thermoplast* dimana bersifat dapat diulang-ulang untuk dilembekkan dan dikeraskan dengan jalan memanasi dan mendinginkannya, sedang jenis lainnya

adalah *thermosetting* yang bersifat mengeras setelah dibentuk dan tidak dapat dilembekkan lagi dengan cara pemanasan. Plastik merupakan bahan yang penting dalam bidang konstruksi karena memberikan sifat yang luas dalam pemakaian, seperti: tahan korosi, tahan air, ringan, liat serta

mudah dibentuk menjadi bentuk-bentuk yang sulit. Karena bahan plastik cukup banyak jenisnya, dan jenis satu dengan lainnya berbeda sifatnya serta memberikan keuntungan yang berbeda, maka bahan ini dapat dipakai sebagai bahan bangunan (PEDC, 1987)

Sekarang ini, plastik merupakan bahan yang sangat dibutuhkan oleh masyarakat luas dan dampaknya sangat luar biasa setelah plastik itu dipergunakan, yang dapat menimbulkan permasalahan serius apabila dalam pengelolaannya tidak dilakukan secara benar. Walikota Semarang pada 24 April 2016 dalam rangka sosialisai Perda No.6 Tahun 2012 menyampaikan bahwa di tingkat internasional, negara kita menduduki peringkat kedua penghasil sampah plastik setelah Tiongkok. Dari data terakhir pada tahun 2015, Indonesia menghasilkan sampah plastik mencapai 187,2 ton. Salah satu contoh penghasil sampah plastik adalah investasi swasta di bidang retail di mana jumlah gerai sebanyak 32.000 gerai yang menghasilkan sampah/kantong plastik sebanyak 9,6 juta lembar per hari. Sementara persoalan sampah sudah menjadi masalah serius di Kota Semarang sampai produksi sampah di Kota Semarang mencapai 1.200 ton/hari. Di beberapa wilayah, bahkan masalah sampah sudah menjadi persoalan yang meresahkan warga. Disamping juga akibat persoalan tempat pembuangan sampah (TPS) muncul persoalan horisontal yang mengakibatkan terpecah belahnya kerukunan warga.

Yang berarti plastik ini apabila tidak dikelola dengan baik akan menimbulkan masalah besar dikemudian hari.

Permasalahan plastik ini tidak hanya disampaikan oleh Wali Kota Semarang saja, akan tetapi juga oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan sampai memberlakukan program pemakaian kantong plastik berbayar dalam jangka pendek. Hal ini untuk menangani permasalahan dalam jangka pendek saja. Namun dalam jangka panjang, justru tidak akan menyelesaikan permasalahan “sampah plastik”, lantaran kebijakan tersebut justru mendorong masyarakat untuk membeli plastik yang sudah barang tentu akan menambah beban baru masyarakat untuk membelinya (Suara Merdeka, 2016).

Contoh permasalahan plastik tidak hanya terbatas seperti diatas saja, akan tetapi menurut Lampung Pos Minggu, 15 Mei 2016 bahwa terjadinya banjir jalan protokol di Kota Metro saat hujan turun, ternyata disebabkan tersumbatnya aliran drainase tertutup oleh sampah. Dinas Pekerjaan Umum menemukan tumpukan sampah plastik dan terjadi sedimentasi pada saluran air tertutup tersebut. Namun, kondisi itu tampaknya tidak bisa segera diatasi karena keterbatasan dana untuk membongkar trotoar keseluruhannya.

Pada perkerasan lentur (flexible pavement) dipakai material aspal sebagai bahan pengikat agregat. Dimana material aspal memiliki sifat kohesif, adhesif, dan termoplast. Sifat kohesif adalah sifat aspal yang mengikat sesama komponen aspal,

yang dapat ditunjukkan melalui uji daktilitas, sedang adhesif adalah sifat aspal untuk mengikat material lain, yaitu agregat sehingga campuran tersebut dapat disebut dengan nama Aspal Beton atau *asphalt concrete* (AC).

Sekarang ini masalah yang terkait dengan Konstruksi Sipil, adalah menipisnya persediaan agregat seperti pasir, kerikil dan atau batu pecah yang dapat dikatakan semakin langka. Karena agregat tersebut tidak hanya dipergunakan untuk perkerasan jalan saja, akan tetapi juga untuk proyek konstruksi lain, seperti : pembuatan gedung-gedung bertingkat, perumahan dan bendungan yang sudah barang tentu semakin menipis.

Berdasarkan permasalahan diatas, perlu kiranya limbah plastik jenis *thermosetting* dimanfaatkan untuk dibuat menjadi suatu bahan bangunan seperti Aspal Beton campuran panas/*Asphalt Concrete* (AC), melalui penelitian dengan mengukur seberapa besar pengaruh penambahan variasi limbah plastik terhadap *Specific Gravity* (SG), *Voids in Mix* (VIM), *Voids in Material Agregates* (VMA), *Voids Filled with Bitumen* (VFB), *Stability, Flow, Stabilitas Marshall sisa dan Rongga dalam Campuran* (VIM) pada kepadatan membal (*Refusal*) atau dikenal dengan parameter *Marshall*. Dalam penelitian ini dibuat Aspal Beton campuran panas dengan penambahan 5 variasi campuran mulai dari (2 s.d. 10)% terhadap berat campuran.

Penelitian ini dimaksudkan untuk mengukur pengaruh 5 variasi penambahan limbah plastik terhadap campuran Aspal Beton campuran panas yang diukur dari parameter *Marshall* yang diperoleh. Sedang tujuan yang ingin dicapai adalah dengan penambahan 5 variasi limbah plastik pada campuran yang dimulai dari (2 s.d. 10)% terhadap berat campuran, akan mempunyai pengaruh terhadap sifat Aspal Beton yang memenuhi persyaratan umum dalam *Spesifikasi Umum 2018 Bidang Jalan dan Jembatan*. Hasil penelitian diharapkan dapat dimanfaatkan untuk bahan Konstruksi Perkerasan Jalan khususnya perkerasan lentur (*flexible pavement*) disamping dapat membantu memecahkan persoalan sampah yang serius dimasyarakat.

Untuk mewujudkan bahwa limbah plastik dapat dibuat Aspal Beton campuran panas, sehingga pemerintah Kota Semarang sebagai pengambil kebijakan dan industri yang bergerak dalam bidang pengadaan Aspal Beton campuran panas siap hampar dapat memanfaatkan limbah plastik ini untuk dibuatnya. Oleh karena itu dimasa yang akan datang dibutuhkan kerjasama semua pihak, diantaranya (1) Perguruan tinggi seperti Polines ini sebagai institusi yang mempunyai kewajiban untuk melakukan Tri Darma Perguruan tinggi melalui kegiatan penelitian dan pengabdian kepada masyarakat, (2) Pemerintah Kota Semarang sebagai penanggung jawab pemerintahan Daerah dan pengambil kebijakan, dan (3) Masyarakat kota Semarang sebagai

masyarakat social yang dalam kehidupan sehari-hari tidak lepas dari permasalahan sampah plastik dapat teratasi dari permasalahannya.

Penelitian-penelitian terdahulu yang terkait adalah sebagai berikut:

- a. Anita Rahmawati dan Rama Rizana, 2013, telah melakukan penelitian berjudul Pengaruh penggunaan limbah plastik *polipropilena* sebagai Pengganti agregat pada campuran laston terhadap Karakteristik marshall, dalam penelitiannya memberikan gambaran pengaruh penggunaan limbah plastik dengan kadar 0%, 2%, 5%, dan 10% pada campuran laston;
- b. Ida Bagus Wirahaji, 2012, melakukan penelitian dengan judul Analisis kadar aspal optimum laston lapis aus pada ruas jalan Simpang Sakah – Simpang Blahbatuh, hasil pemeriksaan menunjukkan *Percentage Refusal Density* (PRD) diperoleh hasil nilai VIM sebesar 4.84%. Semua nilai karakteristik campuran AC-WC pada kadar aspal 6.80% memenuhi persyaratan spesifikasi teknik 2010.

METODE PENELITIAN

Tahapan penelitian diatas dapat dibagi dalam 3 (tiga) tahap, antara lain mulai dari menganalisis material bahan susun sampai dengan menyusun proporsi dan menguji Aspal Beton campuran panas dari beberapa parameter *Marshall*. Aspal Beton campuran panas dibuat dari bahan Agregat kasar, agregat halus dan *filler* terdiri dari 6 seri dengan setiap seri beda 0,50% kemudian diuji *Specific Gravity* (SG),

Voids in Mix (VIM), *Voids in Material Agregates* (VMA), *Voids Filled with Bitumen* (VFA), *Stability*, dan *Flow* untuk ditentukan Kadar Aspal Optimumnya dan kemudian dibuat benda uji pada Kadar Aspal Optimum dengan ditambah dengan 5 variasi proporsi campuran Aspal Beton campuran panas tanpa limbah plastik (BN), Aspal Beton campuran panas dengan limbah plastik 2% (B2); 4% (B4); 6% (B6); 8% (B8) dan 10% (B10), semua bahan dalam kondisi kering oven.

Sebagai pedoman dalam pembuatan campuran (mix design) menggunakan SNI 06-2489-1991 yaitu Metode Pengujian Campuran Aspal Dengan Alat Marshall. Atau penelitian ini dilakukan dalam tahapan sebagai berikut :

- (1) Tahap I : Menguji sifat fisis dan mekanis bahan susun Aspal Beton campuran panas, seperti : pasir, batu pecah dan aspal;
- (2) Tahap II : Perhitungan rencana campuran (*Mix Design*). Metode perhitungan menggunakan cara yang terdapat dalam *SNI 06-2489-1991*. Dalam penelitian ini akan dilakukan *mix design* untuk mendapatkan komposisi bahan susun Aspal Beton campuran panas. Hasil *mix design* selanjutnya dibuat benda uji Aspal Beton campuran panas terdiri dari 6 seri dengan setiap seri beda 0,50% untuk ditentukan Kadar Aspal Optimumnya dari nilai *Density/Specific Gravity* (SG), *Voids in Mix* (VIM), *Voids in Material Agregates* (VMA), *Voids*

Filled with Bitumen (VFA), Stability, dan Flow;

- (3) Tahap III : Uji eksperimental *Density/Specific Gravity (SG), Voids in Mix (VIM), Voids in Material Agregates (VMA), Voids Filled with Bitumen (VFA), Stability, dan Flow* sejumlah benda Aspal Beton campuran panas dengan berbagai variasi limbah plastik setiap beda 2% terhadap berat campuran.

Bahan-bahan yang dipakai dalam penelitian ini adalah aspal keras, jenis Pen 60 ex produksi P.T. PERTAMINA, Agregat halus (pasir), pasir yang dipakai dalam penelitian ini adalah pasir Muntilan; serta agregat kasar (splite), split yang dipakai dalam penelitian ini adalah batu pecah dari Gunung Pati.

Alat-alat yang dipergunakan dalam penelitian ini meliputi peralatan uji di Laboratorium Teknik Sipil Politeknik Negeri Semarang (Polines), Jl. Prof. Sudarto, S.H. Tembalang Kotak Pos 6199/SMS Semarang Telpon (024) 7473417-7499585,7499586,7499587 (hunting), dengan menggunakan peralatan yang ada dan jenis peralatan yang sesuai dengan jenis pengujiannya, antara lain alat uji agregat, alat uji aspal, dan alat uji karakteristik campuran beton aspal.

Pengumpulan data

Data penelitian diambil dari hasil pemeriksaan dilaboratorium terhadap bahan aspal, agregat halus, agregat kasar. Selanjutnya, dengan membuat 5 variasi proporsi campuran Aspal Beton campuran panas tanpa limbah plastik

(BN), Aspal Beton campuran panas dengan limbah plastik 2% (B2); 4% (B4); 6% (B6); 8% (B8) dan 10% (B10), dianalisa Kepadatan (*density*), nilai Rongga dalam campuran (*VIM*), nilai Rongga diantara Mineral Agregat (*VMA*), Rongga terisi aspal (*VFA*), *Stabilitas Marshall (MS)*, *Kelelehan (Flow)*. Untuk mengetahui sejauhmana pengaruh penambahan limbah platik terhadap parameter *Marshall*, perlu diuji masing-masing campuran dan dianalisis mulai dari tanpa sampai dengan penambahan limbah platik parameter *Marshall* (*Density, Stabilitas; kelelehan; kepadatan VIM; VMA dan VFA*) dengan setiap parameter *Marshall* terdapat batas minimal dan maksimum, kemudian digambar hubungan antara jenis campuran dengan parameter *Marshall* dalam bentuk tabel maupun kurva.

Analisis data

Analisa dilakukan terhadap pengaruh tanpa penambahan limbah plastik dengan penambahan limbah plastik terhadap parameter *Marshall* yaitu nilai *Density*, nilai Rongga dalam campuran (*VIM*), nilai Rongga diantara Mineral Agregat (*VMA*), Rongga terisi aspal (*VFA*), *Stabilitas Marshall (MS)*, *Kelelehan (Flow)*. Hasilnya dibandingkan terhadap spesifikasi standard yaitu Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan 2010 edisi revisi 3.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian

Pengujian material dilakukan dengan menggunakan acuan standar uji

Standar Nasional Indonesia (SNI) atau *ASTM* (jika pada salah satu diantara jenis uji tertentu tidak terdapat dalam SNI), pengujian sifat - sifat material

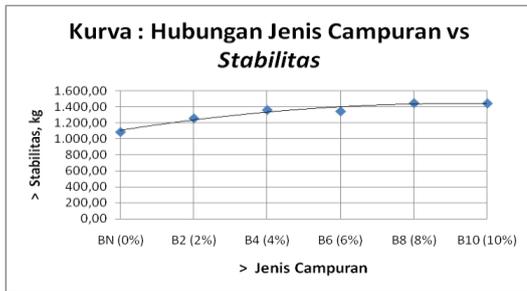
meliputi : *Abu batu*, Batu Pecah, dan Aspal Keras dengan hasil seperti dalam tabel 1.

Tabel 1. Hasil penelitian sifat fisik dan mekanis agregat

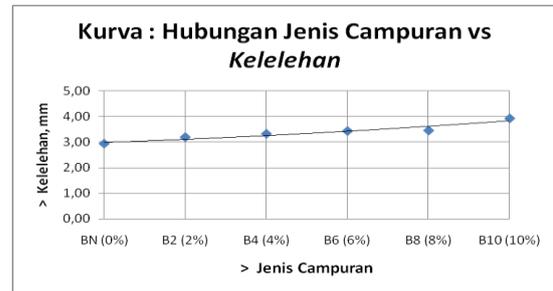
No	Jenis material	Standar	Hasil	Spesifikasi	Keterangan
			pengujian		
1	<i>Abu Batu</i>				
a	Analisa ayak	SNI ASTM C136 : 2012			lihat lampiran
b	Nilai Setara Pasir	SNI 03-4428-1997	98,17	Min. 60%	
c	Gumpalan Lempung & Butir mudah pecah	SNI 03-4142-1996	0,69	Maks. 1%	
d	Material lolos ayakan no. 200	SNI ASTM C117 : 2012	3,86	Maks. 10%	
2	<i>Batu pecah 1/2</i>				
a	Analisa ayak	SNI ASTM C136 : 2012			lihat lampiran
b	Kekekalan bentuk terhadap larutan NaSO4	SNI 3407-2008	0,14	Maks. 12%	
c	Abrasi dengan metode Los Angeles	SNI 2417 -2008	12,52	Maks. 30%	
d	Kelekatan Agregat terhadap Aspal	SNI 2439-2011	97,90	Min. 95%	
e	Butir Pecah pada Agregat Kasar	SNI 7619-2012	98,21/95,49	95/90	
f	Pipih dan lonjong	ASTM D4791	9,71	Maks. 10 %	
g	Material lewat saringan no. 200	SNI ASTM C117 : 2012	0,39	Maks. 2 %	

Tabel 2. Hasil uji Parameter Marshall Untuk Berbagai Jenis Campuran

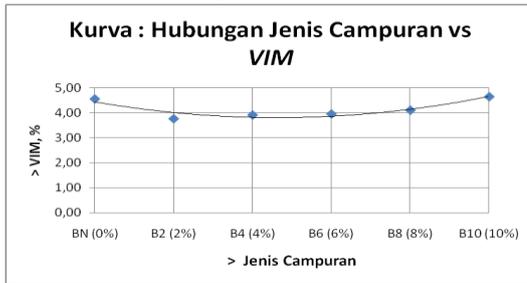
Kadar Aspal (%)	Density (ton/m ³)					
	BN	B2 (2%)	B4 (4%)	B6 (6%)	B8 (8%)	B10 (10%)
5,55	2,091	2,108	2,110	2,111	2,113	2,119
Kadar Aspal (%)	Stabilitas Marshall (kg)					
	BN	B2 (2%)	B4 (4%)	B6 (6%)	B8 (8%)	B10 (10%)
5,55	1.087,76	1.257,52	1.361,10	1.343,96	1.445,32	1.442,07
Kadar Aspal (%)	Kelelahan (mm)					
	BN	B2 (2%)	B4 (4%)	B6 (6%)	B8 (8%)	B10 (10%)
5,55	2,93	3,19	3,32	3,43	3,45	3,93
Kadar Aspal (%)	VIM (%)					
	BN	B2 (2%)	B4 (4%)	B6 (6%)	B8 (8%)	B10 (10%)
5,55	4,56	3,77	3,92	3,96	4,11	4,65
Kadar Aspal (%)	VMA (%)					
	BN	B2 (2%)	B4 (4%)	B6 (6%)	B8 (8%)	B10 (10%)
5,55	25,58	24,97	25,09	25,12	25,23	25,65
Kadar Aspal (%)	VFA (%)					
	BN	B2 (2%)	B4 (4%)	B6 (6%)	B8 (8%)	B10 (10%)
5,55	82,19	84,89	84,38	84,24	83,74	81,90
Kadar Aspal (%)	MQ (kg/mm)					
	BN	B2 (2%)	B4 (4%)	B6 (6%)	B8 (8%)	B10 (10%)
5,55	371,25	394,21	410,59	477,73	419,54	365,54
Kadar Aspal (%)	Stabilitas Marshall sisa (kg)					
	BN	B2 (2%)	B4 (4%)	B6 (6%)	B8 (8%)	B10 (10%)
5,55	1.050,89	1.153,12	1.306,53	1.327,70	1.391,44	1.360,42
Kadar Aspal (%)	VIMrefusal Density (%)					
	BN	B2 (2%)	B4 (4%)	B6 (6%)	B8 (8%)	B10 (10%)
5,55	2,73	2,64	2,56	2,46	2,35	2,19



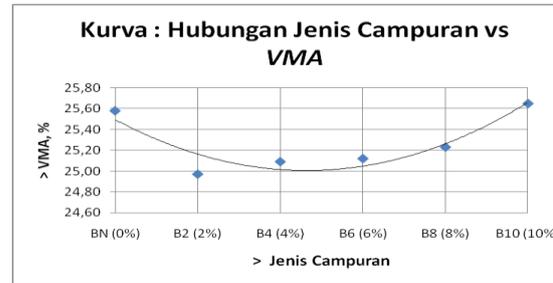
a. Hubungan Jenis Campuran dengan Stabilitas Marshall



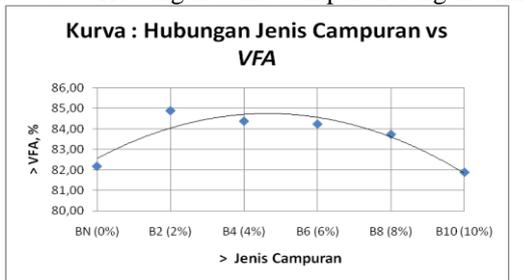
b. Hubungan Jenis Campuran dengan Kelelehan



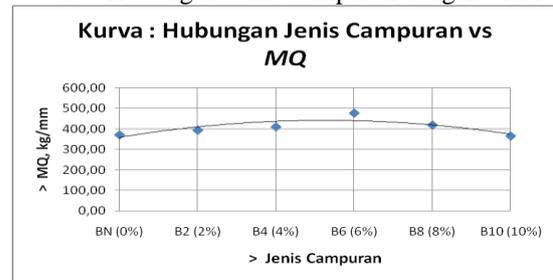
c. Hubungan Jenis Campuran dengan VIM



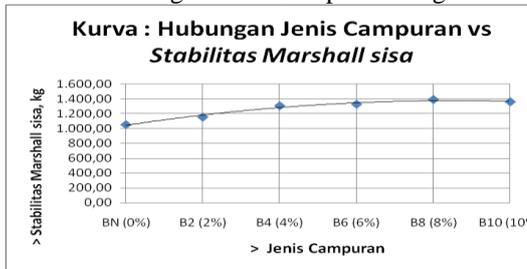
d. Hubungan Jenis Campuran dengan VMA



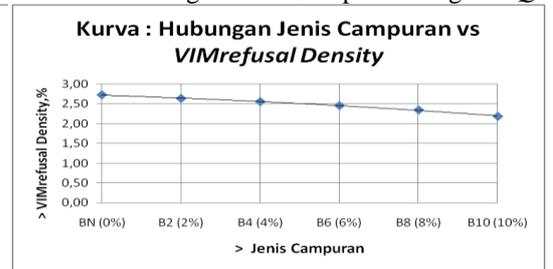
e. Hubungan Jenis Campuran dengan VFA



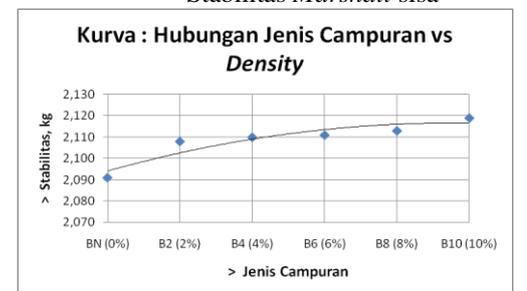
f. Hubungan Jenis Campuran dengan MQ



g. Hubungan Jenis Campuran dengan Stabilitas Marshall sisa



h. Hubungan Jenis Campuran dengan VIMrefusal density



i. Hubungan Jenis Campuran dengan Density

Gambar 1. Hubungan Jenis Campuran dengan Parameter Marshall

Dengan hasil pengujian material agregat yang berasal dari Abu Batu dan Batu Pecah seperti di atas, maka agregat tersebut dinyatakan “dapat digunakan” sebagai Bahan susun Aspal beton campuran panas dalam penelitian ini menggunakan batu pecah dari Gunung Pati. Abu Batu dan Batu Pecah dinyatakan dapat dipergunakan untuk campuran Aspal beton campuran panas dan dari semua hasil pengujian sifat fisik/mekanis menunjukkan memenuhi persyaratan seperti yang terdapat dalam Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan 2010 edisi revisi 3.

Dari uji Analisa ayak agregat Abu batu dan Batu pecah, dengan komposisi campuran yang semua prosentase lolos komulatifnya berada dalam titik kontrol atas dan titik kontrol bawah (lihat lampiran pengujian material agregat). Secara umum agregat yang “dipergunakan” dalam penelitian dapat dipergunakan untuk Aspal beton campuran panas, karena ditinjau secara garis besar persyaratan fisik dan mekanis dapat dinyatakan memenuhi persyaratan sebagai agregat (lihat tabel 1).

Aspal keras dalam penelitian ini menggunakan aspal jenis Pen 60 ex produksi P.T. PERTAMINA dan didapat hasil uji seperti tabel 4.2 di bawah. Jadi aspal keras Pen 60/70 produk Pertamina dapat *dipergunakan* dalam penelitian Aspal beton campuran panas yang dicampur dengan plastik, karena ditinjau secara garis besar persyaratan fisik dapat

dinyatakan memenuhi persyaratan sebagai perekat.

Pembahasan

Hasil pengujian parameter Marshall dengan berbagai macam jenis campuran (penambahan limbah plastik) dapat dilihat seperti dalam tabel 2. Campuran mulai dari tanpa penambahan *Plastik* sampai dengan campuran setiap beda 2% mulai dari 2% sampai dengan 10%.

Hubungan antara Jenis Campuran dengan Density

Density adalah perbandingan berat massa aspal beton campuran panas dengan berat air pada volume yang sama dan suhu tertentu yang dinyatakan dalam satuan ton/m³. *Density* mempunyai pengaruh secara linier terhadap nilai Stabilitas. Nilai *Density* untuk masing-masing variasi campuran dapat dilihat pada Tabel 2 dan Gambar 1i.

Gambar Hubungan Jenis Campuran dengan *Density* dapat menunjukkan bahwa semua variasi dengan menggunakan campuran limbah plastik. Dari berbagai variasi kadar aspal dapat dilihat bahwa dengan peningkatan Persentase penggunaan limbah plastik mempunyai kecenderungan nilai *Density*-nya naik. Hal ini disebabkan oleh karena limbah plastik pada saat pencampuran dan pemadatan sebagian ada telah mengalami lembek, sehingga dapat mempengaruhi ikatan antar agregatnya menjadi semakin kuat yang pada akhirnya dapat mempengaruhi *Density*

menjadi tinggi. *Density* tertinggi dicapai pada campuran dengan kadar aspal 10%, yakni sebesar 2,119 ton/m³, dan nilai *Density* terendah pada campuran penambahan kadar plastik 2% dengan nilai *Density* 2,108 ton/m³.

Hubungan antara Jenis Campuran dengan Stabilitas.

Stabilitas Marshall adalah beban maksimum yang dapat ditanggung oleh benda uji pada suhu 60°C (140°F) dinyatakan dalam satuan beban gaya (kg atau pound). Stabilitas merupakan salah satu parameter *Marshall* untuk mengukur ketahanan terhadap keelehan plastis dari suatu campuran aspal beton atau dapat dikatakan kemampuan campuran untuk menahan deformasi yang terjadi akibat beban lalu lintas yang bekerja. Nilai Stabilitas *Marshall* untuk masing-masing variasi campuran dapat dilihat pada Tabel 2 dan Gambar 1a.

Gambar 1a di atas menunjukkan bahwa semua variasi yang menggunakan tambahan limbah plastik memenuhi persyaratan dalam Spesifikasi Umum Bidang Jalan 2010 edisi revisi 3. Dengan berbagai variasi kadar limbah plastik dapat menunjukkan kecenderungan nilai stabilitas meningkat. Hal ini dapat saja terjadi karena limbah plastik pada saat pencampuran dan pemadatan sebagian plastik telah mengalami keelehan, sehingga ikatan antara agregat satu dengan lainnya menjadi semakin kuat yang dapat mempunyai pengaruh terhadap nilai stabilitas tinggi. Stabilitas tertinggi dicapai oleh

campuran dengan kadar aspal 8% yakni sebesar 1.445,32 kg, sedangkan nilai Stabilitas terendah pada campuran penambahan kadar plastik 2% dengan nilai Stabilitas 1.257,52 kg

Hubungan antara Jenis Campuran dengan Kelelahan.

Harga kelelahan atau *flow* adalah jumlah gerakan atau deformasi/penurunan akibat pembebanan, dihitung dalam unit = 1/100 mm pada pembebanan maksimum untuk menentukan Stabilitas *Marshall*. Kelelahan ini dapat dipengaruhi oleh faktor-faktor, antara lain : gradasi agregat, susunan dan bentuk permukaan agregat serta kadar aspal. Hasil kelelahan dalam pengujian ini ditunjukkan dalam Tabel 2 dan Gambar 1b.

Gambar 1b memperlihatkan bahwa dengan penambahan limbah plastik kedalam campuran Aspal beton dapat meningkatkan nilai kelelahan. Semakin banyak penambahan limbah plastik, nilai kelelahan benda uji semakin tinggi nilainya. Nilai kelelahan tertinggi terjadi pada penambahan 10% sebesar 3,93 mm, dan nilai terendah pada campuran tanpa penambahan limbah plastik 2%, yaitu sebesar 3,19 mm. Dengan semakin banyak penambahan limbah plastik, semakin tinggi pula nilai kelelehannya. Ini dapat terjadi karena sebagian limbah plastik telah mengalami leleh pada saat pencampuran dan pemadatan, sehingga ada sebagian limbah plastik akan mengisi rongga-rongga antar agregat yang dapat mempengaruhi rongga

udaranya semakin kecil, dan kepadatan campuran semakin meningkat. Peningkatan nilai kelelahan terjadi hingga pada penambahan limbah plastik 10%.

Hubungan antara Jenis Campuran dengan VIM

Persen rongga atau *VIM* adalah presentase volume rongga terhadap volume total campuran setelah dipadatkan yang dinyatakan dalam persen. Nilai *VIM* akan mengalami penurunan sehubungan dengan penambahan kadar aspal, sehingga rongga udara dalam campuran dapat menjadi minimum. Hasil nilai *VIM* dapat dilihat pada Tabel 2 dan Gambar 1c.

Gambar 1c menunjukkan nilai *VIM* kecenderungan meningkat sehubungan dengan penambahan limbah plastik. Nilai *VIM* mempunyai pengaruh terhadap sifat ketahanan lama (*durability*), karena semakin besar nilai *VIM* berarti campuran bersifat keropos (*porous*). Rongga udara ini dapat menyebabkan air mudah masuk ke dalam lapis perkerasan sehingga dapat mengakibatkan meningkatnya proses oksidasi yang akhirnya dapat mempercepat proses pelapukan aspal. Berkaitan hal tersebut dalam Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan membatasi nilai *VIM* berada antara 3,0 % - 5,0 %. Nilai *VIM* tertinggi penambahan limbah plastik 10%, sebesar 4,65%, sedangkan nilai terendah pada penambahan limbah plastik 2% sebesar 3,77%.

Hubungan antara Jenis Campuran dengan VMA

VMA adalah rongga di antara agregat yang dinyatakan dalam persen. *VMA* mempunyai peranan penting untuk membuat ruang yang cukup bagi aspal beton agar supaya campuran mempunyai durabilitas yang tinggi. Jika nilai *VMA* terlalu besar, maka akan dibutuhkan aspal dalam jumlah yang berlebihan untuk mengurangi rongga udara, sehingga harus sesuai dengan yang disyaratkan dan dalam Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan 2010 edisi revisi 3 membatasi untuk Laston AC-WC kurang dari 15%.

VMA atau yang lebih dikenal dengan rongga diantara butir agregat merupakan salah satu parameter penting dalam perancangan campuran aspal, karena pengaruhnya terhadap ketahanan lama dari campuran aspal beton. *VMA* dapat menunjukkan banyaknya aspal dari rongga yang terisi aspal (dalam persen). Pengaruh nilai hasil pengujian *VMA* dengan penambahan limbah plastik ini dapat dilihat pada Tabel 2 dan Gambar 1d.

Disyaratkan harus mempunyai nilai minimum adalah untuk menghindari banyaknya rongga udara yang menyebabkan material menjadi banyak pori. Rongga pori diantara mineral agregat dipengaruhi oleh : ukuran maksimum besar butir, susunan dan bentuk permukaan dan metode pemadatan. Nilai *VMA* akan naik secara signifikan sebagai akibat dari penambahan dan penggantian bahan pengisi. Dari Tabel 2 dan Gambar 1e dapat dilihat bahwa nilai *VMA*

cenderung meningkat sejalan dengan penambahan limbah plastik. Nilai *VMA* tertinggi dicapai pada penambahan limbah plastik 10% dan sebesar 25,65%, sedangkan nilai terendah pada penambahan limbah plastik 2% sebesar 24,97%.

Hubungan antara Jenis Campuran dengan VFA

Nilai *VFA* dapat ditentukan dari jumlah *VMA* dan rongga udara di dalam campuran (*VIM*). *VFA* adalah persentase dari *VMA* yang terisi oleh aspal, tidak termasuk aspal yang diserap oleh agregat. Nilai *VFA* akan bertambah besar dengan penambahan kadar aspal. *VIM* atau rongga dalam campuran dapat terjadi sebagai akibat adanya ruang sisa yang dibentuk antar butiran penyusun campuran. Rongga ini dalam kondisi kering akan diisi oleh udara dan kalau dalam kondisi basah akan diisi air. Sehingga bersifat alkalis, udara dan air akan mempercepat proses oksidasi dan dilanjutkan pelarutan aspal dalam campuran. Akibatnya dalam jangka panjang, campuran akan mengalami membentuk residu. Hasil nilai *VFA* dapat dilihat pada Tabel 2 dan Gambar 1e di atas.

Nilai *VFA* cenderung mengalami penurunan seiring dengan penambahan limbah plastik dalam campuran Aspal beton. Penurunan *VFA* yang terjadi, dikarenakan dengan penambahan limbah plastik yang akan mengakibatkan semakin banyaknya limbah plastik yang mengalami keelehan dan masuk ke dalam rongga yang ada, sehingga aspal yang

digunakan menjadi berlebihan dan dapat menyebabkan terjadinya *bleeding*. Nilai *VFA* tertinggi pada campuran dengan penambahan limbah plastik 2% yakni sebesar 84,89%, sedangkan nilai *VFA* terendah pada campuran dengan penambahan limbah plastik 10% dengan *VFA* sebesar 81,90%.

Hubungan antara Jenis Campuran dengan Marshall Quotion

MQ adalah hasil bagi Stabilitas Marshall dengan keelehan yang dinyatakan dalam satuan kg/mm. Hal ini dipergunakan untuk pendekatan terhadap tingkat kekakuan atau kelenturan aspal beton. Nilai *MQ* merupakan pendekatan terhadap tingkat kekakuan dan fleksibel suatu campuran. Campuran dengan nilai *MQ* rendah dapat dikatakan bahwa campuran aspal beton bersifat fleksibel dan kecenderungan mudah mengalami perubahan bentuk (deformasi) yang besar pada saat menerima beban dan sebaliknya jika nilai *MQ* tinggi. Hasil untuk pengujian *MQ* tersebut dapat dilihat pada Tabel 2 dan Gambar 1f.

MQ yang dianalisa sebagai rasio dari stabilitas terhadap keelehan yang digunakan sebagai indikator untuk menentukan kekakuan aspal beton. Nilai *MQ* yang disyaratkan Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan 2010 edisi revisi 3, adalah 250 kg/mm. Nilai *MQ* tertinggi pada campuran dengan penambahan limbah plastik 6% yakni sebesar 477,73 kg/mm, sedangkan nilai *MQ* terendah pada campuran dengan penambahan limbah

plastik 10% dengan *MQ* sebesar 365,54 kg/mm

Hubungan antara Jenis Campuran dengan Stabilitas Marshall sisa

Stabilitas Marshall sisa adalah kemampuan benda uji dalam menerima beban maksimum pada suhu 60°C dari benda uji direndam selama 24 jam sampai terjadinya perubahan bentuk yang dinyatakan dalam presentase terhadap *Stabilitas Marshall* (%). Dalam hal ini disyaratkan harus mempunyai nilai *Stabilitas Marshall* minimum 90%. Hal ini dipergunakan untuk pendekatan kemampuan aspal beton campuran panas dalam kondisi terendam selama 24 jam masih mempunyai kekuatan 90%. Hasil untuk pengujian *Stabilitas Marshall sisa* tersebut dapat dilihat pada Tabel 2 dan Gambar 1g.

Gambar 1g di atas menunjukkan bahwa dengan berbagai variasi kadar limbah plastik dapat menunjukkan kecenderungan nilai *Stabilitas Marshall sisa* meningkat. *Stabilitas Marshall sisa* tertinggi dicapai pada campuran dengan kadar aspal 8% yakni sebesar 1.391,44 kg, sedangkan nilai *Stabilitas* terendah pada campuran penambahan kadar plastik 2% dengan nilai *Stabilitas* 1.153,12 kg.

Hubungan antara Jenis Campuran dengan VIM pada Refusal Density

Persen rongga atau *VIM* adalah presentase volume rongga terhadap volume total campuran setelah dipadatkan yang dinyatakan dalam persen. Nilai *VIMrefusal density* akan

mengalami penurunan sehubungan dengan pemadatan sebanyak 400 kali perbidang dan dengan penambahan limbah plastik, kadar aspal, sehingga rongga udara dalam campuran dapat menjadi rendah. Hasil nilai *VIMrefusal density* dapat dilihat pada Tabel 2 dan Gambar 1h.

Gambar 1h menunjukkan nilai *VIMrefusal density* kecenderungan menurun sehubungan dengan penambahan limbah plastik. Berkaitan *VIMrefusal density* dalam Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan membatasi nilai *VIMrefusal density* minimal dibatasi tidak boleh kurang dari 2,0 %. Nilai *VIMrefusal density* tertinggi pada penambahan limbah plastik 2%, sebesar 2,64%, sedangkan nilai terendah pada penambahan limbah plastik 10% sebesar 2,19%

SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa dan pembahasan diatas, maka dapat disimpulkan bahwa penggunaan limbah plastik jenis *Thermosetting* pada pembuatan campuran Laston AC-WC terhadap berbagai parameter *Marshall* antara lain, adalah : *Density*, *Stabilitas Marshall*, Kelelehan (*Flow*), *VIM*, *VMA*, *MQ* dan *Stabilitas Marshall sisa* cenderung mengalami peningkatan, sedangkan nilai *VFA* dan *VIMrefusal Density* cenderung mengalami penurunan. Sehingga limbah plastik dari jenis *Thermosetting* dapat dipergunakan sebagai pengganti sebagian agregat untuk campuran Lapis Aspal Beton (Laston AC-WC) dalam kadar limbah plastik 0%, 2%,

4%, 6%, 8% dan 10% pada kadar aspal optimum 5,55%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada : (a) Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi yang telah berkenan menyetujui dan memberikan dukungan dana guna penyelesaian penelitian ini, (b). Direktur Politeknik Negeri Semarang (Polines) yang telah membantu penelitian kami dengan dana DIPA Polines TA. 2019. (c) Kepala Unit Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Polines dan seluruh Staf yang terkait yang telah membantu memberi informasi pelaksanaan penelitian. (d). Seluruh Anggota Tim Peneliti, atas kerjasama, diskusi, saran, dan masukkannya sehingga kajian ini dapat berjalan dengan lancar. (e) Ketua Laboratorium Bahan Bangunan Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Semarang yang telah merekomendasi menggunakan peralatan laboratorium dan memfasilitasi segala keperluan pelaksanaan dan, (f). Tenaga laboran Lab. Bahan Bangunan Polines, anggota tim pengkaji dan semua pihak yang telah membantu hingga penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

AASHTO, 1998, *Standard Specifications for Transportation Materials and Methods of Sampling and Testing, Part I, Specifications, Nineteenth Edition*, Washington D.C

AASHTO, 1998, *Standard Specifications for Transportation Materials and Methods of*

Sampling and Testing, Part II, Test, Nineteenth Edition, Washington D.C

ASTM, 2005, *Annual Book of ASTM Standards*, Vol.04.02, *Concrete and Aggregates*, Philadelphia, ASTM

ASTM, 2005, *Standard Test for Road and Paving Materials*. American Society for Testing and Materials International, Vol. 04 No. 03, West Conshohocken

Anita Rahmawati dan Rama Rizana, 2013, Pengaruh penggunaan limbah plastik polipropilena sebagai Pengganti agregat pada campuran laston terhadap Karakteristik Marshall, *Konferensi Nasional Teknik Sipil 7 (KoNTekS 7)*, UNS Surakarta

Anto Dajan, 1996, *Pengantar Statistik Jilid II*, Lembaga Penelitian Pendidikan dan Penerangan Ekonomi dan Sosial, Jakarta

Departemen KIMPRASWIL, Badan Penelitian dan Pengembangan Wilayah, Badan Penelitian dan Pengembangan Kimpraswil, Standar Nasional Indonesia, 2002, *Metode, Spesifikasi dan Tata Cara Bagian 2: Batuan Sedimen, Agregat*, Departemen Kimpraswil, Jakarta

Departemen KIMPRASWIL, Badan Penelitian dan Pengembangan Wilayah, Badan Penelitian dan Pengembangan Kimpraswil, Standar Nasional Indonesia, 2002, *Metode, Spesifikasi dan Tata Cara Bagian 3: Beton, Semen, Perkerasan Beton Semen*, Departemen Kimpraswil, Jakarta

- Departemen KIMPRASWIL, Balitbang Kimpraswil, Standar Nasional Indonesia, 2002, *Metode, Spesifikasi dan Tata Cara Bagian 4: Aspal, Aspal Batu Buton (Lasbuton), Perkerasan Jalan*, Departemen Kimpraswil, Jakarta
- Departemen PU, Balitbang PU, 2007, *Spesifikasi Campuran Beraspal Panas*, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta
- Ghozali, Imam, 2009, *Aplikasi Analisis Multivariate dengan program SPSS*, Cetakan IV, Badan Penerbit Universitas Diponegoro, Semarang
- Harold N. Atkins, 1996, *Highway Materials, Soils and Concretes, 3th Edition Prentice Hall*, New Jersey
- Kementerian PUPR, Direktorat Jenderal Bina Marga, 2018, *Spesifikasi Umum 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan*, Kementerian PUPR, Jakarta
- Kennedy, T. W, 1996, *The Bottom Line: Superpave System Works, The Superpave Asphalt research Program, The University of Texas at Austin*
- PEDC, 1987, *Teknologi Bahan 1*, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, Direktorat Pendidikan Tinggi PEDC - Bandung, Bandung
- PEDC, 1987, *Teknologi Bahan 3*, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, Direktorat Pendidikan Tinggi PEDC - Bandung, Bandung
- Ritonga, Abdulrahman, 1987, *Statistik Terapan untuk Penelitian*, Lembaga Penerbit FE-UI, Jakarta
- Shell Bitumen, 1991, *The Shell Bitumen Hand Book, Published By Shell Bitumen, East Molesey Serrey*
- Silvia Sukirman, 2003, *Beton Aspal Campuran Panas, Granit*, Bandung
- The Asphalt Institute, 1993, *Mix Design Methods for Asphalt Concrete and Other Hot-Mix Types*, Manual Series No.2 (MS - 2), Asphalt Institute, Lexington USA
- Sampah Masalah Serius Kota Semarang, 2016, <http://Yulianto>, 27 Mei 2016
- Sampah Permukiman Masih Terbengkelai, 2016, <http://Smcetak Solo Metro>, 21 Mei 2016
- Kebijakan Plastik Berbayar, 2016, <http://Tasroh>, 24 Pebruari 2016
- Limbah di Sleman Didominasi Sampah Plastik, 2016, <http://Amelia Hapsari>, 02 Maret 2016
- Penyebab Metro Banjir, Banyak Sampah Plastik Menyumbat Saluran Drainase, 2016, <http://Lampost>, 15 Mei 2016