



PLASTIK SEBAGAI BAHAN CAMPURAN ASPAL

Alberth Telehala

Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat

atelehala0229@gmail.com

Abstrak

Jalan merupakan infrastruktur dasar dan utama dalam menggerakkan roda perekonomian nasional dan daerah di Indonesia. Seiring dengan perkembangan teknologi, terdapat penemuan baru yang berhubungan dengan perkerasan jalan yakni penggunaan bahan plastik LDPE sebagai bahan tambah pengganti aspal. Teknologi baru ini merupakan salah satu solusi bagi Negara kita yang berdasarkan data dari kementerian lingkungan hidup pada tahun 2015 timbunan sampah plastik yang ada di Indonesia mencapai 10.580 m³ /hari Peningkatan jumlah sampah plastik di Indonesia sudah mulai mengkhawatirkan, karena konsumsi dan pembuangan sampah pun meningkat. Untuk meningkatkan mutu dan kualitas dari aspal beton, limbah plastik jenis High Density Polyethylene (HDPE) dan Polypropylene (PP) dapat dijadikan sebagai bahan aditif untuk aspal. Metode yang digunakan pada penelitian ini menggunakan metode Plastic Coated Aggregate (PCA), yaitu plastik pada kondisi softening (pada suhu 160-190 C) dicampurkan dengan agregat panas membentuk lapisan yang melapisi agregat. Agregat yang dilapisi dengan plastik kemudian ditambahkan bitumen cair dan ditumbuk dengan mesin penumbuk. Variabel penambahan plastik yang digunakan yaitu 9 %, 11 %, 13 % dan 15 % (persen berat) terhadap aspal. Untuk Variabel pencampuran plastiknya yaitu 100 % HDPE, HDPE dan PP 50:50, dan 100 % PP. Kemudian dilakukan pengujian Marshall, flow, densitas dan stabilitas terhadap aspal yang sudah jadi untuk mengetahui variabel optimum dari penambahan plastik. Hasil uji menunjukkan bahwa semakin banyaknya kadar plastik pada campuran aspal beton, khususnya pada variable plastik campuran, tidak meningkatkan kualitas aspal beton, terutama pada segi stabilitas. Metode PCA memiliki kelebihan pada optimalnya hasil proses pengisian bitumen cair dan plastik ke dalam rongga pada agregat. Hasil pengujian terbaik didapatkan pada variabel pencampuran dengan HDPE 13 % dengan peningkatan nilai Marshall Quotient sebesar 14,1% dari aspal beton tanpa plastik..

Kata kunci: *Bahan Campuran Aspal, Plastik*

Abstract

Roads are the basic and main infrastructure in driving the wheels of the national and regional economy in Indonesia. Along with technological developments, there have been new discoveries related to road pavement, namely the use of LDPE plastic material as an added substitute for asphalt. This new technology is one of the solutions for our country, based on data from the ministry of environment in 2015, plastic waste in Indonesia reached 10,580 m³ / day. To improve the quality and quality of asphalt concrete, plastic waste types of High Density Polyethylene (HDPE) and Polypropylene (PP) can be used as additives for asphalt. The method used in this study used the Plastic Coated Aggregate (PCA) method, which is plastic in softening conditions (at 160-190 C) mixed with hot aggregate to form a layer that coats the aggregate. The aggregate which is coated with plastic is then added with liquid bitumen and pounded with a pulverizer. The plastic addition variables used were 9%, 11%, 13% and 15% (weight percent) of the asphalt. The plastic mixing variables were 100% HDPE, 50:50 HDPE and PP, and 100% PP. Then performed Marshall testing, flow, density and stability of the finished asphalt to determine the optimum variable of the addition of plastic. The test results showed that the increasing amount of plastic content in the asphalt concrete mixture, especially in the mixed plastic variable, did not improve the quality of the asphalt concrete, especially in terms of stability. The PCA method has the advantage of optimizing the results of the process of filling liquid bitumen and plastic into the cavity in the aggregate. The best test results were obtained on the mixing variable with 13% HDPE with an increase in the Marshall Quotient value of 14.1% from the asphalt concrete without plastic.

Keywords: *Asphalt Mixture, Plastic.*

PENDAHULUAN

Jalan merupakan infrastruktur dasar dan utama dalam menggerakkan roda perekonomian nasional dan daerah, mengingat penting dan strategisnya fungsi jalan untuk mendorong distribusi barang dan jasa sekaligus mobilitas penduduk (Lalu, 2020). Ketersediaan jalan adalah prasyarat mutlak bagi masuknya investasi ke suatu wilayah. Jalan memungkinkan seluruh masyarakat mendapatkan akses pelayanan pendidikan, kesehatan dan pekerjaan. Untuk itu diperlukan perencanaan struktur perkerasan yang kuat, tahan lama dan mempunyai daya tahan tinggi terhadap deformasi plastis yang terjadi (Rosyad et al., 2017).



Gambar 1 Jalan Tol

Komitmen Presiden Joko Widodo (Jokowi) yang melakukan peresmian sembilan ruas jalan tol yang meliputi : jalan Tol Cinere-Jagorawi (Cijago) seksi 2 ruas Raya Bogor-Kukusan (5,5 km), ruas tol Terbanggi Besar-Pematang Panggang-Kayu Agung sepanjang 189 km, jalan Tol Tol Manado-Bitung seksi 1-2A ruas Manado-Danowudu (22,5 km). Tol pertama di Sulawesi Utara ini dibangun dengan skema Kerjasama Pemerintah dan Badan Usaha (KPBU) dengan nilai investasi total Rp 6,19 triliun hingga terakhir adalah ruas Tol Jakarta-Cikampek II (Japek 2) (36,4 km) dengan progres konstruksi 91,42%. Namun permasalahan yang sering dijumpai adalah struktur jalan raya yang kurang baik sehingga mudah rusak. Kerusakan jalan raya tidak hanya terjadi pada jalan di wilayah perkotaan maupun kabupaten, namun jalan nasional pun masih sering dijumpai kerusakan yang serupa. Hal ini menyebabkan ketidaknyamanan dalam penggunaan jalan raya dan dapat beresiko terjadi kecelakaan lalu lintas. Salah satu cara untuk meningkatkan mutu dari jalan raya adalah dengan penambahan bahan tambah (additive) untuk memperbaiki mutu jalanan. Bahan tambah ini haruslah yang memiliki sifat-sifat yang mendukung ketahanan dan kekuatan dari jalan.

Seiring dengan perkembangan jalan, penawaran dan permintaan dari penggunaan plastik pun meningkat pada sektor industri atau masyarakat. Namun dengan adanya peningkatan penggunaan dari plastik maka limbah yang berupa sampah plastik pun meningkat, sehingga pemerintah akhirnya melakukan pembatasan penggunaan plastik di beberapa kota besar di Indonesia (Septiani et al., 2019). Plastik merupakan polimer hidrokarbon yang sulit terurai. Sehingga banyak sampah plastik yang tertimbun dan tidak terolah dengan baik dan benar. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan merilis data terbaru yang menyebutkan persentase komposisi sampah plastik tahun 2018 mencapai 15%. Dalam catatan Kementerian Koordinator Kemaritiman, penambahan sampah mencapai 38 juta ton per tahun, dan terdapat 1,29 juta ton sampah plastik yang terbuang ke laut. Hal ini merupakan salah satu permasalahan bagi Indonesia dan perlu penanganan yang baik.



Gambar 2 Gunung Sampah

Berdasarkan gambar dibawah ini, grafik pola pengolahan sampah menunjukkan bahwa dapat terlihat 69 % dari pengolahan sampah di Indonesia adalah dengan cara ditimbun di TPA dan diikuti dengan 10% dikubur dan 5 % di bakar semengntara pengolahan sampah hanya menunjukkan presentase sebesar 5%. Hal ini menunjukkan bahwa sistem pengolahan sampah di Indonesia belum maksimal dan akan menjadikan sampah sebagai masalah yang serius kedepannya, mengingat dampak yang ditimbulkan kepada lingkungan sangat lah buruk (Hartono et al., 2020).



Gambar 3 Pola Pengolahan Sampah di Indonesia

Sampah plastik merupakan jenis sampah yang mendominasi pada pembuangan sampah, oleh karena itu perlu adanya studi pemanfaatan sampah plastik sebagai alternative untuk bahan campuran aspal. Sampah plastik yang digunakan didominasi oleh jenis PE (Polyethylene) yang terbagi atas LDPE (Low Density Polyethylene) dan HDPE (High Density Polyethylene) dan jenis PP (Polypropylene). Kedua jenis plastik ini sangat umum dijumpai di masyarakat, LDPE biasanya digunakan sebagai kantung plastik, botol minuman, sedangkan HDPE biasanya digunakan sebagai botol kemasan tebal maupun peralatan makan. Kedua jenis plastik ini merupakan plastik yang jarang didaur ulang karena sulitnya pengolahan. Adapun jenis polypropylene diaplikasikan sebagai kemasan botol, gelas air mineral. Kedua jenis plastik ini termasuk jenis plastik yang kuat, sehingga dapat meningkatkan kekuatan dari aspal apabila ditambahkan kedalam aspal.

Plastik memiliki banyak manfaat tetapi juga memiliki sisi negatif khususnya limbah plastic (Widiyasaki et al., 2021). Namun limbah plastik membuka peluang untuk dimanfaatkan di bidang konstruksi jalan raya. Campuran beraspal memiliki beberapa kelemahan seperti mengalami deformasi (perubahan bentuk) permanen disebabkan tekanan terlalu berat oleh muatan truk yang berlebihan, keretakan-keretakan yang ditimbulkan oleh panas, juga kerusakan disebabkan karena kelembaban, ini semua terjadi pada campuran aspal (Brown, 1990). Salah satu cara untuk meningkatkan mutu dari jalan raya adalah dengan penambahan bahan tambah (additive) untuk memperbaiki mutu jalanan. Bahan tambah ini haruslah yang memiliki sifat-sifat yang mendukung ketahanan dan kekuatan dari jalan. Sebagian besar limbah plastik di Indonesia ditemukan dalam bentuk PET, PE, PP. Dimana

secara karakteristik fisik memiliki titik softening antara suhu 110 °C hingga 140°C. Selama proses softening plastik tidak menghasilkan gas (beracun). Plastik hasil softening akan membentuk film di atas agregat (batu/kerikil), dengan teknik menyemprotkan di atas agregat panas pada rentang suhu $\pm 160^{\circ}$ C. PCA (Plastics Coated Aggregate) memiliki kualitas dan ketahanan yang lebih baik dari pada aspal pada umumnya.

Manfaat dari penelitian ini yaitu memberikan manfaat bagi dunia konstruksi, khususnya konstruksi jalan raya dan menambah wawasan mengenai penambahan plastik sebagai bahan tambah campuran aspal yang di tinjau terhadap nilai Marshall (Sitorus, 2018). Memberikan hasil yang positif untuk dipergunakan pada konstruksi jalan raya di Indonesia sekaligus juga dapat menjadi salah satu solusi terhadap permasalahan sampah yang semakin besar di Indonesia (Sitorus, 2018).

METODE PENELITIAN

Kegiatan pengujian sifat bahan dimaksudkan untuk mengetahui karakteristik dari setiap bahan uji, apakah bahan tersebut mempunyai karakteristik yang memenuhi spesifikasi untuk digunakan (Yuniarti & Rachman, 2020). Melakukan persiapan bahan (material) yang akan diteliti di laboratorium jalan dan Pasal UKI Paulus Makassar merupakan hal awal yang harus dilakukan dalam pelaksanaan penelitian. Bahan Tambahan Limbah Kantong Plastik Untuk persyaratan limbah kantong plastik yang digunakan sebagai bahan tambah adalah kantong plastik berwarna hitam ukuran 17cm x33cm yang telah dicuci, dicacah dan dalam keadaan kering agar menghindari bahan organik yang akan mencemari campuran beraspal. Umumnya kantong plastik ini berbentuk utuh sehingga untuk mencampurkannya dengan aspal harus di cacah terlebih dahulu. Karena penggunaan kantong plastik pada penelitian ini tidaklah banyak, maka pencacahan dilakukan dengan alat manual (digunting) dengan ukuran 1cm. Penambahan limbah kantong plastik untuk menaikkan mutu campuran beraspal ada dua cara, yaitu cara basah (wet process) dimana plastic ditambahkan kedalam aspal panas dan dicampur hingga homogen. Dan cara kedua yaitu cara kering (dry process) dimana plastic ditambahkan kedalam agregat panas.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Jenis Material Perkerasan Jalan dan Karakteristiknya



Gambar 1 Jenis Aspal

Aspal atau bitumen adalah suatu cairan kental yang merupakan senyawa hidrokarbon yang tinggi berat molekulnya dengan sedikit mengandung sulfur, oksigen dan klor. Rasio presentase antara komponen bervariasi bergantung pada asal usul minyak mentah dan metode

distilasi. Menurut The Asphalt Institute Superpave (1999) Series No. 1 (SP – 1), tonase dari produksi aspal setiap tahunnya bertambah terus – menerus mulai dari 3 juta ton pada tahun 1926 meningkat menjadi 8 juta ton pada tahun 1946, kemudian terjadi peningkatan secara drastis pada tahun 1964 yaitu sebanyak 24 ton.

Berdasarkan cara diperolehnya, aspal dapat dibedakan antara lain sebagai berikut :

1. Aspal Alam

Aspal alam terbentuk perlahan-lahan dari fraksionasi alami minyak bumi di dekat minyak bumi. Aspal alam yang terdapat di alam biasanya dalam bentuk batuan sehingga biasa disebut batuan aspal. Aspal alam disebabkan adanya pengaruh tektonik terhadap minyak bumi yang diduga semula terkandung dalam batuan induk kemudian bermigrasi melalui dasar dan mengimpregnasi batuan sekitarnya yaitu batu gamping dan batu pasir. Material aspal membentuk suatu danau yang mengisi pori-pori dan celah batuan.

2. Aspal Buatan

Aspal buatan diperoleh dari hasil penyulingan minyak bumi, yaitu antara lain:

- a. Aspal Keras atau Aspal Semen (Asphalt Cement), atau disingkat AC, yaitu aspal yang digunakan dalam keadaan cair dan panas yang memenuhi persyaratan :
 1. Aspal penetrasi rendah 40/55, digunakan untuk jalan dengan volume lalu lintas tinggi dan daerah dengan cuaca iklim panas;
 2. Aspal penetrasi rendah 60/70, digunakan untuk jalan dengan volume lalu lintas sedang atau tinggi dan daerah dengan cuaca iklim panas;
 3. Aspal penetrasi tinggi 80/100, digunakan untuk jalan dengan volume lalu lintas sedang atau rendah dan daerah dengan cuaca iklim dingin;
 4. Aspal penetrasi tinggi 100/100, digunakan untuk jalan dengan volume lalu lintas rendah dan daerah dengan cuaca iklim dingin.
- b. Aspal Cair (Cut Back Asphalt), yaitu aspal semen dengan bahan pencair dari hasil penyulingan minyak bumi. Aspal cair digunakan untuk keperluan lapis resap pengikat (prime coat) yakni aspal cair jenis MC-30, MC-70, MC-250 atau aspal emulsi jenis CMS dan MS. Untuk keperluan lapis pengikat (tack coat) digunakan aspal cair jenis RC-70, RC-250 atau aspal emulsi jenis CRS dan RS.
- c. Aspal Emulsi (Emulsion Asphalt), yaitu Aspal cair yang dihasilkan dengan cara mendispersikan aspal keras ke dalam air atau sebaliknya dengan bantuan bahan pengemulsi sehingga diperoleh partikel aspal yang bermuatan listrik atau tidak bermuatan listrik.

Jenis-jenis aspal emulsi, yakni :

a. Aspal Emulsi Anionik

Aspal cair yang dihasilkan dengan cara mendispersikan aspal keras ke dalam air atau sebaliknya dengan bantuan bahan pengemulsi anionik sehingga partikel-partikel aspal bermuatan ion negatif. Terdiri dari Aspal Emulsi Anionik Mengikat Cepat (Rapid Setting, RS) dan Aspal Emulsi Anionik Mengikat Lebih Cepat (Quick Setting, QS)

b. Aspal Emulsi Kationik

Aspal cair yang dihasilkan dengan cara mendispersikan aspal keras ke dalam air atau sebaliknya dengan bantuan bahan pengemulsi kationik sehingga partikel-partikel aspal bermuatan ion positif. Terdiri dari Aspal Emulsi Kationik Mengikat Cepat (CRS), Aspal Emulsi Kationik Mengikat Lambat (CSS), dan Ter, merupakan aspal dengan kandungan bitumen 50% dari bahan organik seperti batu bara dan kayu

Aspal memiliki beberapa kegunaan, antara lain :

Untuk mengikat batuan agar tidak lepas dari permukaan jalan akibat lalulintas.

1. Sebagai bahan pelapis dan perekat.
2. Lapis resap pengikat (prime coat) adalah lapisan tipis aspal cair yang diletakkan di atas pondasi sebelum lapis berikutnya.
3. Lapisan Pengikat (tack coat) adalah lapisan aspal cair yang dilatkan di atas jalan yang telah beraspal sebelum lapis berikutnya dihampar dan lapisan ini berfungsi sebagai pengikat di antara kedua lapisan.
4. Sebagai pengisi ruang yang kosong antara agregat kasar, agregat halus dan filler.

B. Agregat



Gambar 2 Agregat

Agregat atau granular material adalah material berbutir keras dan kompak, juga sebagai suatu bahan yang terdiri dari batu bulat, batu pecah abu batu dan pasir (filler). Agregat memiliki peranan yang sangat penting dan merupakan komponen utama dari lapisan perkerasan jalan, yaitu mengandung 90 – 95 % agregat berdasarkan persentase berat atau 75 – 85 % agregat berdasarkan persentase volume. Agregat juga dapat dibedakan, atas :

a. Agregat Kasar (Coarse Aggregate)

Biasa juga disebut kerikil merupakan hasil desintegrasi alami dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu, dengan butirannya berukuran antara 4,76 mm — 150 mm. Ketentuan agregat kasar antara lain:

1. Terdiri dari butiran yang keras dan tidak berpori. Agregat kasar yang butirannya pipih hanya dapat dipakai jika jumlah butir-butir pipihnya tidak melampaui 20% berat agregat seluruhnya.
2. Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% dalam berat keringnya. Bila melampaui harus dicuci.
3. Tidak boleh mengandung zat yang dapat merusak beton, seperti zat yang relatif alkali.
4. Agregat kasar harus lewat tes kekerasan dengan bejana penguji Rudeloff dengan beban uji 20 ton.
5. Kadar bagian yang lemah jika diuji dengan goresan batang tembaga maksimum 5%.
6. Angka kehalusan (Fineness Modulus) untuk Coarse Aggregate antara 6–7,5. Jenis agregat kasar yang umum adalah:
7. Batu pecah alami: Bahan ini didapat dari cadas atau batu pecah alami yang digali.
8. Kerikil alami: Kerikil didapat dari proses alami, yaitu dari pengikisan tepi maupun dasar sungai oleh air sungai yang mengalir.
9. Agregat kasar buatan: Terutama berupa slag atau shale yang biasa digunakan untuk beton berbobot ringan.

b. Agregat Halus

Agregat halus dapat berupa pasir sebagai hasil desintegrasi alami dari batuan- batuan atau berupa pasir buatan yang dihasilkan oleh alat pemecah batu. Agregat ini berukuran 0,063 mm - 4,76 mm yang meliputi pasir kasar (Coarse Sand) dan pasir halus (Fine Sand).

Agregat halus memenuhi syarat:

1. Agregat halus harus terdiri dari butiran-butiran tajam, keras, dan bersifat kekal artinya tidak hancur oleh pengaruh cuaca dan temperatur, seperti terik matahari hujan, dan lain-lain.
2. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5 % berat kering, apabila kadar lumpur lebih besar dari 5%, maka agregat halus harus dicuci bila ingin dipakai untuk campuran beton atau bisa juga digunakan langsung tetapi kekuatan beton berkurang 5 %.
3. Agregat halus tidak boleh mengandung bahan organik (zat hidup) terlalu banyak dan harus dibuktikan dengan percobaan warna dari ABRAMS-HARDER dengan larutan NaOH 3%.
4. Angka kehalusan (Fineness Modulus) untuk Fine Sand antara 2,2 - 3,2.
5. Angka kehalusan (Fineness Modulus) untuk Coarse Sand antara 3,2 - 4,5.
6. Agregat halus harus terdiri dari butiran yang beranekaragam besarnya. Agregat halus yang tidak memenuhi percobaan tersebut juga dapat dipakai, asal saja kekuatan tekan adukan agregat pada umur 7 dan 28 hari tidak kurang dari 95% dari kekuatan adukan agregat yang sama, tetapi dicuci terlebih dahulu dalam larutan NaOH 3% yang kemudian dicuci bersih dengan air pada umur yang sama. Agregat halus harus terdiri dari butiran yang beranekaragam dan apabila diayak dengan ayakan susunan harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut:
7. Sisa diatas ayakan 4 mm minimum beratnya 2% .
8. Sisa diatas ayakan 1mm minimum beratnya 10% .
9. Sisa diatas ayakan 0,025 beratnya berkisar antara 80% sampai 95%.

C. Bahan Pengisi (Filler)



Gambar 3 Filler

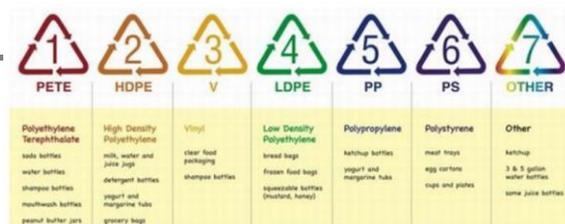
Filler adalah batuan dari agregat halus yang lolos pada saringan berukuran 2.36 mm minimum 75 % terhadap berat total agregat, biasanya digunakan abu batubara, abu kapur, semen portland, dan lain-lain. Filler ditambahkan dengan tujuan untuk mengisi rongga dalam campuran, sehingga agregat benar-benar terisi penuh dan tidak hanya diisi oleh bitumen. Fungsi Filler dalam campuran aspal beton antara lain :

1. Memodifikasi gradasi agregat halus.
2. Membentuk bahan pengikat atau sistem filler aspal.
3. Menurunkan angka penetrasi.
4. Memperbaiki ketahanan campuran aspal terhadap temperatur yang tinggi, cuaca, dan keretakan.

Beberapa bahan Filler yang di referensikan saat ini adalah:

- a. Abu Batu.
- b. Abu Batubara.
- c. Semen Portland.

D. Plastik



Gambar 4 Plastik

Plastik adalah suatu polimer rantai panjang dari atom yang mengikat satu sama lain. Rantai ini membentuk banyak unit molekul berulang atau monomer. Bahan pembuat plastik awalnya adalah minyak dan gas sebagai sumber alami, dan saat ini banyak digantikan dengan bahan sintesis.

Karakteristik dari plastik terdiri dari 2 jenis, yaitu:

- a. Karakteristik termal, yaitu keadaan termal dari plastik menggunakan Thermo Gravimetry Analyzer dan Differential Scanning Calorimeter untuk menentukan rentang temperatur dekomposisi, suhu softening, dan pembakaran, serta produk yang dihasilkan ketika melewati rentang temperatur tersebut. Untuk jenis plastik PE, PP, dan PS tidak dapat larut dalam air dan larutan 5% asam asetat.
- b. Karakteristik fisik, yaitu mencakup ketebalan, kelarutan dan rentang suhu softening. (Vasudevan, dkk., 2011)

Jenis plastik yang digunakan dalam perkerasan jalan adalah sebagai berikut:

- a. High Density Polyethylene (HDPE) HDPE memiliki struktur yang hampir sama dengan PE murni. Kandungan utama dari HDPE adalah molekul plastik yang tidak bercabang. HDPE sering disebut sebagai Linear Poly-Ethylene. HDPE memiliki sifat kekakuan yang baik, tahan korosi, kuat tarik molekul yang baik, permeabilitas yang rendah dan tahan terhadap tekanan lingkungan yang tinggi. Berat molekul dari HDPE adalah 50.000. Plastik HDPE umumnya digunakan untuk drum bahan kimia, botol untuk bahan rumah tangga, industri, dan bahan kimia otomotif. Juga untuk perpipaan, kontainer kosmetik, botol obat-obatan, mainan anak-anak, tempat sampah, dan penutup tangki penampungan (Peacock, 2000).
- b. Polypropylene (PP) Polypropylene adalah sebuah material termoplastik yang merupakan hasil polimerisasi dari molekul-molekul propylene, dimana memiliki rantai molekul polimer yang sangat panjang pada monomernya dan memiliki sifat kaku, tidak berbau, dan tahan terhadap bahan kimia pelarut, asam, dan basa (Karian, 2009). PP memiliki banyak kemiripan dengan Polyethylene (PE), terutama pada sifat listrik, mekanik dan ketahanan terhadap panas, sedangkan untuk ketahanan terhadap bahan kimia lebih rendah. Sifat PP sangat bergantung pada berat molekul dan distribusi berat molekul, kristalinitas, jenis dan proporsidari komonomer dan isotacticity. PP memiliki densitas sebesar $0.895 - 0.92 \text{ g/cm}^3$, sehingga PP adalah plastik standar yang memiliki densitas terendah, dimana cetakan PP akan lebih ringan (Tripathi D., 2001).

E. Pencampuran Material Untuk Perkerasan Jalan

Campuran aspal panas adalah suatu campuran perkerasan jalan lentur yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus, filler, dan bahan pengikat aspal dengan perbandingan-perbandingan tertentu dan dicampurkan dalam kondisi panas. Di Indonesia jenis campuran aspal panas yang lazim digunakan antara lain: Aspal Beton, Hot Rolled Sheet (HRS), dan Split Mastic Asphalt (SMA). Pada tahun 1999, Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah tentang pedoman teknik campuran beraspal yang kemudian diikuti dengan dikeluarkannya spesifikasi baru Beton Aspal Campuran Panas Pada tahun 2001. Semua campuran dirancang dalam spesifikasi tersebut untuk menjamin bahwa asumsi rancangan yang berkenaan dengan kadar aspal yang cocok, rongga udara, stabilitas, kelenturan dan keawetan ketebalan terpenuhi.

Berikut adalah beberapa jenis campuran aspal yang masuk dalam spesifikasi campuran beraspal di Indonesia:

1. Latasir (Sand Sheet) Kelas A dan B Campuran-campuran ini ditujukan untuk jalandengan lalu lintas ringan, khususnya pada daerah di mana agregat kasar sulit diperoleh. Pemilihan kelas A atau B terutama tergantung pada gradasi pasir yang digunakan. Campuran latasir biasanya memerlukan penambahan filler agar memenuhi kebutuhan sifatsifat yang disyaratkan. Campuran ini mempunyai ketahanan yang rendah terhadap alur (rutting), oleh sebab itu tidak boleh digunakan dengan lapisan yang tebal, pada jalan dengan lalu lintas berat dan pada daerah tanjakan.
2. Lataston (HRS) Lataston (Hot Roller Sheet) mempunyai persyaratan kekakuan yang sama dengan tipikal yang disyaratkan untuk aspal beton konvensional (AC) yang bergradasi menerus. Lataston terdiri dari dua macam campuran, yaitu Lataston Lapis Pondasi (HRS-Base) dan Lataston Lapis Permukaan (HRS Wearing Course) dan ukuran maksimum agregat masing-masing campuran adalah 19 mm.
3. Laston (AC) Laston (Lapis Aspal Beton) lebih peka terhadap variasi kadar aspal maupun variasi gradasi agregat daripada Lataston (HRS). Aspal Beton (AC) terdiri dari tiga macam campuran, yaitu Laston Lapis Aus 2 (AC-WC) dan Laston Lapis Aus 1 (AC-BC).
4. Laston Lapis Pondasi (AC-Base) dan ukuran maksimum agregat masing-masing campuran adalah 19 mm, 25,4 mm dan 37,5 mm.

Jika agregat dicampur dengan aspal, maka partikel-partikel antar agregat akan terikat satu sama lain oleh aspal. Rongga-rongga agregat ada yang terisi aspal dan ada pula yang terisi udara. Pada campuran juga akan terdapat rongga antarbutir yang terisi udara dan lapisan aspal yang ketebalannya tergantung dari kadar aspal yang digunakan untuk menyelimuti partikel-partikel agregat. Lapisan aspal yang baik harus memenuhi 4 syarat, yaitu Kadar aspal cukup memberikan kelenturan, Stabilitas cukup memberikan kemampuan memikul beban, sehingga tidak terjadi deformasi yang merusak, Kadar rongga cukup memberikan kesempatan untuk pemadatan tambahan akibat beban berulang dan flow dari aspal, Dapat memberikan kemudahan kerja sehingga tidak terjadi segregasi Aspal Beton diuji menggunakan metode Marshall.

F. Pencampuran Aspal Lapisan AC – WC (Asphalt Concrete – Wearing Course)

Lapisan AC – WC adalah jenis pekerasan jalan yang terdiri dari campuran agregat dan aspal, dengan atau tanpa bahan tambah. Material-material pembentuk beton aspal dicampur di instalasi pencampur pada suhu tertentu, kemudian diangkat ke lokasi, dihamparkan, dan dipadatkan. Suhu pencampuran ditentukan berdasarkan jenis aspal yang akan digunakan. Jika semen aspal, maka pencampuran umumnya antara 145 – 155 0C, sehingga disebut beton aspal campuran panas. Campuran ini dikenal dengan Hot Mix (Sylvia Sukirman, 2003). Material utama penyusun suatu campuran aspal sebenarnya hanya dua macam, yaitu agregat dan aspal, namun dalam pemakaiannya aspal dan agregat bisa menjadi bermacam-macam tergantung kepada metode dan kepentingan yang dituju pada penyusunan suatu perkerasan.

Salah satu produk campuran aspal yang kini banyak digunakan oleh Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah adalah AC-WC (Asphalt Concrete - Wearing Course) / Lapis Aus Aspal Beton. AC-WC adalah salah satu dari tiga macam campuran lapis aspal beton yaitu ACWC, AC-BC dan AC-Base. Ketiga jenis Laston tersebut merupakan konsep spesifikasi campuran beraspal yang telah disempurnakan oleh Bina Marga bersama-sama dengan Pusat Litbang Jalan. Dalam perencanaan spesifikasi baru tersebut menggunakan pendekatan kepadatan mutlak.

Penggunaan AC-WC yaitu untuk lapis permukaan (paling atas) dalam perkerasan dan

mempunyai tekstur yang paling halus dibandingkan dengan jenis laston lainnya. Pada campuran laston yang bergradasi menerus tersebut mempunyai sedikit rongga dalam struktur agregatnya dibandingkan dengan campuran bergradasi senjang. Hal tersebut menyebabkan campuran AC-WC lebih peka terhadap variasi dalam proporsi campuran. Gradasi agregat gabungan untuk campuran AC-WC yang mempunyai gradasi menerus tersebut ditunjukkan dalam persen berat agregat, harus memenuhi batas-batas dan harus berada di luar daerah larangan (restriction zone) yang diberikan dalam Tabel di bawah ini dengan membandingkan dengan AC-BC yang mempunyai ukuran butir agregat maksimum 25 mm atau 1" dan AC-Base 37,5 mm atau 1½". Sedangkan AC-WC mempunyai ukuran butir agregat maksimum 19 mm atau ¾". Tabel di bawah ini merupakan ketentuan sifat – sifat campuran beraspal panas di Indonesia yang dikeluarkan oleh Departemen Perhubungan dan Prasarana Wilayah.

Tabel 1 Sifat Campuran

Sifat Campuran		Laston		
		WC	BC	Base
Penyerapan Aspal (%)	Max		12.5	
Jumlah Tumbukan Per Bidang		75		112
Rongga Dalam Campuran (%)	Min	3.5	Max	5.5
Rongga Dalam Agregat (VMA)	Min	15	14	13
Rongga Terisi Aspal (%)	Min	65	63	60
Stabilitas Marshall	Min	800		1500
Kelelahan (Flow)	Min	3		5
Marshall Quotient	Min	250		300
Stabilitas Marshall Sisa (%)	Min		75	
Stelah Perendaman selama 24Jam				
Rongga Dalam Campuran (%)	Min		25	
Pada Kepadatan Membal				

G. Pencampuran Plastik dengan Aspal



Gambar 5 Proses Pencampuran

Sampah plastik, yang merupakan limbah buangan dari sektor domestik maupun industri, dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku untuk proses perkerasan jalan raya (Rangan, 2022). Sampah plastik seperti Polyethylene, Polypropylene, dan Polystyrene, digunakan untuk melapisi agregat dengan proses softening pada suhu antara 110 °C dan 140 °C, dan tidak menghasilkan gas beracun pada saat proses softening. Plastik yang telah melebur kemudian melapisi agregat panas pada suhu 160 °C dan menjadi Plastic Coated Aggregate (PCA). PCA yang terbentuk memiliki keunggulan yang lebih kuat untuk perkerasan jalan. PCA kemudian dicampur dengan aspal panas dengan berbagai tipe dan campurannya digunakan untuk konstruksi jalan (Pradipta, 2010). Campuran PCA dan aspal menunjukkan lebih meningkatnya ikatan dibandingkan campuran aspal pada umumnya. Campuran ini

menunjukkan peningkatan nilai stabilitas Marshall pada rentang 16 – 26.5 kN dan kapasitas bantalan beban meningkat 100 % yang menunjukkan peningkatan kekuatan dari campuran, juga ditemukan semakin sedikitnya lubang (rongga) pada campuran sehingga menangkai masuknya air pada campuran. Sampel campuran telah digunakan dalam jangka waktu 9 tahun dan tetap dalam keadaan yang baik (Vasudevan, dkk., 2011).

Data penentuan nilai stabilitas Marshall untuk campuran PCA adalah sebagai berikut:

Tabel 2 Data Penentuan Nilai Stabilitas

Bitumen Cair (%)	Plastik (%)	Tipe Plastik	Marshall Value (kN)	Flow Value (x0,25mm)	Presentase Rongga	Marshall Quotient (kN/mm)
4.5	5	PP	16	4	53	4
4.5	10	PP	20	5	55	4
4.5	5	LDPE	16	4	55	4
4.5	10	LDPE	17.5	4	55	4.38
4.5	10	PE foam	20	4	58	5
4.5	15	PE foam	22.5	4	56	5.63
4.5	20	PE foam	26.5	4	56	6.62

Titik softening (lebur) merupakan titik awal dimana plastik mengalami proses peleburan. Pada proses pencampuran plastik dengan agregat, titik softening plastik digunakan sebagai acuan (suhu operasi) dan dijaga agar tidak sampai pada suhu dekomposisi masing-masing plastik. Menurut Luqman dan Fery (2017), suhu pencampuran optimum plastik dengan agregat untuk setiap jenis plastik yang digunakan adalah sebagai berikut :

Tabel 3 Jenis Plastik

No.	Variabel Plastik	Rentang Suhu
1.	Polypropylene (PP)	160 – 170 °C
2.	HDPE	190 – 200 °C
3.	Campuran PP dan HDPE	180 – 190 °C

Hasil pembuatan aspal beton dengan penambahan plastik telah dilakukan serangkaian uji parameter Marshall, antara lain uji stabilitas, kelelahan (flow), Rongga dalam campuran, Rongga dalam agregat, Rongga terisi bitumen cair dan Marshall Quotient. Uji parameter Marshall dilakukan di Laboratorium Infrastruktur Jalan, Departemen Teknik Sipil FTV ITS Surabaya. Standar uji Marshall untuk aspal beton tipe AC-WC berdasarkan spesifikasi adalah sebagai berikut:

Gambar 6 Hasil Uji Marshall

1. Kadar Aspal Optimum (KAO) adalah persentase bitumen panas yang digunakan terhadap massa campuran agregat dan bitumen (aspal beton). Kadar aspal optimum yang memenuhi parameter uji Marshall sesuai hasil uji Pusjatan PUPR adalah 5,7%, dan angka ini menunjukkan kesamaan dengan hasil pengujian Luqman dan Ferry tersebut di atas.
2. VMA (Void in Mineral Aggregate) atau Rongga dalam Agregat adalah rongga diantara partikel agregat pada campuran aspal beton yang sudah dipadatkan, termasuk rongga udara

dan volume aspal efektif (tidak termasuk volume aspal yang terserap agregat). Nilai VMA pada pengujian tersebut menunjukkan hasil yang sesuai pada penambahan plastic 5% bahkan pada penambahan plastik 10% menunjukkan tingkatan yang lebih tinggi yakni 16,6 t/M³.

3. VIM (Void in Mixed Aggregate) adalah rongga yang berada diantara berbagai partikel agregat yang terselimuti aspal dan plastik dalam suatu campuran yang telah dipadatkan (Rakyat, n.d.). VIM dinyatakan dalam persentase volume rongga terhadap volume aspal beton padat. Nilai VIM dari Gambar 2.6 menunjukkan bahwa variabel campuran penambahan plastik telah memenuhi syarat VIM spesifikasi Bina Marga, yaitu antara 3-5 %, kecuali pada variabel penambahan campuran HDPE dan PP (Bitumen, 1990). Spesifikasi untuk VIM merupakan suatu range presentase, dikarenakan VIM tidak memenuhi syarat bila nilainya terlalu besar ataupun terlalu kecil. Bila nilai VIM terlalu besar (diatas 5 %), rongga di dalam suatu aspal beton akan semakin banyak dan menyebabkan penurunan stabilitas aspal beton dan akan semakin mudah hancur, tetapi bila nilai VIM terlalu kecil (dibawah 3 %), rongga di dalam suatu aspal beton akan semakin sedikit dan menyebabkan penurunan kemampuan penyaluran air pada permukaan aspal beton ke dalam tanah.
4. VFB (Void Filled with Bitumen) merupakan bagian dari VMA yang terisi oleh aspal, tidak termasuk aspal yang teradsorpsi oleh masing-masing butir agregat. Uji VFB memiliki syarat spesifikasi dengan presentase volume rongga yang terisi minimal sebesar 65 %. Besarnya nilai VFB yang dimiliki oleh aspal beton menunjukkan baiknya proses terisinya bitumen cair pada aspal beton. Apabila nilai VFB dibawah 65 %, secara fisik maupun kualitas aspal beton semakin rendah, yang kemudian berbanding lurus dengan uji stabilitas dan flow. Hasil uji menunjukkan harga VFB dari beberapa variabel campuran penambahan plastik memenuhi syarat VFB spesifikasi Bina Marga (BIM & RAKYAT, 2018).
5. Stabilitas adalah kemampuan perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur dan bleeding. Kebutuhan akan stabilitas sebanding dengan fungsi jalan dan beban lalu lintas yang dilewati. Bila jalan yang dilewati memiliki volume lalu lintas tinggi dan mayoritas kendaraan berat, akan membutuhkan perkerasan jalan dengan stabilitas tinggi. Uji stabilitas dapat dilakukan dengan menggunakan alat Marshall Stabilitas Tester. Didapatkan bahwa dengan penambahan plastik pada substitusi aspal dapat meningkatkan stabilitas suatu campuran. Hasil pengujian menunjukkan harga stabilitas dari semua variabel campuran plastik memenuhi syarat stabilitas spesifikasi Bina Marga, yaitu minimal 800 kg.
6. Uji flow (kelelahan) merupakan suatu pengujian kemampuan aspal beton menerima lendutan berulang akibat pemberian beban, sampai tepat terjadinya kelelahan berupa alur dan retak (Sitorus, 2018). Dari hasil pengujian pada diperoleh bahwa dengan penambahan plastik pada pembuatan aspal beton dapat menurunkan nilai flow suatu campuran (Rahmawati, 2017). Hasil penelitian menunjukkan harga flow dari semua variabel campuran penambahan plastik memenuhi syarat flow spesifikasi Bina Marga, yaitu minimal 3 mm (Irfansyah et al., 2017). Apabila nilai flow yang didapat menunjukkan angka dibawah 3 mm, maka aspal beton tersebut memiliki jarak tempuh yang terlalu singkat untuk meleleh atau bisa dikatakan bahwa aspal beton akan semakin mudah hancur. Nilai flow juga merupakan salah satu faktor penting untuk penentuan nilai Marshall Quotient, dimana flow merupakan nilai pembagi stabilitas, semakin kecil nilai flow yang didapat maka nilai Marshall Quotient akan semakin besar, dengan tetap berdasar pada spesifikasi bahwa nilai flow minimal 3 mm (Susanto & Suaryana, 2019).

Dari perbedaan karakteristik dan peran antara bitumen cair dan plastik, didapatkan bahwa plastik adalah bahan komplementer terhadap pembuatan aspal beton, yang menghambat terlalu besarnya kelelahan dari aspal beton namun tetap pada spesifikasi minimal flow, sehingga aspal beton tetap tidak mudah hancur.

KESIMPULAN

Didapatkan bahwa dengan penambahan plastik pada substitusi aspal dapat meningkatkan stabilitas suatu campuran. Hasil pengujian menunjukkan harga stabilitas dari semua variabel campuran plastik memenuhi syarat stabilitas spesifikasi Bina Marga. Dari perbedaan karakteristik dan peran antara bitumen cair dan plastik, didapatkan bahwa plastik adalah bahan komplementer terhadap pembuatan aspal beton, yang menghambat terlalu besarnya kelelahan dari aspal beton namun tetap pada spesifikasi minimal flow, sehingga aspal beton tetap tidak mudah hancur.

DAFTAR PUSTAKA

- BIM, T., & RAKYAT, K. P. U. D. A. N. P. (2018). *Pelatihan Perencanaan Konstruksi Dengan Sistem Teknologi Building Information Modeling (BIM)*.
- Bitumen, S. (1990). *The Shell bitumen handbook*. Shell Bitumen UK.
- Hartono, Y., Mardhia, D., Ayu, I. W., & Masniadi, R. (2020). *Pengelolaan dan Pemanfaatan Sampah Berbasis Rumah Tangga*. Literasi Nusantara.
- Irfansyah, P. A., Setyawan, A., & Djumari, D. (2017). Karakteristik Marshall Pada Campuran Aspal Beton Menggunakan Daspal Sebagai Bahan Pengikat. *Matriks Teknik Sipil*, 5(3).
- Lalu, A. A. (2020). *EARING COURSE MENGGUNAKAN ASPAL MODIFIKASI STYROFOAM PADA BERBAGAI SUHU PENCAMPURAN*. Universitas Mataram.
- Pradipta, W. (2010). *Karakteristik permeabilitas pada aspal beton campuran hangat untuk campuran antara agregat baru-reclaimed asphalt pavement dan aspal-residu oli*.
- Rahmawati, A. (2017). Perbandingan Penggunaan Polypropilene (PP) dan High Density Polyethylene (HDPE) pada campuran Laston_WC. *Media Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Malang*, 15(1), 11–19.
- Rakyat, K. P. U. D. P. (n.d.). *Direktorat Jendral Bina Marga Spesifikasi Umum 2018 Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan Dan Jembatan*. Jakarta.
- Rangan, P. R. (2022). *Orasi Ilmiah Dies Natalis UKI Toraja 55: Menyiapkan Infrastruktur Cerdas dan Ramah Lingkungan di Era Pasca Pandemi Menuju Masyarakat Society 5.0 serta Nature 5.0 yang Berkelanjutan*.
- Rosyad, F., Prastyo, N., & Kasmuri, M. (2017). Analisis Pengaruh Penambahan Limbah Karet Terhadap Durabilitas Dan Flexibilitas Aspal Beton (AC-WC). *Jurnal Tekno*, 14(2), 23–31.
- Septiani, B. A., Arianie, D. M., Risman, V., Handayani, W., & Kawuryan, I. S. S. (2019). Pengelolaan Sampah Plastik di Salatiga: Praktik dan Tantangan. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 17(1), 90–99.
- Sitorus, F. H. (2018). *Pemanfaatan Limbah Plastik sebagai Bahan Tambah Campuran Aspal pada Pengerasan Jalan AC-WC Terhadap Nilai Marshall*.
- Susanto, I., & Suaryana, N. (2019). Evaluasi kinerja campuran beraspal lapis aus (AC-WC) dengan bahan tambah limbah plastik kresek. *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, 17(2), 27–36.
- Widiyarsari, R., Zulfitriana, Z., & Fakhirah, S. (2021). Pemanfaatan sampah plastik dengan metode ecobrick sebagai upaya mengurangi limbah plastik. *Prosiding Seminar*

Nasional Pengabdian Masyarakat LPPM UMJ, 1(1).
Yuniarti, S., & Rachman, R. (2020). Studi Karakteristik Campuran AC-BC Berdasarkan Limbah Kantong Plastik Sebagai Bahan Tambah. *Paulus Civil Engineering Journal*, 2(2), 70–76.



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)