



(MUDIMA)



Studi Analisis Pemamfaatan Hasil Pengupasan Aspal untuk Daur Ulang Campuran HRS-WC

Sudirman Latjemma

Universitas Madako Tolitoli

Corresponding Author: Sudirman Latjemma sudirman.latjemma@gmail.com

ARTICLE INFO

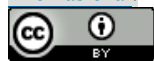
Kata kunci: Daur Ulang, Campuran Aspal, HRS-WC

Received : 5 October

Revised : 7 October

Accepted : 27 October

©2022 Latjemma: This is an open-access article distributed under the terms of the [Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



ABSTRACT

Limbah perkerasan aspal merupakan sumber daya yang dapat dimanfaatkan kembali. Dalam daur ulang aspal dikenal beberapa teknik daur ulang yaitu daur ulang pelaksanaan di lapangan (*In Place*) dan ditempat pencampur (*In Plant*), yakni hasil garukan dibawa ke alat pencampur untuk diperbaiki propertiesnya. Pemanfaatan bahan *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP) dapat digunakan kembali dalam campuran beraspal baru karena komponen dari campuran, aspal dan agregat masih memiliki nilai. Pencampuran beraspal hasil kupasan perkerasan lama perlu dilakukan pengujian ekstraksi kadar aspalnya, guna mengetahui bagaimana hasil pengujian nekstraksi dan gradasi dari perkerasan lama serta pemanfaatan hasil pengupasan aspal setelah didaur ulang berdasarkan Spesifikasi-Umum-2018-Revisi-1. Dari hasil ekstraksika dar aspal rata-rata untuk campuran aspal HRS-WC (*Existing*), yaitu 5.19 %. Untuk memenuhi ketentuan spesifikasi kadar aspal efektif Min 5.90 %, Ketentuan syarat gradasi hasil Ekstraksi kadar aspal daur ulang yaitu 6.50 %. Sehingga diperlukan penentuan penambahan kadar aspal sebesar 1.31%. Agar campuran aspal HRS-WC (*Existing*). Dapat memenuhi syaratgrasi dan spesifikasi

PENDAHULUAN

LatarBelakang

Volume dan beban kendaraan cenderung terus bertambah sehingga diperlukan suatu inovasi dalam bidang pemeliharaan jalan guna mempertahankan atau menambah umur rencana jalan dalam melayani lalu lintas. Disadari atau tidak bahwa dibutuhkan infrastruktur yang kuat untuk menyehatkan ekonomi dan perkerasan jalan yang baik merupakan bagian yang sangat penting dari infrastruktur ini. Jika dana mencukupi maka metode rehabilitasi jalan yang lebih efektif dan efisien harus didapatkan. Peningkatan jalan dengan cara penambahan lapis tambahan yang terus menerus akan menyebabkan tebal lapis perkerasan semakin tebal dan bahan yang diperlukan semakin menipis.

Salah satu cara untuk memelihara dan merehabilitasi jalan-jalan yang rusak ialah dengan memberisatu lapis perkerasan baru (*overlay*) diatas perkerasan lama. Namun, cara ini memerlukan bahan jalan (agregat dan aspal) yang banyak sehingga perkerasan jalan lama menjadi tidak terpakai. Selain itu keterbatasan sumber daya alam dan pemanfaatan secara besar-besaran dapat merusak tata lingkungan hingga membuat bahan alam semakin langka dan harganya terus meningkat. Upaya yang dilakukan untuk menghemat sumber daya alam dan mengantisipasi keluarnya dana pemeliharaan jalan ialah dengan memanfaatkan kembali bahan-bahan lama dari perkerasan jalan lama yang sudah mengalami kegetasan akibat pemakaian jalan dalam waktu relatif lama dengan menambahkan material tertentu aspal sehingga

memenuhi persyaratan konstruksi, metode ini dikenal dengan Metode Daur Ulang (*Recycling*). Perkerasan jalan aspal daur ulang (*Recycling*) merupakan pengembangan teknologi konstruksi yang berkelanjutan untuk memberikan kontribusi pada terwujudnya usaha jasa konstruksi yang ramah lingkungan (*Environmentally Friendly Construction*). Limbah perkerasan aspal, merupakan sumber daya yang berharga yang dapat dimanfaatkan kembali. Limbah ini semakin banyak didaur ulang. Dalam daur ulang aspal dikenal beberapa teknik daur ulang yaitu daur ulang pelaksanaan di lapangan (*In Place*) dan ditempat pencampur (*In Plant*). Di lapangan (*In Place*) yakni penggarukan, pembentukan dan pemadatan ditempat. Dan ditempat pencampur (*In Plant*) yakni hasil garukan dibawa ke alat pencampur untuk diperbaiki propertiesnya. Ketebalan lapis perkerasan yang dibutuhkan dapat disesuaikan. Pemilihan jenis daur Jalan ulang antara lain mempertimbangkan kondisi permukaan, lalu lintas, dan ketersediaan alat konstruksi.

Pemanfaatan bahan *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP) dapat digunakan kembali dalam campuran beraspal baru karena komponen dari campuran, yaitu bahan pengikat (aspal) dan agregat masih memiliki nilai. Menggunakan RAP dalam campuran beraspal baru dapat mengurangi jumlah material baru yang harus ditambahkan, menghemat biaya dan sumber daya alam. Selain itu, campuran beraspal panas dengan RAP memiliki performa yang sama dengan campuran beraspal panas yang dibuat dengan semua material baru (Spesifikasi Umum-2018-Revisi-1). Penggunaan ulang pencampuran beraspal dari hasil kupasan perkerasan lama tidak hanya berlaku untuk agregatnya saja, tetapi juga untuk aspal yang menempel pada agregatnya..

Epps J.A., Little D.N dan Holmgreen R.J dalam bukunya *guidelines for recycling pavement materials* mengatakan konsep perkerasan daur ulang pada dasarnya merupakan upaya untuk melakukan penghematan energi dan bahan perkerasan seperti aspal dan agregat. Metode daur ulang menjadi suatu pilihan yang menarik untuk rehabilitasi perkerasan daur ulang meliputi pengelupasan perkerasan,

penghancuran, penambahan aspal atau bahan peremaja dan agregat baru jika diperlukan (Epps,1980).

Salah satu keuntungan dari perkerasan beraspal atau lentur dibandingkan dengan perkerasan kaku (*Rigid Pavement*) adalah material dilunakkan kembali kemudian digunakan beberapa kali baik dengan menambahkan aspal baru, agregat baru maupun bahan peremaja dengan berbagai metode pelaksanaan. Walaupun aspal dan agregat telah kehilangan beberapa sifat-sifatnya karena oksidasi, volatilisasi maupun pengaruh cuaca yang lain selama masa layan, namun kehilangan sifat-sifat ini relative kecil pada lapis perkerasan dimana rongga udara lebih kecil dari 5%. Pada beberapa kasus, kedalaman yang lebih dari ¼ inchi (± 0.6 cm) dari permukaan lapis keras, material aspal akan masih memiliki komposisi yang sama seperti saat pertama kali dihamparkan (Simanski, 1978). Metode daur ulang juga bias diterapkan untuk perbaikan kerusakan pada lapis pondasi. Lapis pondasi perkerasan lentur umumnya terdiri atas lapis yang tidak diberi asphalt treatment (*Granular Base Course*) dan lapis permukaan dengan bahan aspal. Pada awal pembangunan keduanya dalam kondisi baik, nilai struktural lapis perkerasan beraspal kurang lebih 2-3 kali nilai struktural lapis perkerasan beraspal kurang lebih 2-3 kali nilai struktural lapis bergranural (Williams.1978)

Metode daur ulang pada dasarnya dapat dilakukan melalui proses campuran panas (*Hot Mix Recycling*). Proses *recycling* dapat dilaksanakan dilapangan (*in place*) atau pada mesin pencampur aspal (*in plant*), sedangkan peralatan disesuaikan dengan metode daur ulang yang dipakai.

Pada dasarnya perbaikan lapis perkerasan dengan metode daur ulang dapat dilaksanakan setelah terlebih dahulu dilakukan pemeriksaan awal untuk mengetahui kondisi permukaan dan kondisi material perkerasan. Dari pemeriksaan awal ini akan diketahui metode apa yang sesuai untuk digunakan dalam teknik daur ulang maupun cara modifikasi yang harus dilakukan, agar menghasilkan lapis perkerasandaurulang yang memenuhikualitas

optimal yang direncanakan. Pengambilan contoh material perkerasan yang akan didaur ulang melakukan *core drill* pada ruas jalan yang akan ditangani. Bahan hasil *core drill* dari perkerasan, selanjutnya diperiksa dan dievaluasi untuk mengetahui kualitas dan sifat-sifat yang dimiliki.

Secara garis besar evaluasi bahan-bahan ini dibagi menjadi 3 yaitu:

a. Evaluasi Campuran Perkerasan Lama

Pemeriksaan campuran perkerasan diperlukan untuk mengetahui komposisi material pada campuran dan untuk mengetahui kualitas campuran perkerasan. Pemeriksaan yang harus dilakukan untuk memenuhi tujuan tersebut adalah pemeriksaan maksimum *specific gravity*, *density*, dan pemeriksaan *ekstraksi*. Dari pemeriksaan *density* akan diketahui kepadatan campuran. Tujuan dari pemeriksaan ini untuk menentukan volume bahan tambahan dalam proses daur ulang. Besarnya rongga udara dalam campuran dapat dihitung dari pemeriksaan *density* dan *maximum specific gravity*. *Maksimum specific gravity* ini menggambarkan kepadatan campuran yang sesungguhnya atau merupakan berat perunit volume tanpa rongga udara. Tujuan dari pemeriksaan ini untuk menghitung kepadatan teoritis daur ulang yang direncanakan.

Besarnya komposisi agregat dan aspal dalam campuran diperoleh dari pengujian *ekstraksi* dengan demikian kadar aspal dalam campuran dapat diketahui.

b. Evaluasi Agregat.

Evaluasi agregat dilakukan setelah pemeriksaan *ekstraksi*. Agregat yang telah terpisah dari campuran perkerasan diperiksa untuk mengetahui gradasinya. Gradasi agregat ini diperlukan untuk menentukan kombinasi agregat yang harus ditambahkan kedalam campuran kerja. Persyaratan pokok yang harus dipenuhi oleh batuan yang akan dipergunakan sebagai bahan campuran lapis perkerasan jalan antara lain tahan terhadap keausan, serta mempunyai

kekerasan yang dapat mendukung beban kendaraan.

c. Evaluasi Aspal

Kandungan aspal dalam campuran perkerasan lama perlu diperiksa untuk mengetahui sifat fisiknya dan kualitas aspal serta seberapa jauh perubahan sifat-sifat fisik akibat pengaruh lingkungan dan pembebanan.

Reclaimed Asphalt Pavement (RAP)

Lembaga Pengembangan Jasa Konstruksi (2013) perkerasan aspal jalan daur ulang (*recycling*) merupakan pengembangan teknologi konstruksi yang berkelanjutan untuk memberikan konstruksi pada terwujudnya usaha jasa konstruksi yang ramah lingkungan (*Environmentally Friendly Construction*). Limbah perkerasan aspal, merupakan aspal, merupakan sumber daya yang berharga yang dapat dimanfaatkan kembali. Limbah ini semakin banyak didaur ulang.

Campuran aspal adalah kombinasi material bitumen dengan agregat yang merupakan permukaan perkerasan yang biasa dipergunakan akhir-akhir ini. Material aspal dipergunakan untuk jenis jalan raya dan merupakan salah satu bagian dari lapisan aspal beton jalan raya kelas satu hingga di bawahnya. (Rian Putrowijoyo, 2006). Aspal beton adalah campuran dengan bahan pembentuk berupa agregat kasar (*coarse aggregate*), agregat halus (*fine aggregate*), bahan pengisi (*filler*) dan aspal yang pada umumnya dicampur dan dipadatkan dalam keadaan panas (*hot mix*), dengan perbandingan persentase yang berbeda-beda. Jenis campuran aspal beton dirangkum dalam spesifikasi baru yang terdiri dari aspal beton lapis aus (*AC-WC*), dan aspal beton lapis pengikat (*AC-BC*), dan aspal beton lapis pondasi (*AC-Base*). Dalam hal ini, campuran aspal beton lapis aus (*AC-WC*) yaitu campuran yang langsung menderita gesekan akibat rem kendaraan sehingga mudah menjadi aus (*wearing course*) harus diperhatikan ketahanannya. Aspal beton lapis aus mempunyai fungsi utama sebagai pelindung konstruksi dibawahnya dari kerusakan akibat pengaruh air dan cuaca, sebagai lapisan aus dan menyediakan permukaan jalan yang rata dan tidak

licin. Kadar aspal yang dikandungnya haruslah cukup sehingga dapat memberikan lapis yang kedap air. Agregat yang digunakan lebih halus dibandingkan dengan aspal beton yang berfungsi sebagai lapis pondasi. (Silvia Sukirman,2003).

Pesyaratan Material Campuran Aspalbeton

Agregat

Agregat adalah suatu bahan keras dan kaku yang merupakan komponen mendasar dalam campuran beraspal. Agregat harus memiliki sifat-sifat tertentu agar dapat menghasilkan kualitas yang baik sehingga dapat menahan beban yang bekerja pada permukaan jalan maupun pada lapisan bawah permukaan. Agregat secara umum didefinisikan juga sebagai formasi kulit bumi yang kerja dan penyal (*solid*). Agregat yang digunakan untuk campuran beraspal umumnya berasal dari sumber alam, baik berupa hasil peledakan dan penambangan dari sumber batuan, pengerukan dan penggalian dari lubang tambang, muara-muara ataupun sungai-sungai. (Silvia Sukirman,2003)

Persyaratan agregat yang ditetapkan sebagai persyaratan umum misalnya penyerapan air oleh agregat, baik agregat kasar maupun agregat halus diisyaratkan maksimum 3%, demikian pula dengan berat jenis (*Specific Gravity*) agregat kasar dan agregat halus tidak boleh berbeda lebih dari 0,2. Berat jenis untuk bahan pengisi (*filler*) sulit ditentukan dengan teliti, namun bila dalam perhitungan digunakan berat jenis nyata (*apparent*) dari bahan pengisi, penyimpangan dapat diabaikan. (Dep. Kimpraswil, Puslitbang Prasarana Transportasi, 2002)

Gradasi agregat dapat dibedakan atas:

1. Gradasi seragam (*uniform graded / open graded*), adalah agregat dengan ukuran yang hampir sama / sejenis atau mengandung agregat halus yang sedikit jumlahnya sehingga tidak dapat mengisi rongga antara agregat.
2. Gradasi rapat/menerus (*dense graded/continuous graded*), merupakan campuran agregat kasar dan halus dalam porsi yang berimbang.
3. Gradasi buruk / jelek (*poorly graded*), merupakan campuran agregat yang tidak

memenuhi 2 kategori diatas. Agregat beragradasi buruk umumnya digunakan untuk lapisan perkerasan lentur yaitu gradasi celah (*gap graded*), merupakan campuran agregat dengan 1 fraksi yang hilang atau 1 fraksi sedikit sekali. Sering disebut juga gradasi senjang. Agregat dengan gradasi senjang akan menghasilkan lapisan perkerasan yang mutunya terletak antara kedua jenis diatas. (Silvia Sukirman,1999)

Menurut rancangan spesifikasi umum bidang jalan dan jembatan, divisi VI untuk campuran beraspal panas, Dep. PU, edisi November 2010 revisi 3 memberikan syarat untuk agregat sebagai berikut:

1. Agregat kasar

Agregat kasar adalah agregat yang tertahan pada saringan no. 8 (2,36 mm), berupa batu pecah atau kerikil pecah yang bersih, kering, awet kuat dan bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya serta memenuhi persyaratan dalam table 2.1. Agregat kasar mempunyai peran sebagai pengembang volume mortar, menjadikan campuran lebih kompak, meningkatkan ketahanan mortar terhadap kelelahan (*flow*) dan meningkatkan stabilitas. Campuran dengan kandungan agregat kasar rendah mempunyai daya tahan yang lebih baik dari kandungan yang lebih tinggi, karena membutuhkan kadar aspal lebih banyak. (Silvia Sukirman, 1999)

2. Agregat Halus

Agregat halus adalah agregat yang lolos pada saringan No. 8 (2,36 mm) dan tertahan pada saringan No.200 (0,075 mm) berupa butir-butir batu pecah, pasir, atau mineral lainnya baik berupa hasil alam maupun buatan yang memiliki tingkat kehalusan kurang dari 5 mm dan bersih dari kotoran atau bahan-bahan lainnya yang tidak dikehendaki serta memenuhi persyaratan.

Aspal

Aspal didefinisikan sebagai material yang berwarna hitam atau coklat tua, pada temperature ruang terbentuk padat sampai agak padat. Jika dipanaskan sampai suatu temperature suhu tertentu aspal dapat menjadi lunak/cair, jika temperatur mulai turun,

aspal mengeras dan mengikat agregat pada tempatnya. (Silvia Sukirman, 1999)

Aspal yang digunakan pada konstruksi perkerasan jalan berfungsi sebagai:

1. Bahan pengikat agregat, memberikan ikatan yang kuat antara aspal dan agregat dan antara sesama aspal.
2. Bahan pengisi, mengisi rongga antar butir agregat dan pori-pori yang ada dalam butir agregat itu sendiri.

Sedangkan aspal mempunyai sifat-sifat sebagai berikut:

1. Daya tahan
2. Adhesi dan kohesi
3. Kepekaan terhadap temperatur

Aspal yang umumnya digunakan saat ini terutama berasal dari salah satu hasil proses destilasi minyak bumi yang menghasilkan bahan dasar aspal (*asphaltic base crude oil*) dan sering disebut sebagai aspal semen.

Perkerasan Daur Ulang (*Recycling*)

Teknologi perkerasan daur ulang (*recycling*) yaitu teknologi yang memanfaatkan kembali material (agregat dan aspal) perkerasan lama untuk dijadikan kembali sebagai bahan perkerasan yang baru.

Penggunaan metode daur ulang untuk mengatasi permasalahan perbaikan jalan atau rekonstruksi jalan dapat menghemat penggunaan aspal dan agregat, serta tidak merusak geometri jalan akibat penumpukan lapisan perkerasan yang terus menerus (Sumantri dkk. 2014). Material yang digunakan untuk metode daur ulang adalah bahan kupasan aspal dan bila diperlukan ditambahkan aspal dan agregat baru. Bahan kupasan aspal ini mengandung aspal dan agregat lama. Untuk mencapai hasil yang memadai pada umumnya aspal dan agregat lama perlu diperbaharui baik sifat-sifatnya maupun radasinya (Novita, Subagio dan Rahman 2011).

Penggunaan RAP dalam campuran beraspal agar bercampur efektif dengan bahan pengikat baru, beberapa Negara di Eropa telah membatasi kekerasan bitumen RAP yang dapat digunakan,

yaitu nilai penetrasi dan titik lembek seperti disajikan pada Tabel 1 (Nikolaides Athanassios 2015). Perkerasan dengan menggunakan daur ulang memiliki kelebihan, antara lain:

1. Apabila digunakan secara tepat, *recycling* dapat menghemat biaya yang berarti disbanding dengan penggunaan material baru.
2. Membantu melakukan konservasi bahan alam dengan berkurangnya kebutuhan material baru.
3. Dengan *recycling* maka dapat menjaga geometri perkerasan, karena tidak bertambahnya tebal perkerasan. Ketergangguan lalu lintas juga berkurang disbanding teknik rehabilitasi lainnya.

Penggunaan bahan daur ulang yang telah dikenal dengan beberapa teknik, yaitu daur ulang pelaksanaan di lapangan (*in place*) dan ditempat pencampur (*in plant*).

1. Dilapangan (*in place*): Penggarukan, pembentukan dan pemadatan ditempat.
2. Ditempat pencampur (*in plant*): Hasil garukan dibawa ke alat pencampur untuk diperbaiki propertiesnya. Ketebalan lapis perkerasan yang dibutuhkan dapat disesuaikan.

Pemilihan jenis daur ulang antara lain mempertimbangkan kondisi permukaan, lalu lintas, ketersediaan alat konstruksi yang dipilih

METODE

Penelitian ini meliputi persiapan dan pengujian bahan baku, pengujian ekstraksi, pengujian berat jenis perkerasan lama dan membuat campuran lapis tipis aspal beton (*hot rolled sheet*, HRS) panas dengan variasi kadar aspal 5,00%; 5,50%; 6,00%; 6,50%; 7,00%, 7,50% dan 6,85 % terhadap bongkaran HRS-WC. Setelah itu dilakukan pengujian Stabilitas Marshall dan kelelahan (*flow*). Bahan-bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Bahan bongkaran atau limbah aspal
Bahan utama percobaan di laboratorium adalah bahan bongkaran sisa aspal lapis perkerasan jalan Samratulangi Kel.Tuweley.
2. Material tambahan

Material tambahan yang digunakan yaitu batu pecah 3/4, batu pecah 3/8 abu batu, pasir alam dan aspal pen 60/70. Bahan tambahan yang digunakan berasal “EX. CRUSHER TINIGI”.

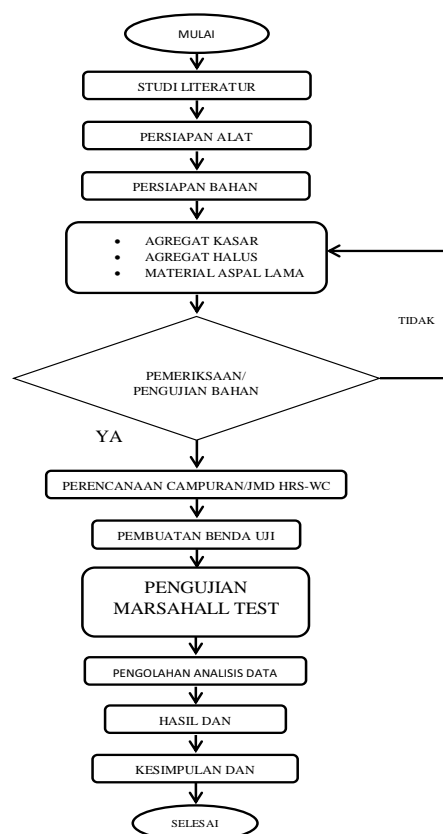
Dan peralatan yang digunakan adalah Satu set saringan standar ASTM, oven lengkap dengan pengatur suhu, thermometer, timbangan *triple beam* dengan ketelitian 0,1 gram, timbangan digital dengan ketelitian 1 gram, wadah air, satu set alat pencampuran (sendok, baskom plastic kecil, baskom stainless, kuas, dan spatula), satu set cetakan (*mold*) berbentuk silinder dengan diameter 101,45 mm dan tinggi 80 mm lengkap dengan plat atas dan leher sambung, satu set alat pemadat briket (*compactor*) yang mempunyai permukaan rata berbentuk silinder, dengan berat 4,536 kg, tinggi jatuh bebas 45,7 cm (18 inc), landasan pemadat menggunakan landasan yang terbuat dari karet, dongkrak hidrolis untuk mengeluarkan benda uji dari *mold*, alat uji *Marshall*, alat penunjang seperti sarung tangan, kunci L, obeng, DLL. Benda uji pada penelitian ini berbentuk silinder dengan ukuran diameter 101,45 mm dan berat 1200 gram. Pada tahap persiapan ini diperlukan semua data sekunder, bahan-bahan, alat-alat dan urutan pekerjaan sebagai berikut:

1. Mempersiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan.
2. Menyaring agregat campuran sesuai gradasi spesifikasi rencana.
3. Membuat komposisi campuran HRS-WC
- 3 Melakukan penimbangan campuran berdasarkan komposisi perbandingan agregat kasar dan agregat halus yang telah ditentukan untuk masing-masing benda uji.

Setelah mengetahui kadar aspal pemadatan optimum, dilakukan pengujian MARSHALL, untuk pengujian stabilitas sisa. Adapun tahapan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Pengambilan bongkaran perkerasan/RAP Jln. Samratulangi Kelurahan Tuweley pengambilan diusahakan pada satu lokasi agar didapat material, yang *relative* homogeny baik umur perkerasan maupun *job mix formula*.
2. Persiapan Alat Dan Bahan

3. Pengujian Bahan
 - Agregat Kasar
 - Agregat Halus
 - Material Aspal Lama
4. Perencanaan campuran HRS-WC
5. Pembuatan benda uji MARSHALL
6. Pengujian Marshall Test
 - Water Bath
 - Alat Marshall
7. Hasil dan pembahasan
8. Kesimpulan Dan Saran



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Hasil dari pengujian pemamfaatan hasil pengupasan aspal untuk daur HRS-WC, dengan tambahan material yaitu batu pecah 3/4, batu pecah 3/8, pasirlam, abu batu aspal pen 60/70, yang bersumberdari Ex Tinigi, Hasil yang ditampilkan merupakan hasil pengujian sebagai berikut :

Tabel 1. Jenis Dan Metode Pengujian

NO.	JENIS PENGUJIAN	METODE PENGUJIAN
1	Keausan Agregat Mengan Mesi Los Angeles	SNI 03-2417-1991
2	Analisa Saringan Agregat Kasar Dan Halus	SNI 03-1968-1991
3	Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Kasar	SNI 03-1969-1990
4	Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus	SNI 03-1970-1990
5	Kelekatan Agregat Terhadap Aspal	SNI. 2439 : 2011
6	Angularitas Agregat Kasar	PTM NO. 621
7	Angularitas Agregat Halus	SNI 03-6877-2002
8	Material Lolos Ayakan No. 200 Agregat Kasar	SNI 03-4142-1996
9	Material Lolos Ayakan No. 200 Agregat Halus	SNI 03-4428-1997
10	Berat Jenis Maksimum Camouran Beraspal	SNI 06-2412-1991
11	Campuran Aspal Dengan Alat Marshall	SNI 06-2489-1991

Hasil-Hasil Pengujian

Table 2. Hasil Pengujian sifat fisik Agregat Kasar
Ex. Tinigi

NO.	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian Bahan			Spec.
		Batu Pecah 3/4"	Batu Pecah 3/8"	Campuran Beraspal Lama	
1	Analisa Saringan				
	- 1" (25 mm) (%)	100	100.00	100.00	
	-3/4" (19 mm) (%)	100	100.00	100.00	
	- 1/2" (12,5 mm) (%)	43.56	99.47	83.59	
	- 3/8" (9,5 mm) (%)	14.05	97.68	74.09	
	- No.8 (2,36 mm) (%)	1.26	10.78	56.69	
	- No.30 (0,600 mm) (%)	1.17	6.38	27.52	
	- No.200 (0,075 mm) (%)	1.04	3.69	4.90	
2	Abrasi (Los Angeles) (%)	30.67			Max. 40 %
3	Berat Jenis & Penyerapan Air				
	- Berat Jenis Bulk	2.653	2.616	2.487	
	- Berat Jenis SSD	2.693	2.657	-	
	- Berat Jenis Apparent	2.764	2.727	-	
	- Penyerapan	1.508	1.565	-	
4	Angularitas (%)	96 / 92		-	Min.95/90
5	Material Lolos Ayakan No.200 (%)	1.08	3.41	-	Max. 1
6	Partikel Pipih Dan Lonjong (%)	2.56		-	Max.10
7	Kelekatan Agregat Terhadap Aspal (%)	> 95 %		-	Min. 95
8	Kadar Aspal Hasil Ekstraksi(%)	-		5.19	

Tabel 3. Hasil Pengujian Sifat Fisik Agregat Halus
Ex. Tinigi

NO.	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian Bahan			Spec.
		Batu Pecah 3/4"	Batu Pecah 3/8"	Campuran Beraspal Lama	
1	Analisa Saringan				
	- 1" (25 mm) (%)	100	100.00	100.00	
	-3/4" (19 mm) (%)	100	100.00	100.00	
	- 1/2" (12,5 mm) (%)	43.56	99.47	83.59	
	- 3/8" (9,5 mm) (%)	14.05	97.68	74.09	
	- No.8 (2,36 mm) (%)	1.26	10.78	56.69	
	- No.30 (0,600 mm) (%)	1.17	6.38	27.52	
	- No.200 (0,075 mm) (%)	1.04	3.69	4.90	
2	Abrasi (Los Angeles) (%)	30.67			Max. 40 %
3	Berat Jenis & Penyerapan Air				
	- Berat Jenis Bulk	2.653	2.616	2.487	
	- Berat Jenis SSD	2.693	2.657	-	
	- Berat Jenis Apparent	2.764	2.727	-	
	- Penyerapan	1.508	1.565	-	
4	Angularitas (%)	96 / 92		-	Min.95/90
5	Material Lolos Ayakan No.200 (%)	1.08	3.41	-	Max. 1
6	Partikel Pipih Dan Lonjong (%)	2.56		-	Max.10
7	Kelekatan Agregat Terhadap Aspal (%)	> 95 %		-	Min. 95
8	Kadar Aspal Hasil Ekstraksi(%)	-		5.19	

Tabel 4. Rencana Gradasi Campuran HRS-WC

Uraian	Ukuran Saringan						
	1"	3/4"	1/2"	3/8"	#8	#30	#200
Inci	25	19	12.5	9.5	2.39	0.6	0.075
Mm	25	19	12.5	9.5	2.39	0.6	0.075
a). GRADASI AGREGAT							
Batu Pecah 3/4" Ex. Tinigi	100.00	100.00	43.56	14.05	1.26	1.17	1.04
Batu Pecah 3/8" Ex. Tinigi	100.00	100.00	99.47	97.68	10.78	6.38	3.69
Abu Batu Ex. Tinigi	100.00	100.00	100.00	100.00	85.82	35.29	7.55
Pasir Ex. Tinigi	100.00	100.00	100.00	100.00	95.59	59.93	6.33
Filler Semen (Tonasa)	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	90.47
Campuran Beraspal Lama Ex. Jln. Samratulangi	100.00	100.00	83.59	74.09	56.69	27.52	4.90
b). KOMBINASI GRADASI							
Batu Pecah 3/4" Ex. Tinigi = 13%	13.00	13.00	5.67	1.83	0.16	0.16	0.14
Batu Pecah 3/8" Ex. Tinigi = 14%	14.00	14.00	13.93	13.68	1.51	0.89	0.52
Abu Batu Ex. Tinigi = 18%	18.00	18.00	18.00	18.00	15.45	6.35	1.36
Pasir Ex. Tinigi = 40%	40.00	40.00	40.00	40.00	38.24	23.97	2.53
Filler Semen (Tonasa) = 0%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Campuran Beraspal Lama Ex. Jln. Samratulangi = 15%	15.00	15.00	12.54	11.11	8.50	4.13	0.73
TOTAL GRADASI = 100%	100.00	100.00	90.13	84.62	63.86	35.50	5.28
Titik Kontrol (Control)							

Tabel 5. Komposisi JMD HRS-WC

KOMPOSISI JOB MIX DESIGN (JMD) 2022											
MATERIAL EX. CRUSHER TINIGI + CAMP. ASPAL DAUR ULANG											
KOMPOSISI BRIKET HRS-WC (SPESIFIKASI 2018)											
BERAT TOTAL BRIKET = 1200 GRAM											
VARIASI KADAR ASPAL (%) :	5.00	5.50	6.00	6.50	7.00	7.50	6.50	6.85			
BERAT VARIASI ASPAL (gr) :	60	66	72	78	84	90	78	82			
BERAT ADITIF 0.2%(gr) :	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			
BERAT AGG. KASAR DAN AGG. HALUS (gr) :											
	1140.0	1134.0	1128.0	1122.0	1116.0	1110.0	1122.0	1117.8			
KADAR ASPAL (%)											
BATU 3/4" (gr)	=	13	=	148.2	147.4	146.6	145.9	145.1	144.3	145.9	145.3
BATU 3/8" (gr)	=	14	=	159.6	158.8	157.9	157.1	156.2	155.4	157.1	156.5
ABU BATU (gr)	=	18	=	205.2	204.1	203.0	202.0	200.9	199.8	202.0	201.2
PASIR (gr)	=	40	=	456.0	453.6	451.2	448.8	446.4	444.0	448.8	447.1
FILLER (gr)	=	0	=	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ASPAL LAMA (gr)	=	15	=	171.0	170.1	169.2	168.3	167.4	166.5	168.3	167.7
ASPAL (gr)				60	66	72	78	84	90	78	82
ADITIF (gr)				0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
JUNLAH (gr)				1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200
JUNLAH BRIKET (buah)				2	2	2	2	2	2	8	2

Tabel 6. Percobaan Marshall

PERCOBAAN MARSHALL																	
SNI.06-2489-1991																	
Kalibrasi Proving Ring = 21.591 Kg																	
No.	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q
1a	5.0	1183.9	1196.2	650.3	545.9	2.189						30	648	602	3.8		
1b		1188.9	1200.7	654.1	546.6	2.175						34	734	683	3.9		
Rata2						2.172	2.369	18.44	8.30	54.96			643	3.9	166.90	4.81	
2a	5.5	1184.6	1198.8	655.6	543.2	2.181						43	928	891	4.3		
2b		1188.0	1199.5	656.7	542.8	2.189						45	972	933	3.9		
Rata2						2.185	2.353	18.36	7.13	61.21			912	4.1	222.44	5.31	
3a	6.0	1184.5	1199.0	660.4	538.6	2.199						47	1015	1015	3.8		
3b		1190.1	1202.6	660.1	542.5	2.194						48	1036	1036	4.3		
Rata2						2.196	2.337	18.38	6.00	67.36			1026	4.1	253.23	5.81	
4a	6.5	1184.7	1193.6	658.5	535.1	2.214						45	972	972	3.5		
4b		1180.3	1191.7	656.7	535.0	2.205						47	1015	1015	3.8		
Rata2						2.210	2.321	18.31	4.78	73.90			993	3.7	272.11	6.31	
5a	7.0	1190.0	1202.5	659.1	543.4	2.191						38	800	800	3.1		
5b		1186.9	1195.4	653.3	543.1	2.185						39	842	842	3.3		
Rata2						2.188	2.306	18.55	5.09	73.96			831	3.2	259.77	6.81	
6a	7.5	1184.7	1196.7	643.5	532.2	2.142						28	605	605	3.0		
6b		1186.9	1195.8	646.7	530.1	2.158						30	648	648	2.8		
Rata2						2.150	2.290	21.40	6.15	71.27			626	2.9	215.91	7.50	

Tabel 7. Percobaan Marshall Pada Kadar Optimum

PERCOBAAN MARSHALL PADA KADAR OPTIMUM																	
SNI.06-2489-1991																	
Kalibrasi Proving Ring = 21.591 kg																	
No.	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q
1	6.50	1189.9	1207.5	661.7	545.8	2.180						35	756	756	3.1		
2		1190.3	1207.5	669.2	538.3	2.211						38	800	800	2.8		
3	6.50	1187.6	1208.3	667.1	542.2	2.190						32	691	691	3.1		
4		1186.4	1205.1	663.7	541.4	2.191						35	756	756	3.0		
Rata2						2.193	2.321	18.9	5.50	70.9			756	3.0	251.90	6.31	
STABILITAS MARSHALL SISA SETELAH PERENDAMAN 24 JAM PADA SUHU 60°C																	
										755.7	x 100 =		119.0	%			
										635.3							

PEMBAHASAN

Pembahasan Pemeriksaan Sifat Fisik Material

1. Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar Dan Halus

Metode ini dimaksudkan sebagai pegangan dalam pemeriksaan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat halus dan agregat kasar dengan menggunakan saringan. Tujuan pengujian ini ialah untuk memperoleh distribusi besaran atau jumlah persentase butiran baik agregat halus maupun agregat kasar, distribusi yang diperoleh dapat ditunjukkan dalam table atau grafik.

2. Pengujian Abrasi Agregat

Pengujian ini adalah untuk mengetahui angka keausan tersebut, yang dinyatakan dengan perbandingan antara berat bahan aus lolos saringan No. 12 (1,7 mm) terhadap berat semula, dalam persen.

3. Pengujian Extraksi

Pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan hasil kadar aspal dan gradasi material sisah pengupasan aspal Ex. Jln. Samratulangi, atau pemisahan antara aspal dan agregat dengan cara menambahkan pelarut seperti bahan bakar

(petralite) yang dapat melarutkan suatu bahan yang ada dalam campuran tersebut, metode pengujian ini meliputi persyaratan, ketentuan-ketentuan benda uji, peralatan, rumus-rumus perhitungan dan cara pengujian kadar aspal dalam campuran beraspal dengan cara ekstraksi menggunakan alat soklet, persyaratan benda uji adalah sebagai berikut :

- 1) benda uji harus dalam keadaan kering;
- 2) benda uji harus dibagi empat secara merata;
- 3) berat mineral atau agregat dalam campuran beraspal harus dihitung dari jumlah berat mineral yang ada dalam kertas saring ditambah berat mineral yang ada dalam larutan aspal.

4. Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

Metode ini dimaksudkan sebagai pegangan dalam pengujian untuk menentukan berat jenis curah, berat jenis kering permukaan jenuh, berat jenis semu, dan angka penyerapan dari pada agregat halus. Tujuan pengujian adalah untuk mendapatkan angka untuk berat jenis curah, berat jenis permukaan jenuh, berat jenis semu, dan penyerapan air pada agregat halus pada kondisi setelah (24±4) jam direndam dalam air.

5. Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

Metode ini dimaksudkan sebagai pegangan dalam pengujian untuk menentukan berat jenis curah, berat jenis kering permukaan jenuh, berat jenis semu dari agregat kasar, serta angka penyerapan dari agregat kasar. Tujuan pengujian ini untuk memperoleh angka berat jenis curah, berat jenis kering permukaan jenis dan berat jenis semu serta besarnya angka penyerapan.

6. Pengujian Campuran Aspal Dengan Alat Marshall

Metode ini dimaksudkan sebagai acuan dan pegangan dalam pelaksanaan pengujian campuran aspal dengan alat marshall, tujuan pengujian ini adalah untuk mendapatkan suatu campuran aspal yang memenuhi ketentuan-ketentuan yang telah ditetapkan di dalam criteria perencanaan

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan bahwa rancangan campuran Aspal Daur Ulang, yang mengambil sampel sisa pengupasan aspal Ex. Jln. Samratulangi dan tambahan material Ex. Crusher Tinigi, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

Dari hasil ekstraksi kadar aspal rata-rata untuk campuran aspal HRS-WC (*Existing*). Atau kadar aspal perkerasan lama yaitu 5.19 %. Sedangkan untuk memenuhi ketentuan spesifikasi kadar aspal efektif Min 5.90 %, dan untuk ketentuan syarat gradasi hasil Extraksi kadar aspal daur ulang yaitu 6.50 %. Sehingga diperlukan adanya penentuan penambahan kadar aspal sebesar 1.31%. Agar campuran aspal HRS-WC (*Existing*). Atau kadar aspal perkerasan lama dapat memenuhi ketentuan syarat gradasi dan spesifikasi

SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka ada beberapa hal yang disarankan:

1. Sebaiknya hasil pembuatan benda uji dari aspal daur ulang perlu dilakukan ekstraksi kembali guna memastikan apakah kadar aspal yang telah ditambahkan dengan hasil ekstraksi kadar aspal rata-rata untuk campuran aspal HRS-WC (*Existing*). Masih tetap memenuhi ketentuan syarat gradasi dan spesifikasi.
2. Sebelum pelaksanaan pekerjaan dimulai, disarankan untuk melakukan percobaan campuran di AMP (*Trial Mix*) dan lapangan (*Trial Compaction*), guna penyesuaian proporsi campuran rencana dengan kondisi peralatan yang sesuai dengan spesifikasi yang berlaku, berikut pembuatan JMF (*Job Mix Formula*).
3. Perlu dilakukan pengendalian mutu yang ketat meliputi keseragaman campuran, suhu campuran dan suhu pemadatan, serta pengambilan benda uji aspal dengan core drill dan analisis sifat-sifat campuran melalui pembuatan benda uji Marshall.

DAFTAR PUSTAKA

- Departemen Permukiman Dan Prasarana Wilayah (Kimpraswil). 2002. *Metode Spesifikasi Dan Tata Cara Bagian 10*. Jakarta: Badan Pusat Penelitian Dan Pengembangan Kimpraswil .Departemen Permukiman Dan Prasarana Wilayah (Kimpraswil).
- Epps J.A., Little D.N dan Holmgreen R.J. 1980. *guidelines for recycling pavement materials*. Transportation Research Board. Washington D.C
- Emrizal. 2009. *Pemamfaatan Material Daur Ulang Aspal Beton Untuk Material Aspal Beton Campuran Dingin Memakai Aspal Emulsi*. Tesis Magister. Surakarta. Universitas Sebelas Maret.
- Ir.Nono, M.Eng.Sc.2018. *Campuran Beraspal Panas Daur Ulang Dengan Proporsi RAP Tinggi Cetakan Ke-1*. Kementrian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Badan Penelitian Dan Pengembangan Jalan Dan Jembatan. Bandung.
- Novita, P., Subagio, B. S., & Rahman, H. 2011. *Kinerja Kelelahan Campuran Beton Aspal*. *Jurnal Transportasi*, 11.
- Nikolaides Athanassios. 2015. *Highway Engineering: Pavements, Materials And Control Of Quality*. New York: CRC Press .
- Sukirman, S. 1999. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Bandung: Penerbit Nova
- Saodang, H. 2004. *Konstruksi Jalan Raya, Buku 2 Perancangan Perkerasan Jalan Raya*. Bandung: Penerbit Nova.
- Sukirman, S. 2010. *Beton Aspal Campuran Panas*. Bandung. Penerbit Nova
- O'Sullivan, K. A. 2011. *Rejuvenation Of Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) In Hot Mix Asphalt Recycling With High RAP Content*. Worcester: Worcester Polytechnic Institute
- Putrawijoyo, R., 2006. *Kajian Laboratorium Sifat Marshall Dan Durabilitas Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC) Dengan Membandingkan Penggunaan Antara Semen Portland Dan Abu Batu Sebagai Filler*.Tesis Magister. Semarang. Universitas Diponegoro.
- The Asphalt Institute.1991. *Asphalt Hot Mix Recycling*. MS-20. Agustus. Maryland USA.
- Wiyono Eko dan Anni Susilowati. 2015. *Pemanfaatan Hasil Pengupasan Aspal Untuk Daur Ulang Campuran Beton Aspal*. Politeknologi Vol. 14 No. 1, Jakarta