

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Konstruksi Perkerasan Jalan**

Perkerasan jalan merupakan lapisan perkerasan yang mana terletak di antara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan, yang berfungsi untuk memberikan pelayanan kepada sarana transportasi. Fungsi perkerasan adalah untuk memikul beban lalu lintas secara cukup aman dan nyaman, serta sebelum umur rencananya tidak terjadi kerusakan yang berarti. Menurut Sukirman (2003) supaya perkerasan mempunyai daya dukung dan keawetan yang memadai, tetapi juga ekonomis, maka perkerasan jalan dibuat berlapis-lapis.

Menurut Sukirman (1992) berdasarkan bahan pengikatnya, konstruksi perkerasan jalan dapat dibedakan atas hal berikut:

a. Konstruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*)

Konstruksi perkerasan lentur adalah perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.

b. Konstruksi perkerasan kaku (*rigid pavement*)

Konstruksi perkerasan kaku adalah perkerasan yang menggunakan semen (*Portland Cement*) sebagai bahan ikat, Plat beton dengan atau tanpa tulangan

diletakkan di atas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah. Beban lalu lintas sebagian dipikul oleh pelat beton.

c. Konstruksi perkerasan komposit (*composite pavement*)

Konstruksi perkerasan komposit adalah perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur dapat berupa perkerasan lentur di atas perkerasan kaku, atau kaku di atas permukaan lentur.

## **2.2. Perkerasan Lentur**

Menurut Sukirman (1992) konstruksi perkerasan lentur terdiri dari lapisan-lapisan yang diletakkan diatas tanah dasar yang telah dipampatkan. Lapisan-lapisan tersebut berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkan ke lapisan dibawahnya. Konstruksi perkerasan lentur terdiri dari:

### **2.2.1. Lapisan permukaan (*surface course*)**

- a. Lapis perkerasan penahan beban roda, yaitu lapisan yang mempunyai stabilitas tinggi untuk menahan beban roda selama masa pelayanan.
- b. Lapis kedap air, sehingga air hujan yang jatuh diatasnya tidak meresap ke lapisan yang ada dibawahnya dan melemahkan lapisan-lapisan tersebut.
- c. Lapis aus (*wearing course*), yaitu lapisan yang langsung menderita gesekan akibat rem kendaraan sehingga mudah menjadi aus.

- d. Lapis yang menyebarkan beban ke lapisan bawah, sehingga dapat dipikul oleh lapisan lain yang mempunyai daya dukung yang lebih jelek.

### **2.2.2 Lapisan pondasi atas (*base course*)**

- a. Bagian perkerasan yang menahan gaya lintang dari beban roda dan menyebarkannya ke lapisan dibawahnya.
- b. Lapisan peresapan untuk lapisan fondasi bawah.
- c. Bantalan terhadap lapisan permukaan.

### **2.2.3 Lapisan pondasi bawah (*subbase course*)**

- a. Bagian dari konstruksi perkerasan untuk menyebarkan beban roda ke tanah dasar.
- b. Efisiensi penggunaan material, dimana material fondasi bawah relatif lebih murah dibanding dengan perkerasan yang ada diatasnya.
- c. Mengurangi tebal lapisan diatasnya yang lebih mahal.
- d. Lapis peresapan, agar air tanah tidak berkumpul di fondasi.
- e. Lapisan untuk mencegah partikel-partikel halus dari tanah dasar naik ke lapis fondasi atas.

### **2.2.4. Lapisan tanah dasar (*subgrade*)**

Lapisan tanah dasar dapat berupa tanah asli yang ditempatkan jika

tanah aslinya sudah baik. Tanah yang didatangkan dari tempat lain dan ditempatkan atau tanah yang distabilisasi dengan kapur atau bahan lainnya. Pemadatan yang diperoleh jika dilakukan pada kadar air optimum dan diusahakan kadar air tersebut konstan selama umur rencana.

## **2.3 Tipe Campuran Aspal Panas**

### **2.3.1 Lapis Aspal Beton**

Lapis Aspal Beton (Laston) yaitu suatu lapisan pada konstruksi jalan yang mana terdiri dari agregat kasar, agregat halus, *filler* serta aspal keras yang dicampur, dihampar dan dipadatkan dalam kondisi panas pada temperatur tertentu.

Laston menggunakan agregat kasar seperti agregat pecah, dimana berdasarkan bentuknya dikelompokkan berupa bentuk bulat, kubus, lonjong, pipih dan tak beraturan. Adapun bentuk dari agregat lonjong kurang baik apabila dipergunakan secara berlebihan karena mudah pecah. Oleh sebab itu, ASTM D-4791-95 membatasi indeks lonjong (*elongated index*) dalam campuran Laston maksimum sebesar 10% terhadap agregat kasar.

Pembuatan Lapis Aspal Beton (laston) dimaksudkan untuk memperoleh suatu lapisan permukaan atau lapis antara pada perkerasan jalan raya yang mampu memberikan sumbangan daya dukung yang terukur serta berfungsi sebagai lapisan kedap air yang dapat melindungi

konstruksi dibawahnya. Sebagai lapis permukaan, Lapis Aspal Beton harus dapat memberikan kenyamanan dan keamanan yang tinggi (Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton Untuk Jalan Raya, SKBI – 2.4.26.1987).

### 2.3.2 Lapis *Hot Rolled Asphalt*

*Hot Rolled Asphalt* (HRA) merupakan suatu lapisan penutup yang terdiri dari campuran antara agregat bergradasi timpang, *filler* seta aspal keras dengan perbandingan tertentu, yang dicampur dan dipadatkan dalam kondisi panas pada temperatur tertentu. *Hot Rolled Asphalt* mempunyai rongga dalam campuran yang cukup besar dan mampu menyerap aspal cukup tinggi ialah 6% sampai 13% tanpa terjadi *bleeding*, sehingga lapis keras tersebut memiliki *durabilitas* dan *fleksibilitas* yang tinggi (Intihan, 2004).

Campuran *Hot Rolled Asphalt* (HRA) mengacu pada persyaratan yang dikeluarkan oleh Direktorat Jendral Bina Marga pada Divisi-6 tahun 2010 tentang campuran beraspal panas yaitu tes *Marshall*.

**Tabel 2.1** Persyaratan Kualitas Campuran

No	Jenis Pemeriksaan	Satuan	Syarat
1.	Kepadatan/ <i>density</i>	gr/cc	(-)
2.	<i>Stabilitas</i>	Kg	Min.800

3.	Kelelehan ( <i>flow</i> )	Mm	Min. 3
4.	Marshall Quotient	kg/m	Min. 250
5.	VITM (persentase rongga terhadap campuran)	%	Min.4 Maks. 6
6.	VFWA (rongga terisi aspal)	%	Min. 68

Sumber : Spesifikasi umum Divisi-6 perkerasan aspal, Bina Marga,( 2010)

### 2.3.3 Lapis Stone Matrix Asphalt

*Split Mastic Asphalt* (SMA) merupakan suatu campuran dengan gradasi timpang yang mana mempunyai kandungan agregat kasar yang cukup tinggi, dengan demikian meningkatkan kontak antar butiran batu dengan batu (*stone to stone contact*) di dalam campuran, sehingga dapat memberikan jaringan penyaluran beban roda dengan *efisien*.

Istilah campuran SMA di Amerika dikenal dengan singkatan *Stone Matrix Asphalt*, sedangkan di Eropa adalah *Stone Mastic Asphalt*. Jenis campuran SMA pada kedua negara banyak sekali diaplikasikan karena memiliki ketahanan terhadap deformasi (*rutting*) serta memiliki beberapa keuntungan bagi pengguna jalan, yaitu diantaranya mempunyai ketahanan gelincir (*skid resistant*) yang cukup tinggi serta mengurangi kebisingan.

**Adapun Kelebihan *Split Mastic Asphalt* (SMA) adalah :**

1. Mempunyai permukaan yang kesat dan homogen, sehingga *friction* lebih tinggi dan aman, terutama untuk lalu lintas luar kota yang mana mempunyai kecepatan relatif tinggi.
2. Dengan bahan tambahan serat selulosa akan lebih tahan terhadap *bleeding*, dan tahan terhadap pembebanan dengan lalulintas yang cukup berat.
3. Akibat dari kadar aspal yang lebih tinggi yaitu akan lebih tahan terhadap sinar *ultraviolet* atau oksidasi, sehingga umur rencana yang diharapkan lebih lama.
4. Jika di terapkan di Indonesia akan lebih menguntungkan , karena muatan lalu lintas pada umumnya cenderung tidak terukur atau tidak terkendali muatannya.

## **2.4 Unsur Penyusun Campuran Aspal Panas**

Campuran aspal panas merupakan suatu campuran perkerasan jalan lentur yang terdiri dari beberapa unsur penyusun seperti: aspal, agregat kasar, agregat halus dan bahan tambah yang dicampurkan dengan perbandingan – perbandingan tertentu serta dicampurkan dalam keadaan panas.

### **2.4.1 Aspal / Bitumen**

Aspal merupakan suatu senyawa hidrokarbon yang berwarna coklat gelap atau hitam pekat yang dibentuk dari unsur-unsur *asphathenes*, *resins*, dan *oils*. Aspal pada lapis perkerasan berfungsi sebagai bahan

ikat antara agregat untuk membentuk suatu campuran yang kompak, sehingga akan memberikan kekuatan masing-masing agregat (*Kerbs and Walker, 1971*). Selain sebagai bahan ikat, aspal juga berfungsi untuk mengisi rongga antara butir agregat dan pori-pori yang ada dari agregat itu sendiri.

Menurut Sukirman (1999) aspal sering digunakan sebagai material perkerasan jalan karena berfungsi sebagai :

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

Aspal yang digunakan dalam campuran beraspal Laston (AC-WC) adalah aspal keras / *asphalt cement* penetrasi 60/70 yang memenuhi persyaratan. Kadar aspal dalam campuran Laston merupakan perbandingan antara persentase berat aspal terhadap berat total campuran agregat, yang mana besaran persentase tersebut akan ditentukan dari hasil perhitungan pada benda uji pemeriksaan kadar aspal optimum (KAO). Kadar aspal yang semakin tinggi akan mempengaruhi kemampuan aspal untuk saling mengikat antar butir agregat dan mengurangi kadar rongga dalam campuran, tetapi apabila kadar aspal terlalu tinggi maka akan terjadi

*bleeding* dimana material campuran lapisan perkerasan beraspal akan terpompa keluar atau lepas akibat beban lalu lintas (Sukirman S,2003).

Pada temperatur ruang aspal bersifat *thermoplastis*, sehingga aspal akan mencair jika dipanaskan sampai pada temperatur tertentu dan kembali membeku jika temperatur turun. Bersama agregat, aspal merupakan material pembentuk campuran perkerasan jalan. Banyaknya aspal dalam campuran perkerasan berkisar antara 4-10% berdasarkan berat campuran, atau 10-15% berdasarkan volume campuran (Sukirman S, 2003).

Fungsi aspal dalam campuran agregat aspal adalah sebagai bahan pengikat yang bersifat elastis dengan tingkat *viscositas* yang tinggi selama masa layan dan berfungsi sebagai pelumas pada saat penghamparan di lapangan sehingga mudah untuk dipadatkan. Ada 4 jenis campuran asbuton (campuran aspal bitumen dengan bahan material lain), yaitu :

1. NACAS ( *Non Aggregated Cold Asbuton Sheet* ) yang dikenal juga dengan LATASBUM ( Lapisan Atas Aspal Buton Murni ) yaitu campuran perkerasan yang bahan agregatnya semuanya berasal dari batuan asli asbuton. Pada pemakaiannya nanti, NACAS dicampur dengan pemanasan.

2. NAHAS ( *Non Aggregated Hot Asbuton Sheet* ), yang merupakan campuran yang bahan dasarnya sebagian besar dari asbuton dan pencampuran dilakukan dengan pemanasan.
3. ACAS ( *Aggregated Cold Asbuton Sheet* ), yang didapatkan dengan menambahkan agregat kerikil dan pasir kepada bahan asbuton. Acas juga dikenal sebagai LASBUTAG atau Lapisan Asbuton Agregat.
4. AHAS ( *Aggregated Hot Asbuton Sheet* ), hal ini seperti acas, hanya pencampuran dilakukan dengan penambahan panas.

#### **2.4.2 Agregat Kasar / Kerikil**

Menurut Bina Marga agregas kasar/ kerikil ialah :

- a. Fraksi agregat kasar untuk rancangan adalah yang tertahan ayakan No.8 (2,36 mm) dan harus bersih, keras, awet dan bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya dan memenuhi ketentuan yang diberikan dalam Tabel 2.4.
- b. Fraksi agregat kasar harus batu pecah atau kerikil pecah dan harus disiapkan dalam ukuran nominal. Ukuran maksimum (*maximum size*) agregat adalah satu ayakan yang lebih besar dari ukuran nominal maksimum (nominal *maximum size*). Ukuran nominal maksimum adalah satu ayakan yang lebih kecil dari ayakan pertama (teratas) dengan bahan tertahan kurang dari 10 %.

- c. Agregat kasar harus mempunyai angularitas seperti yang disyaratkan dalam Tabel 2.4 Angularitas agregat kasar didefinisikan sebagai persen terhadap berat agregat yang lebih besar dari 2,36 mm dengan bidang pecah satu atau lebih.
- d. Fraksi agregat kasar harus ditumpuk terpisah dan harus dipasok ke Unit Pencampur Aspal melalui pemasok penampung dingin (*cold bin feeds*) sedemikian rupa sehingga gradasi gabungan agregat dapat dikendalikan dengan baik.
- e. Pembatasan lolos # 200  $\leq 1\%$  pada ayakan kering karena agregat kasar yang dilekati lumpur tidak dapat dipisahkan pada waktu pengeringan sehingga tidak dapat dilekati aspal.

**Tabel 2.2** Ketentuan Agregat Kasar

<b>Jenis Pengujian</b>	<b>Metoda</b>	<b>Persyaratan</b>
Abrasi dengan mesin Los Angeles	SNI 03-2417-1991	Maks.40 %
Kelekatan agregat terhadap aspal	SNI 03-2439-1991	Min. 95 %
Angularitas agregat kasar	SNI 03-6877-2002	95/90 (*)
Partikel Pipih dan Lonjong (**)	RSNI T-01-205	Maks. 10 %
Material lolos saringan No. 200	SNI 03-4142-1996	Maks. 1 %

Catatan :

(\*) 95/90 menunjukkan bahwa 95% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah satu atau lebih dan 90% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah dua atau lebih.

(\*\*) Pengujian dengan perbandingan lengan alat uji terhadap poros 1 : 5.

Agregat kasar adalah salah satu material yang digunakan untuk pembuatan lapis pondasi pada struktur 13 perkerasan jalan. Agregat kasar terdiri dari agregat kelas A dan agregat kelas B. Kelas ini menunjukkan kualitas serta besar butiran dari agregat tersebut juga kelas agregat menentukan pemakaian material ini pada lapis perkerasan jalan.

Menurut SNI 03-1737-1989 Agregat Kasar ialah agregat yang tertahan pada saringan No. 8 atau 2,38 mm. Agregat Kasar harus terdiri dari batu pecah atau kerikil pecah yang bersih, kering, kuat, awet dan bebas dari bahan lain yang mengganggu serta memenuhi persyaratan sebagai berikut :

- a. Keausan pada 500 putaran (PB.0206-76 Manual Pemeriksaan Bahan Jalan) : maksimum 40%.
- b. Kelekatan dengan aspal (PB.0205-76 MPBJ) : Minimum 95%.
- c. Jumlah berat butiran tertahan saringan No. 4 yang mempunyai paling sedikit dua bidang pecah (visual) : Minimum 50% (khusus untuk kerikil pecah).
- d. Indeks kepipihan/kelonjongan butir tertahan 9,5 mm atau 3/8" (British Standards - 812) : Maksimum 25%.

- e. Penyerapan air (PB.0202-76 MPPBJ) : Maksimum 3%.
- f. Berat jenis curah (bulk) (PB.0202-76 MPBJ) : Minimum 2,5 (khusus untuk terak).
- g. Bagian yang lunak (AASHTO T-189) : Maksimum 5%.

### **2.4.3 Agregat Halus / Pasir**

Menurut SNI 03-1737-1989, agregat halus ialah agregat yang lolos saringan No. 8 atau 2,38 mm. Agregat halus harus terdiri dari pasir alam atau pasir buatan atau pasir terak atau gabungan dari pada bahan-bahan tersebut. Agregat halus harus bersih, kering, kuat, bebas dari gumpalan - gumpalan lempung dan bahan-bahan lain yang mengganggu serta terdiri dari butir-butir yang bersudut tajam dan mempunyai permukaan yang kasar. Agregat halus yang berasal dari batu kapur pecah hanya boleh digunakan apabila dicampur dengan pasir alam dalam perbandingan yang sama kecuali apabila pengalaman telah menunjukkan bukti bahwa bahan tersebut tidak mudah licin oleh lalu lintas.

Menurut Bina Marga, agregat halus adalah agregat dengan ukuran butir lebih halus dari saringan No. 4 (= 4,75 mm). Agregat halus dapat berupa pasir, batu pecah atau kombinasi dari keduanya. Agregat halus adalah material yang pada prinsipnya lewat saringan 2,36 mm dan tertahan pada saringan 75 ( $\mu\text{m}$ ) atau saringan No.200.

Fungsi agregat halus adalah sebagai berikut :

- a. Menambah stabilitas dari campuran dengan memperkokoh sifat saling mengunci dari agregat kasar dan juga untuk mengurangi rongga udara agregat kasar.
- b. Semakin kasar tekstur permukaan agregat halus akan menambah *stabilitas* campuran dan menambah kekasaran permukaan.
- c. Agregat halus pada ayakan no 8 sampai ayakan no 30 penting dalam memberikan kekasaran yang baik untuk kendaraan pada permukaan aspal.
- d. Agregat halus pada ayakan no 30 sampai ayakan no 200 penting untuk menaikkan kadar aspal, akibatnya campuran akan lebih awet (Darta Suhendra, 2013).

#### **2.4.4 Filler**

*Filler* adalah bahan berbutir halus yang berfungsi sebagai butiran pengisi pada pembuatan campuran aspal beton. Bahan pengisi yang ditambahkan harus benar – benar kering dan bebas dari gumpalan – gumpalan dan bila diuji dengan pengayakan sesuai SNI 03-4142-1996 harus mengandung bahan lolos ayakan no. 200 (*75 micron*) tidak kurang dari 75%. Menurut Direktorat Bina Marga (2009).

**Tabel 2.3** Ketentuan *Filler*

Pengujian	Standart	Nilai
Material lolos saringan no.200	SNI.03-4142-1996	Min.75%

Sumber : Direktorat Jendral Bina Marga (2009)

#### 2.4.5 Serat Selulosa *Roadcel-50*

*Roadcel-50* adalah sebuah nama yang digunakan untuk serat selulosa *oleophilick micronized* yang digunakan sebagai bahan stabilisasi bagi aspal pada campuran beraspal. *Roadcel-50* diproduksi di Jakarta dan telah digunakan pada beberapa ruas jalan di Indonesia untuk meningkatkan kinerja jalan.

Serat selulosa yang digunakan sebagai aditif campuran beton aspal meningkatkan modulus kekakuan, sehingga memperbaiki daya tahan terhadap “*rutting*” dan mengurangi retak-retak akibat meningkatnya tegangan tarik dari campuran. Serat selulosa juga dapat menaikkan kadar aspal optimum campuran sehingga dapat meningkatkan sifat durabilitas, selain itu dapat melindungi aspal semen dari oksidasi selama pelaksanaan konstruksi sampai masa pelayanan, dan juga mengurangi “*rutting*” sehingga serat Jurnal Rekayasa dan Manajemen Transportasi. Volume I No.

1, Januari 2011 Hal. 1 – 15 selulosa juga berfungsi sebagai bahan anti oksidasi campuran beton aspal.

Serat selulosa merupakan bahan stabilisasi aspal yang bekerja secara fisik dan mekanik. Stabilitas secara fisik berarti dapat menaikkan titik lembek aspal, viskositas dan menurunkan penetrasinya. Stabilitas secara mekanik yaitu meningkatkan antara aspal dengan agregat sebagai efek penulangan tiga dimensi oleh serat selulosa. Selain itu serat selulosa juga berfungsi untuk: menstabilkan binder, menjamin binder lapis tipis yang permanen, mencegah difusi air, melindungi aspal dari proses penuaan (*ageing*) dan mencegah deformasi dan retak permukaan jalan pada suhu tinggi.

Hasil pengujian Karakteristik *Roadcel- 50* oleh Puslitbang Jalan tahun 1993 disajikan pada tabel secara visual, serat *Roadcel-50* berbentuk serat seperti kapas, berwarna abu abu dengan tampilan serat memanjang dan permukaan halus.

**Tabel 2.4** Hasil pengujian Karakteristik *Roadcel-50*

<b>NO.</b>	<b>JENIS PENGUJIAN</b>	<b>SATUAN</b>	<b>HASIL UJI</b>
1	Kadar Selulosa	%	90
2	Berat Isi Gembur	gr/l	30
3	Kadar air	%	-

4	Ph.	-	±7
5	Ukuran partikel:		
	< 800 $\mu$	%	-
	< 40 $\mu$	%	-
	< 32 $\mu$	%	-
6	Panjang serat nails	$\mu$	6000
7	Panjang serat rata	$\mu$	1500
8	Tebal serat rata	$\mu$	40
9	Berat jenis	gr/l	-
10	Residu pada panas 2500C	%	5
11	Ketahanan terhadap asam dan alkali	-	Baik

Sumber: Puslitbang Jalan, 1993



**Gambar 2.1** Bentuk Fisik Roadcel-50 Produksi PT. Bumi Olah Mandiri, Jakarta

#### 2.4.6 Manfaat dan Kegunaan Serat Selulosa

Serat selulosa merupakan bahan *stabilisasi* aspal yang bekerja secara fisik dan mekanik. *Stabilitas* secara fisik berarti dapat menaikkan titik leleleh aspal, *viskositas* dan menurunkan *penetrasinya*. *Stabilitas* secara mekanik yaitu meningkatkan antara aspal dengan agregat sebagai efek penulangan tiga dimensi oleh serat selulosa. Selain itu serat selulosa juga berfungsi untuk: menstabilkan binder, menjamin binder lapis tipis yang permanen, mencegah *difusi* air, melindungi aspal dari proses penuaan (*ageing*) dan mencegah deformasi dan retak permukaan jalan pada suhu tinggi.

Fungsi *Roadcel-50* dalam menstabilisasi aspal terlihat dari adanya beberapa perubahan *properties* dari campuran aspal dan model terhadap aspal murni, yaitu kenaikan titik leleleh, penurunan penetrasi semu dan penurunan kelelahan. Mekanisme stabilisasi kelelahan itu secara mikro terjadi melalui absorbsi aspal oleh selulosa. Proses ini menyebabkan sifat-sifat kinetis (*mobilitas*) dari partikel-partikel aspal menghasilkan *integritas* dari bulk aspal tanpa mengurangi kelenturan dan adhesinya (Mashuri, dkk 2007).

Serat Selulosa *Roadcel 50* adalah nama yang digunakan untuk serat selulosa oleh *philick micronized* yang digunakan sebagai bahan stabilisasi bagi aspal pada campuran beraspal. *Roadcel 50* diproduksi di Jakarta dan telah digunakan pada beberapa ruas jalan di Indonesia untuk meningkatkan kinerja jalan. Serat selulosa yang digunakan sebagai aditif campuran beton

aspal dapat meningkatkan modulus kekakuan, sehingga memperbaiki daya tahan terhadap “*rutting*” dan mengurangi retak-retak akibat meningkatnya tegangan tarik dari campuran. Serat selulosa juga dapat menaikkan kadar aspal optimum campuran sehingga dapat meningkatkan sifat durabilitas, selain itu dapat melindungi aspal semen dari oksidasi selama pelaksanaan konstruksi sampai masa pelayanan, dan juga mengurangi “*rutting*” sehingga serat Jurnal Rekayasa dan Manajemen Transportasi Volume I No. 1, Januari 2011 Hal. 1 - 15 6 selulosa juga berfungsi sebagai bahan anti oksidasi campuran beton aspal.

Pengaruh Penambahan *Roadcel-50* terhadap Karakteristik Campuran Lapis Tipis Beton Aspal (HRS-WC) Mashuri, Rahmatang Rahman dan Hamdani Basri 7 Fungsi *Roadcel* dalam menstabilisasi aspal terlihat dari adanya beberapa perubahan properties dari campuran aspal dan model terhadap aspal murni, yaitu kenaikan titik lembek, penurunan penetrasi semu dan penurunan kelelahan. Mekanisme stabilisasi kelelahan itu secara mikro terjadi melalui absorbsi aspal oleh selulosa. Proses ini menyebabkan sifat-sifat kinetis (mobilitas) dari partikel-partikel aspal menghasilkan integritas dari bulk aspal tanpa mengurangi sifat kelenturan dan adhesinya.

#### **2.4.7 Job Mix Formula Campuran Aspal Panas**

*Job Mix Formula* (JMF) merupakan hasil rancangan campuran yang dilakukan di laboratorium, dikoreksi atas hasil pekerjaan di instalasi

pencampuran, percobaan penghamparan dan pemadatan dilapangan (Sukirman, S., 2003).

Untuk keperluan perencanaan campuran beraspal panas di laboratorium diperlukan contoh agregat, *filler* (bila perlu) yang cukup untuk pengujian. Mutu agregat harus baik sehingga kalau di campur dengan aspal dan kemudian dipadatkan dapat menghasilkan mutu campuran yang baik. Persyaratan agregat tergantung dari jenis campuran yang diinginkan.

Adapun untuk Laston Tipe VI SNI 03-1737-1989 telah ditentukan berapa prosentase agregat yang akan dipakai untuk campuran aspal beton sesuai dengan tabel berikut :

**Tabel 2.5** Gradasi Tiap Ayakan

No. Campuran	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
Gradasi	Kasar	Kasar	Rapat	Rapat	Rapat	Rapat	Rapat	Rapat	Rapat	Rapat	Rapat
Tebal Padat (mm)	20-40	25-50	20-40	25-50	40-65	50-75	40-50	20-40	40-65	40-65	40-50
Ukuran Saringan	% BERAT YANG LOLOS SARINGAN										
1 1/2 "	38,1 mm	--	--	--	--	--	100	--	--	--	--
1 "	25,4 mm	--	--	--	--	100	90-100	--	--	100	100
3/4 "	19,1 mm	--	100	--	100	80-100	82-100	100	--	85-100	85-100
1/2 "	12,7 mm	100	75-100	100	80-100	--	72-90	80-100	100	--	--
3/8 "	9,52 mm	75-100	60-85	80-100	70-90	60-80	--	--	--	65-85	56-78
No.4	4,76 mm	35-55	35-55	55-75	50-70	48-65	52-70	54-72	62-80	45-65	38-60
No.8	2,38 mm	20-35	20-35	35-50	35-50	35-50	40-56	42-58	44-60	34-54	27-47
No.30	0,59 mm	10-22	10-22	18-29	18-29	18-29	24-36	26-38	28-40	20-35	13-28

No.50	0,28 mm	6-16	6-16	13-23	13- 23	13-23	16- 26	18- 28	20-30	16- 26	9- 20	10- 20
No.100	0,15 mm	4-12	4-12	8-16	8-16	7-15	10- 18	12- 20	12-20	10- 18	--	--
No.200	0,07 mm	2-8	2-8	4-10	4-10	1-8	6-12	6-12	6-12	5- 10	4-8	4-9

*Sumber : SNI 03-1737-1989*

## 2.5 Karakteristik campuran beton aspal

Menurut Silvia Sukirman (2003) bahwa campuran dari aspal dan agregat yang direncanakan harus dapat memenuhi karakteristik tertentu agar dapat bertahan pada kondisi beban lalu lintas dan iklim sehingga dapat menghasilkan suatu perkerasan yang kuat, aman dan nyaman. Maka setiap campuran beton aspal (AC) harus memiliki karakteristik sebagai berikut :

### A. Stabilitas

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 akan dilayani. Jalan yang melayani volume lalu lintas tinggi dan dominan terdiri dari kendaraan berat, membutuhkan perkerasan jalan dengan stabilitas tinggi. Sebaliknya perkerasan jalan yang diperuntukkan untuk melayani lalu lintas kendaraan ringan tentu tidak perlu mempunyai nilai stabilitas yang tinggi.

### B. Keawetan (durabilitas)

Keawetan atau durabilitas adalah kemampuan beton aspal menerima repetisi beban lalu lintas seperti berat kendaraan dan gesekan antara roda kendaraan dan

permukaan jalan, serta menahan keausan akibat pengaruh iklim, seperti udara, air, atau perubahan temperatur. Durabilitas beton aspal dipengaruhi oleh tebalnya film atau selimut aspal, banyaknya pori dalam campuran, kepadatan dan kedap airnya campuran.

### **C. Kelenturan (fleksibilitas)**

Kelenturan atau fleksibilitas adalah kemampuan beton aspal untuk menyesuaikan diri akibat penurunan (konsolidasi / *settlement*) dan pergerakan dari pondasi atau tanah dasar, tanpa terjadi retak. Penurunan terjadi akibat berat sendiri tanah timbunan yang dibuat diatas tanah asli. Fleksibilitas dapat ditingkatkan dengan mempergunakan agregat bergradasi terbuka dengan kadar aspal yang tinggi.

### **D. Ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue resistance*)**

Ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue resistance*) adalah kemampuan beton aspal menerima lendutan berulang akibat repetisi beban, tanpa terjadinya kelelahan berupa alur dan retak. Hal ini dapat tercapai jika mempergunakan kadar aspal yang tinggi.

### **E. Kekesatan / tahanan geser (*skid resistance*)**

Kekesatan / tahanan geser (*skid resistance*) adalah kemampuan permukaan beton aspal terutama pada kondisi basah, memberikan gaya gesek pada roda kendaraan sehingga kendaraan tidak tergelincir, ataupun slip. Berikut adalah factor – faktor yang mempengaruhi kekesatan jalan yaitu :

a. Kekasaran permukaan dari butir-butir.

Dalam hal ini agregat yang digunakan tidak hanya mempunyai permukaan yang kasar, tetapi juga mempunyai daya tahan.

b. Luas bidang kontak antar butir atau bentuk butir.

c. Gradasi agregat

d. Kepadatan campuran

e. Tebal film aspal

f. Ukuran maksimum butir agregat

#### **F. Kedap air (*impermeabilitas*)**

Kedap air (*impermeabilitas*) adalah kemampuan beton aspal untuk tidak dapat dimasuki air ataupun udara ke dalam lapisan beton aspal. Air dan udara dapat mengakibatkan percepatan proses penuaan aspal, dan pengelupasan film/selimut aspal dari permukaan agregat. Jumlah pori yang tersisa setelah beton aspal dipadatkan dapat menjadi indikator kekedapan air campuran. Tingkat impermeabilitas beton aspal berbanding terbalik dengan tingkat durabilitasnya. Setelah benda uji selesai dibuat dan telah direndam selama 24 jam maka perlu dilakukan pengujian agar dapat diketahui berapa nilai ketahanan (*stabilitas*) campuran aspal dengan agregat terhadap kelelahan plastis (*flow*).

### **2.6 Pengujian *Marshall Test***

*Marshall test* merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan *proving ring* (cincin pengujian) yang berkapasitas 250 kg atau 5000 pon. *Proving ring* dilengkapi dengan arloji pengukur yang berguna untuk mengukur stabilitas campuran, sedangkan arloji kelelahan (*flow meter*) berfungsi untuk mengukur kelelahan plastis (*flow*).

Menurut Sukurman (1999), dalam metode *marshall* akan diperoleh data-data sebagai berikut :

1. Stabilitas yang dinyatakan dalam bilangan bulat. Stabilitas menunjukkan kekuatan dan ketahanan terhadap terjadinya alur (*ruting*).
2. Kelelahan plastis (*flow*) yang dinyatakan dalam mm atau 0,01 inch. *Flow* dapat digunakan sebagai indikator terhadap lentur.
3. VIM (*Void In Mix*) yang merupakan persen rongga dalam campuran dan dinyatakan dalam bilangan desimal satu angka belakang koma. VIM merupakan indikator dari durabilitas.
4. VMA (*Void In Mineral Agregat*) yang merupakan persen rongga terhadap agregat dan dinyatakan dalam bilangan bulat. VMA bersama dengan VIM merupakan indikator dari durabilitas.

## **2.7 Penelitian Terdahulu**

Penelitian ini juga pernah diangkat sebagai topik penelitian oleh beberapa peneliti sebelumnya. Maka peneliti juga diharuskan untuk mempelajari penelitian-

penelitian terdahulu atau sebelumnya yang dapat dijadikan sebagai acuan bagi peneliti dalam melakukan penelitian ini.

1. Studi Pengaruh Penambahan *Roadcel-50* Terhadap Karakteristik Campuran Lapis Tipis Beton Aspal (HRS-WC) oleh Mashuri\*, Rahmatang Rahman\* dan Hamdani Basri\*\* 2011 Jurusan Teknik Sipil Universitas Tadulako, Palu \*\*) Alumni Program Studi S1 Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Palu Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat ditarik beberapa kesimpulan:
  - a. Semakin banyak kadar *Roadcel-50* di dalam campuran HRS-WC akan meningkatkan nilai KAOnya.
  - b. Nilai stabilitas dan Stabilitas sisa campuran HRS-WC semakin tinggi seiring bertambahnya kadar *Roadcel 50* di dalamnya.
  - c. Nilai VFB campuran HRS-WC cenderung menurun seiring bertambahnya kadar *Roadcel 50* sebagai akibat VMA semakin sedikit terisi oleh aspal.
2. Pengaruh Penambahan Serat Selulosa Arbocel pada Campuran Split Mastic Asphalt (SMA) oleh Dr. Zulkifli Lubis, S.T., M.T. Universitas Islam Lamongan (2017). Metode penelitian yang digunakan yaitu penentuan kadar aspal optimum, kemudian melakukan pengujian *Marshall Test*. Dari hasil penentuan kadar aspal optimum, kemudian ditambahkan dengan serat selulosa *arbocel* sebesar 0,3%; 0,6%; 0,9%; 1,2%; 1,5%; 1,8%; 2,1%; 2,4%; 2,7%; dan 3% dari berat campuran. Dari penelitian ini diperoleh kesimpulan kadar aspal optimum yang didapat dari hasil penelitian adalah sebesar 7% dari total berat

campuran. Penambahan serat selulosa terbaik pada penelitian ini terjadi pada variasi penambahan serat selulosa sebesar 0,3% dari berat campuran, dimana dengan penambahan sebesar itu diperoleh kenaikan nilai stabilitas marshall (*Marshall Stability*) sebesar 28,58%, kelelahan plastis (*flow*) meningkat sebesar 21,415% , prosen rongga terisi dalam campuran (*Void in the Mix*) menurun sebesar 20,16%, prosen rongga terisi aspal (*Void Filled With Asphalt*) meningkat sebesar 2,82%, kepadatan (*density*) meningkat sebesar 1,31% serta *Marshall Quotient* menurun sebesar 0,76%.

3. Pengaruh Penuaan Aspal Pada Karakteristik Campuran Beton Aspal Lapis Aus AC – WC Mashuria dan R. Rahmana (2011). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penuaan aspal pada karakteristik campuran AC – WC dengan metode *Marshall* pada beberapa kadar aspal yaitu 4,5%, 5,0%, 5,5%, 6,0%, 6,5% dan 7,0%. Untuk pengujian pada penuaan jangka pendek (*Short – Term Oven Aging, STOA*) adalah dengan pengovenan benda uji campuran AC – WC pada suhu 135 °C sebelum dipadatkan selama 4 jam dan untuk penuaan jangka panjang (*Long – Term Oven Aging, LTOA*) dilakukan pengovenan benda uji campuran AC – WC pada suhu 85 °C selama 2 - 5 hari. Hasil penelitian ini mendapatkan bahwa penuaan aspal memberi pengaruh pada karakteristik campuran AC – WC. Nilai kepadatan, VFB, stabilitas, flow cenderung turun seiring lamanya umur penuaan. Sementara nilai VIM dan VMA cenderung meningkat seiring lamanya umur penuaan. penuaan mengakibatkan campuran menjadi lebih kaku.

4. Pengaruh Abu Batu Sebagai Filler Terhadap Kinerja Aspal Beton AC-WC Pada Test Marshall (Budi Winarno,dkk.2013) Hasil penelitian dari campuran aspal beton memanfaatkan 1 imbabu batu sebagai filler dengan 5 sampel pada metode marshall menunjukkan hasil, seperti, nilai VIM, VMA, VFB, Stabilitas, Flow, dan MQ bahwa semua hasil memenuhi persyaratan bina marga dengan nilai rata-rata di bawah ini : 1. Nilai rata-rata VMA : 4,22 %, 2. Nilai rata-rata VIM : 4,86 3. Nilai rata-rata VFB : 75,04 % 4. Nilai rata-rata Stabilitas : 4806 kg 5. Nilai rata-rata Flow : 3,24 mm 6. Nilai rata-rata MQ :14958,1kg/mm
5. Penggunaan Plastik Ldpe (*Low Density Polyethilen*) Sebagai Substitusi Aspal Pada Campuran AC – WC Razak dan Andi (2016) Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dilaboratorium Dinas PUPR Provinsi Kep. Bangka Belitung dengan menggunakan 60 buah benda uji, 5 variasi kadar aspal dan 4 variasi persentase penambahan plastik LDPE serta Spesifikasi Umum Bina Marga tahun 2018. Dari hasil pengujian *marshall* menunjukkan bahwa dari keempat variasi persentase penambahan LDPE (0%, 2%, 4% dan 6%), hanya campuran 0% LDPE yang memenuhi spesifikasi (semua nilai karakteristik *marshall* terpenuhi) dengan nilai KAO sebesar 5,75%, sedangkan 3 variasi campuran lainnya (2%, 4% dan 6%) tidak memenuhi syarat yang ditetapkan (nilai VIM tidak terpenuhi) sehingga nilai KAO-nya pun tidak dapat ditentukan. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan menggunakan persentase plastik <2% dan jenis campuran yang berbeda.

6. Studi Karakteristik Campuran Lapis Tipis Aspal Pasir Kelas A Dengan Penambahan Serat Selulosa *Roadcell-50* (Yasruddin, 2019). Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir Sungai Martapura, filler, dan aspal Shell ex-Singapura. Komposisi campuran yang digunakan dalam pengujian adalah fraksi 1 (pasir sedang) sebanyak 5.99%, fraksi 2 (pasir halus) sebanyak 83.01%, filler sebanyak 11. Pengujian dilaksanakan dengan melakukan pengujian *Marshall* dan uji perendaman (*Immertion Test*) pada campuran aspal sebelum dan sesudah ditambahkan aditif sebanyak 1%, 2%, 3%, 4% terhadap variasi kadar aspal 5.5%, 6%, 6.5%, 7%, 7.5%. Dari hasil penelitian diketahui penambahan zat aditif ini tidak mengubah kadar aspal optimum secara signifikan tetapi mampu meningkatkan nilai indeks perendaman. Selain itu nilai stabilitas, *flow*, VIM, VMA meningkat seiring naiknya kadar aditif. Sementara nilai VFB dan *Marshall Quotient* menurun. Hasil ini menunjukkan penambahan aditif *Roadcell-50* bisa menaikkan nilai dari indeks perendaman campuran aspal yang berarti penambahan aditif bisa meningkatkan nilai durabilitas campuran aspal Latasir kelas A.
7. Kajian Kinerja Campuran Lapis Pondasi Jenis Lapis Tipis Aspal Beton-Lapis Pondasi (*Hrs-Base*) Bergradasi Senjang Dengan Jenis Lapis Aspal Beton-Lapis Pondasi (*Ac-Base*) Bergradasi Halus (Meggie Huwae, Oscar H. Kaseke, Theo K. Sendow 2015) Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi. Hasil pengujian menunjukkan campuran HRS-Base dan AC-

Base berbeda secara signifikan dilihat dari kriteria Marshall, nilai stabilitas AC-Base lebih tinggi 34.61 % dari HRS-Base, sebaliknya pada flow HRS-Base lebih tinggi 2.17% dari AC-Base, nilai Marshall Quotient mengikuti perbandingan nilai stabilitas dan flow. VIM dan VMA pada HRS-Base lebih tinggi dari AC-Base sedangkan pada VFB, AC-Base lebih tinggi dari HRS-Base. Kadar aspal terbaik dimana semua kriteria Marshall terpenuhi, pada kedua campuran ini berbeda. Nilai kadar aspal terbaik dari AC-Base lebih rendah yaitu 6.5% dibandingkan HRS-Base 7.5%. Stabilitas dari AC-Base lebih sensitif akibat perubahan kadar aspal dibandingkan dengan HRS-Base. Contohnya dengan fluktuasi kadar aspal  $\pm 1\%$ , penurunan nilai stabilitas pada AC-Base 13.37% sedangkan pada HRS-Base 7.92%. Dalam pemilihan perkerasan pondasi aspal jalan raya jika membutuhkan stabilitas tinggi maka sebaiknya menggunakan campuran AC-Base, namun apabila terjadi kemungkinan fluktuasi perubahan kadar aspal dianjurkan menggunakan HRS-Base.

8. Pengaruh Jumlah Kandungan Fraksi Bahan Pengisi Terhadap Kriteria Marshall Pada Campuran Beraspal Panas Jenis Lapis Aspal Beton-Lapis Aus Bergradasi Halus (Windy J. Korua, Oscar H. Kaseke, Lintong Elisabeth Universitas Sam Ratulangi Fakultas Teknik Jurusan Sipil 2015). Dari hasil pengujian Marshall untuk campuran AC-WC dengan kadar filler terendah 2% sampai dengan yang tertinggi 10% (dalam rentang 2%) terhadap berat kering total agregat diperoleh

nilai stabilitas untuk kadar filler yang terendah yaitu 1779 kg dan untuk yang tertinggi yaitu 2392 kg, juga nilai flow untuk yang terendah yaitu 3,00 mm dan yang tertinggi yaitu 4,00 mm, selanjutnya secara berturut-turut nilai ratio filler bitumen content antara 0,41 sampai dengan 2,07, nilai VIM menurun dari 7,35% sampai dengan 2,79%, nilai VMA menurun dari 19,17% sampai dengan 15,19%, nilai VFB antara 61,72% sampai dengan 81,67%. Dalam penelitian ini, kriteria Marshall yang menentukan jumlah kandungan filler yaitu nilai ratio filler bitumen content dan nilai VIM. Setelah dievaluasi berdasarkan kriteria Marshall diperoleh range kadar filler berada antara 6% sampai dengan 7%, untuk memenuhi kriteria Marshall menurut batasan dalam spesifikasi Teknik Bina Marga Tahun 2010 revisi 3.

9. Analisa Karakteristik Campuran Aspal Beton Lapis Aus (Ac-Wc) Dengan Menggunakan Plastik Bekas Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Agregat (Made Andy Dwi Gunadi<sup>1</sup>, I Nyoman Arya Thanaya<sup>2</sup> dan I Nyoman Widana Negara Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Udayana. 2013). Penelitian ini menggunakan plastik jenis HDPE sebagai bahan pengganti sebagian agregat pada campuran aspal beton lapis aus (AC-WC). Sebagai pengganti sebagian dari agregat dipergunakan plastik HDPE dengan variasi, 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50% terhadap berat total agregat. Hasil penelitian menunjukkan nilai stabilitas tertinggi terjadi pada penggunaan kadar plastik 50% sebesar 875,1 kg dan terendah pada kadar plastic 10%

sebesar 527,0 kg. Nilai Flow tertinggi pada penggunaan kadar plastik 50% sebesar 7,11 mm dan terendah pada kadar 0% sebesar 3,43 mm. Sedangkan nilai MQ tertinggi pada penggunaan kadar plastik 0% dan terendah pada kadar plastic 10% masing-masing sebesar 251,7 kg/m dan 109,3 kg/m. Untuk nilai VMA tertinggi terjadi pada penggunaan kadar plastik 10% sebesar 20,3% dan terendah pada kadar plastik 0% sebesar 15,2%. Nilai VIM tertinggi pada penggunaan kadar plastik 50% dan terendah pada kadar plastik 0% masing-masing sebesar 12,6% dan 4,9%. Sedangkan nilai VFB tertinggi pada penggunaan kadar plastik 0% sebesar 67,9% dan terendah pada kadar 50% sebesar 37,3%. Pengurangan porositas dilakukan dengan peningkatan energi pemadatan menjadi 2x100 tumbukan. Penambahan sebanyak 25 tumbukan pada masing-masing sisi dilakukan pada campuran dengan variasi kadar plastik 50%. Dari hasil pengujian Marshall dan perhitungan, diperoleh data berupa nilai karakteristik meliputi nilai stabilitas, Flow, Marshall Quotient, VIM, VMA, dan VFB, yaitu masing-masing secara berturut-turut sebesar 1539,7 kg; 8,38 mm; 183,51 kg/mm; 8,8%; 16,6%; dan 47,2%.

10. Penentuan Kadar Aspal Optimum (Kao) Dalam Campuran Asphalt Concretewearing Course (Ac-Wc) Dengan Limbah Beton Sebagai Pengganti Agregat. (Herwin Widya Wardana. 2013) S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pada penggunaan limbah beton sebesar 35% dari total berat campuran dengan kadar

aspal 5%; 5,5%; 6%; 6,5%; dan 7%. Hasil dari kadar aspal tersebut didapatkan nilai KAO yaitu 6,17% dan nilai VIM dan VMA yaitu 4,8% dan 17,71%, sedangkan untuk nilai VFA sebesar 72,9%. nilai stabilitas sebesar 1627 kg, untuk Flow sebesar 4,5 mm dan nilai MQ sebesar 361,6 Kg/mm.

11. Karakteristik Campuran Beton Aspal (Ac-Wc) Dengan Menggunakan Variasi Kadar Filler Abu Terbang Batu Bara (Anas Tahir. 2012). Penelitian ini menggunakan metode eksperimen yaitu dengan suatu percobaan untuk mendapatkan hasil, dengan demikian akan terlihat pemanfaatan filler abu terbang batu bara pada konstruksi beton aspal dengan variasi kadar filler 4%, 5%, 6%, 7%, dan 8% terhadap total campuran Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan filler abu terbang batu bara akan mempengaruhi karakteristik campuran beton aspal. Semakin banyak filler abu terbang batu bara yang digunakan, menyebabkan nilai stabilitas semakin meningkat. Pada kadar filler abu terbang batu bara 4% nilai stabilitas yang didapatkan sebesar 1518.124 Kg, pada saat kadar filler abu terbang batu bara ditambahkan sampai pada kadar 8%, nilai stabilitas meningkat menjadi 1640.499 Kg. Nilai fleksibilitas mengalami peningkatan seiring pertambahan kadar filler abu terbang batu bara. Dengan peningkatan rata-rata sebesar 14,87% dari kadar filler abu terbang batu bara 4 % sampai 8 % menunjukkan bahwa campuran lebih bersifat kaku. Durabilitas campuran mengalami peningkatan seiring pertambahan kadar filler abu terbang batu bara. Pada saat campuran

menggunakan variasi kadar filler abu terbang batu bara sebesar 4 %, memiliki nilai durabilitas sebesar 91.433%, setelah divariasikan dengan kadar filler abu terbang batu bara sampai pada 8%, nilai durabilitas meningkat menjadi 95.703%, dengan rata-rata peningkatan sebesar 2.02%.

12. Pemanfaatan *Filler Acks* Dan Substitusi Plastik Ke Dalam Aspal Pada Campuran AC-WC (Roni Agusmaniza. 2020). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pemanfaatan ACKS sebagai *filler* dan kombinasi substitusi plastik ke dalam aspal pen 60/70 pada campuran AC-WC. Pembuatan benda uji tanpa dan dengan kombinasi substitusi plastik sebesar 2,7%, 4,7%, 6,7% terhadap berat aspal pada KAO  $\pm$  0,5% tanpa dan dengan *filler* ACKS. Hasil penelitian menunjukkan penggunaan kombinasi plastik serta *filler* ACKS pada campuran AC-WC dapat meningkatkan parameter Marshall, terutama nilai stabilitas dan MQ. Nilai stabilitas dan MQ tertinggi didapat pada kombinasi plastik 6,7% dengan *filler* ACKS pada kadar aspal 5,81% yaitu 2318,99 kg dan 889,57 kg/mm. Nilai VIM dan VMA semakin meningkat seiring penambahan persentase plastik ke dalam aspal serta penggunaan ACKS, sedangkan nilai density, VFA, Flow cenderung menurun. Nilai durabilitas campuran AC-WC tanpa dan dengan kombinasi plastik memenuhi syarat yaitu > 90%, sebaliknya penggunaan ACKS sebagai *filler* tidak memenuhi persyaratan.
13. Analisis Karakteristik Campuran Lataston (HRS-WC) Akibat Rendaman Air Laut Pasang (Rob) Dengan Aspal Modifikasi Polimer Starbit E-55 (Dwi Esti

Intari Woelandari, Fathonah, Farista Widya Kirana Jurusan Teknik Sipil Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, 2018). Penelitian ini menggunakan variasi kadar aspal 6%, 6,5%, 7%, 7,5%, dan 8% terhadap total berat agregat dan pada pembuatan campuran *HRS-WC* gradasi semi senjang ini mengacu pada spesifikasi Bina Marga 2010. Perendaman benda uji pada suhu ruang dan variasi waktu perendaman dengan air tawar selama 24 jam dan dengan air laut selama 24 dan 48 jam. Berdasarkan hasil penelitian, air laut mempengaruhi karakteristik *Marshall* pada benda uji. Jika dibandingkan dengan air tawar, nilai VMA dengan air laut mengalami kenaikan sebesar 3,80% dan 12,83%, nilai VFA dengan air laut mengalami penurunan sebesar 10,62% dan 18,37%, nilai VIM dengan air laut mengalami kenaikan sebesar 26,34% dan 55,77%, nilai stabilitas dengan air laut mengalami penurunan sebesar 12,39% dan 25,19%, nilai *flow* dengan air laut mengalami penurunan sebesar 28,80% dan 6,08%, serta nilai MQ dengan air laut saat 24 jam naik sebesar 28,73% dan saat 48 jam turun sebesar 19,98%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa air laut dapat menjadi salah satu penyebab utama campuran mengalami penurunan keawetan, namun dengan penggunaan aspal modifikasi polimer *Starbit E-55* nilai stabilitas, *flow* dan MQ masih memenuhi persyaratan.

14. Aspal Modifikasi Dengan Penambahan Plastik *Low Linear Density Poly Ethylene* (Lldpe) Dintinjau Dari Karakteristik *Marshall* Dan Uji Penetrasi Pada Lapisan Aspal Beton (Ac-Bc) ( Sepriskha Diansari Jurusan Teknik Sipil

Fakultas Teknik Universitas Lampung 2016). Penelitian ini dilakukan dengan meninjau dampak penambahan *plastik low linear density poly ethylene* (LLDPE) dalam campuran lapisan AC-BC. Selanjutnya, menghitung nilai kadar aspal optimum dan dilanjutkan dengan pembuatan benda uji untuk menentukan nilai kadar aspal optimum setelah proses analisis dengan melakukan proses pengukuran, penimbangan, dan pengujian dengan alat *Marshall*. Dari hasil analisa didapatkan nilai kadar aspal optimum yang memenuhi keenam syarat kriteria campuran aspal sesuai spesifikasi Bina Marga 2010 revisi III yaitu 6,5%. Setelah itu dilanjutkan proses variasi dengan penambahan *plastik low linear density poly ethylene* (LLDPE) dengan kadar persen 1%, 3%, 5%, 7%, 9% dihitung dari berat aspal. Dari proses analisa hasil pengujian, pada nilai stabilitas semakin bertambahnya kadar LLDPE semakin bertambah nilai stabilitasnya. Akan tetapi pada nilai VIM tidak ada yang memenuhi standar Spesifikasi Bina Marga 2011 revisi III. Pada Nilai penetrasi aspal campuran mengalami penurunan.

15. Studi Karakteristik Campuran Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC) Menggunakan Aspal Penetrasi 60/70 dengan Penambahan Lateks (I Nyoman Arya Thanaya, 2016). Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Udayana, Denpasar. Sesuai hasil analisis, diperoleh kesimpulan: 1. Penambahan lateks ke dalam campuran AC-WC menunjukkan nilai stabilitas *Marshall* yang semakin baik, nilai *flow* semakin tinggi, *Marshall Quotient* semakin baik, nilai

VIM yang semakin rendah, nilai VMA yang semakin rendah serta nilai VFB yang semakin tinggi. Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai stabilitas tertinggi diperoleh pada campuran dengan kadar lateks sampai 8% terhadap total perekat, adapun nilai stabilitas yang diperoleh sebesar 1658,00 kg. 2. Dipilih variasi lateks 4% terhadap total perekat, karena dari hasil pengujian aspal memenuhi spesifikasi. 3. Pada penambahan 4% lateks ketahanan campuran terhadap deformasi meningkat sebesar 11,9%, dan kekakuannya meningkat 14,2%. Campuran dengan dan tanpa lateks memiliki nilai kemiringan tes creep dinamik (*dynamic creep slope*), sesuai untuk lalu lintas berat.

16. Studi Sifat Campuran *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC WC) Dengan Bahan Utama Bongkaran Aspal Beton Lama Dan *Autoclaved Aerated Concrete* (AAC) Sebagai Filler ( I G. R. Purbanto, 2015). Hasil penelitian kadar aspal optimum campuran AC WC halus dengan menggunakan hasil bongkaran lama sebagai bahan dasar dan abu ACC sebagai filler adalah 6,275 %.
17. Kajian Perbandingan Kadar Aspal Hasil *Ekstraksi* Campuran AC-WC Gradasi Kasar Dengan Cairan *Ekstraksi* Menggunakan Bensin (Fitridawati Soehardi, Sugeng Wiyono, dan Arhan Wanim,2015).Berdasarkan hasil penelitian Persentase hasil *ekstraksi* kadar aspal dari ke 6 benda uji dari masing-masing sampel didapat nilai rata-rata yaitu dari AMP, *finisher*, dan *coredrill* adalah

5,51%, 5,46%, 5,34%. Dengan deviasi rata-rata sebesar 0,12 % dari kadar aspal JMF 5,56%. Kadar pori setelah *ekstraksi* mengalami penurunan dari nilai kadar pori JMF benda uji AMP, *finisher*, dan *coredrill* adalah 1,062%, 0,823%, 0,878%, dengan nilai rata – rata deviasi sebesar 0,273 %. Dengan nilai rata-rata kadar pori untuk benda uji AMP, *finisher*, dan *coredrill* adalah 0,673%, 0,667%, 0,602% dengan nilai rata – rata deviasi sebesar 0,273 %. Dan nilai *filler* setelah *ekstraksi* mengalami peningkatan dari nilai *filler* pada JMF dengan nilai rata-rata deviasi sebesar 1,07 %. Berdasarkan hasil penelitian bahwa perbandingan kadar aspal hasil *ekstraksi* dengan menggunakan pelarut bensin, dapat disimpulkan bahwa kadar aspal (KA): KA JMF < KA AMP < KA Saat penghampanan < KA Hasil *Core*, Nilai kadar Pori (KP) hasil ekstraksi sebagai berikut: KP JMF < KP AMP < KP Saat penghampanan < KP Hasil *Core*, dan Kadar *filler* menjadi bertambah setelah di *ekstraksi* . Ini membuktikan bahwa aspal masih meresap kedalam pori, dan tidak semuanya terekstraksi secara sempurna. Berdasarkan kesimpulan diatas penulis menyarankan untuk menggunakan pelarut yang mempunyai oktan lebih tinggi.

18. Pertambahan Umur Perkerasan Jalan Akibat Pengaruh Penambahan Serat Selulosa Pada Lapis Aspal Beton (Noor Salim,2011). Pengujian perhitungan, dan analisa data dari penelitian ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:
1. Penambahan serat selulosa pada aspal menurunkan nilai titik lembek. Berdasarkan hal itu, maka diinginkan pemakaian serat selulosa pada jalan di

daerah panas. 2. Kadar aspal optimum untuk HRS-B tanpa serat selulosa dengan menggunakan aspal pen 60/70 adalah 6.5% dan yang menggunakan aspal pen 80/100 adalah 6.4%. Lebih lanjut, HRS-B dengan memakai aspal dengan tinggi gradenya mempunyai kadar aspal optimum rendah. 3. Kadar serat selulose adalah 0.4% dan kadar aspal 6.75% untuk HRS-B dengan aspal pen 60/60, sedangkan untuk HRS-B dengan aspal pen 80/100 adalah kadar serat selulosenya sama dengan 0.29% dan kadar aspal 6.65%. Maka dengan penambahan serat selulose meningkatkan kadar aspal. 4. Penambahan serat selulose HRS-B menyebabkan peningkatan stabilitas, Marshall Kuosien, density, dan menurunkan rongga serta flow. 5. Dari hasil pengujian dengan mesin *wheel tracking* menunjukkan bahwa ketahanan terhadap deformasi permanen meningkat dengan penambahan serat selulose, mendekati 22% penurunannya deformasi permanen didapatkan pada HRSB dengan penambahan serat selulosa. 6. Modulus kekakuan aspal dan campuran HRS-B meningkat dengan penambahan serat selulosa. Hal ini berindikasi pada tingginya kapasitas landasan beban dan ketahanan terhadap deformasi serta gaya geser, khususnya untuk mengantisipasi pada kendaraan dengan kecepatan tinggi.

19. Permeabilitas Dan Karakteristik Kekuatan Campuran Aspal Beton Bergradasi Terbuka Dengan Bahan Tambah Serat Selulosa (Rais Rachman, 2011) Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik UKI-Paulus Makassar. Dalam

penelitian ini jenis bahan tambah yang digunakan adalah serat selulosa. Perencanaan campuran mengikuti Metode Marshall dengan variasi kadar aspal 3,5 sampai dengan 5,5 persen dengan beda 0,5 persen untuk mendapatkan kadar aspal optimum. Kemudian dilakukan pemberian serat selulosa dengan variasi 0,1 sampai dengan 0,5 persen dari berat aspal optimum. Pemberian serat selulosa ini diharapkan dapat menghasilkan campuran beraspal dengan stabilitas tinggi dan memiliki kemampuan mengalirkan air (permeabilitas) yang baik. Dari hasil pengujian sifat-sifat fisis material diketahui terjadi penurunan nilai berat jenis, penetrasi, dan daktilitas dari aspal dan peningkatan nilai titik lembek aspal setelah ditambah dengan serat selulosa. Hal ini menunjukkan pemberian serat selulosa dapat meningkatkan kekerasan aspal. Penurunan nilai koefisien permeabilitas sebesar 6,78%, dan peningkatan nilai stabilitas sampai 8,5% menunjukkan bahwa campuran beraspal dengan bahan tambah serat selulosa masih bersifat mengalirkan air dan memiliki kestabilan dan kekuatan yang bertambah baik. Untuk nilai flow campuran yang berkurang sebesar 6,3% mengindikasikan terjadinya penurunan sifat plastis dari campuran.

20. Tinjauan Sifat-Sifat Agregat Untuk Campuran Aspal Panas (Studi Kasus Beberapa *Quarry* Di Gorontalo) (Fadly Achmad, 2011) Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Gorontalo. Berdasarkan hasil pengujian *sifat-sifat* agregat yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa ggregat

yang berasal dari *Quarry* Pilolalenga memenuhi spesifikasi Bina Marga 2007. Agregat yang berasal dari *Quarry* Molintogupo, agregat halus lolos saringan no. 200 tidak memenuhi spesifikasi yakni  $8,38\% > 8\%$ . Agregat yang berasal dari *Quarry* Tangkobu, agregat kasar lolos saringan no. 200 tidak memenuhi spesifikasi yakni  $1,30\% > 1\%$ .