

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

Aspal merupakan bahan pengikat yang digunakan sebagai lapis permukaan pada lapis perkerasan, yang bersifat melekat dan tahan terhadap air. Aspal juga digunakan sebagai bahan pengikat antar agregat. Agregat yang dimaksud terdiri agregat kasar dan agregat halus. Aspal merupakan material yang bersifat termoplastis, termoplastis adalah material yang lunak jika dipanaskan.

Aspal minyak digunakan untuk konstruksi jalan raya, bersifat mengikat agregat, memberikan lapisan kedap air, tahan terhadap pengaruh asam, basa dan garam. Jika lapisan perkerasan dibuat dengan aspal yang bermutu baik, maka akan tahan terhadap pengaruh cuaca dan reaksi kimia, serta memberikan lapisan kedap air. Sifat aspal akan berubah dipengaruhi oleh panas dan umur. Aspal akan kaku dan rapuh, daya adesi terhadap partikel agregat akan berkurang. Oleh karena itu diperlukan upaya untuk menganalisis lebih lanjut terhadap sifat aspal dan proses pelaksanaan di lapangan (Sukirman, 1995)

Lapis beton aspal adalah lapisan penutup konstruksi jalan yang mempunyai nilai struktural salah satu jenis lapis beton aspal tersebut adalah *Asphalt Concrete – Wearing Course* (AC-WC). Sebagai lapisan yang paling atas dalam perkerasan lentur.(Hadi Ali, 2011)

Dalam suatu campuran laston, terdapat batasan control untuk penentuan gradasi agregat yang ditetapkan oleh Departemen Pekerjaan Umum Bina Marga. Spesifikasi campuran yang dominan dengan agregat kasar dan sedikit agregat halus, begitu pula sebaliknya. (Sukarman, 2003)

2.1.2 Aspal

Aspal merupakan material berwarna hitam atau coklat tua. Pada temperature ruang berbentuk padat sampai agak padat, jika dipanaskan sampai temperature tertentu dapat menjadi lunak/ cair sehingga dapat membungkus partikel agregat pada waktu pembuatan campuran aspal beton atau dapat masuk kedalam pori – pori yang ada pada penyemprotan/penyiraman pada perkerasan jalan.

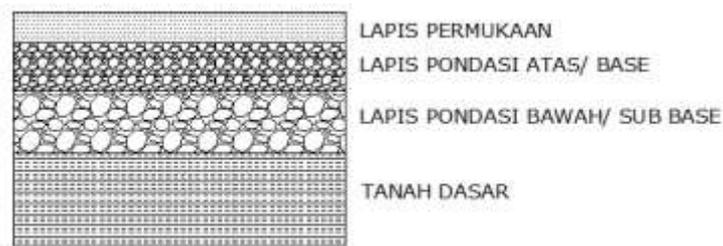
Berdasarkan bahan yang digunakan dan kebutuhan desain konstruksi jalan aspal beton mempunyai beberapa jenis, antara lain :

2.1.2.1 Lapis Aspal Beton

Laston (Lapis Aspal Beton) atau AC (*Asphalt Concrete*), digunakan pada jalan dengan beban lalu lintas berat. Laston dibedakan menjadi 3, yaitu :

1. Laston AC-WC (*Asphalt Concrete- Wearing Course*) merupakan lapisan aus dengan tebal minimum 4 cm.
2. Laston AC-BC (*Asphalt Concrete- Bearing Course*) merupakan lapisan pengikat dengan tebal minimum 5 cm.
3. Laston AC-Base merupakan lapisan pondasi dengan tebal minimum 6 cm.

(Devi Yulita Metasari, 2018)



Gambar 2.1 lapis permukaan

Sumber : <https://www.dpupr.grobogan.go.id/info/artikel/29-konstruksi-perkerasan-lentur-flexible-> (diunduh pada 24/11/2020 pukul 21:37)

2.1.2.2 Lapis HRS (*Hot Rolled Sheet*)

Lastaton (lapis tipis aspal beton) atau HRS (*Hot Rolled sheet*). Karakteristik beton aspal yang terpenting pada campuran ini adalah durabilitas dan fleksibilitas. Sesuai fungsinya lastaton mempunyai dua macam campuran yaitu:

1. Lastaton sebagai lapisan aus, atau disebut juga dengan HRS-WC (*Hot Rolled Sheet – Wearing Course*) tebal minimum HRS-WC adalah 3,0 cm.
2. Lastaton sebagai lapisan pondasi atau disebut juga HRS-Base (*Hot Rolled Sheet – Base*) tebal minimum HRS-Base adalah 3,5 cm.

2.1.2.3 Lapis *Stone Matrix Asphalt / Split Mastic Asphalt*

Stone Matrix Asphalt (SMA) merupakan jenis campuran aspal panas yang dapat digunakan sebagai lapis permukaan dengan beberapa karakteristik lapisan yang dapat memberikan beberapa keuntungan bagi pengendara karena mempunyai ketahanan gelincir (*Skid Resistant*) yang cukup tinggi. Campuran SMA mempunyai gradasi agregat hampir seragam sehingga memiliki ketahanan terhadap deformasi (*Rutting*) maka lebih tepat untuk beban kendaraan berat. Pada spesifikasi SMA ini jenis serat selulosa yang direkomendasikan serat selulosa pellet. Spesifikasi campuran SMA yang terdiri dari agregat, bahan pengikat (aspal, serta persaratan gradasi agregat campuran dan sifat-sifat campuran. Spesifikasi ini merupakan spesifikasi baru yang berguna sebagai acuan dalam perancangan serta pelaksanaan pekerjaan campuran SMA untuk pekerjaan pemeliharaan atau pembangunan jalan baru (SNI 8129-2015).

2.1.3 Karakteristik Campuran

Karakteristik campuran yang harus dimiliki oleh campuran aspal beton *hot mix* adalah sebagai berikut :

Tabel 2.1 Karakteristik Aspal

No	Uraian	unit	Spesifikasi		hasil	keterangan
			min	Maks		
1	Penetrasi	Mm	60	79	61.778	memenuhi
2	Titik lembek	°C	48	58	49	Memenuhi
3	Daktilitas	Mm	100	-	>1500	Memenuhi
4	Titik nyala	°C	200	-	320	Memenuhi
5	Titik bakar	°C	200	-	346	Memenuhi
6	Berat jenis		1	-	1.061	Memenuhi

(Standart Bina Marga Untuk Agregat Pada Campuran Aspal Beton Panas)

2.1.3.1 Stabilitas

Stabilitas merupakan kemampuan lapis perkerasan menerima beban lalu lintas tanpa mengalami perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur (*rutting*), maupun mengalami *bleeding*, nilai stabilitas dipengaruhi oleh kohesi/penetrasi, kadar aspal, gesekan (*internal friction*), sifat saling mengunci (*interlocking*) dari partikel-partikel agregat, bentuk, tekstur permukaan serta gradasi agregat. Nilai stabilitas yang terlalu tinggi menyebabkan campuran menjadi terlalu kaku, hal ini berakibat perkerasan mudah menjadi retak bila menerima beban, tetapi apabila nilai stabilitas yang terlalu rendah, campuran aspal agregat akan mudah mengalami *rutting* oleh adanya beban lalu lintas. (Ahmad Refi, 2015)

2.1.3.2 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. (Anas Tahir, 2009)

2.1.3.2 Durabilitas (Daya Tahan atau Keawetan)

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. (anas tahir, 2009)

2.1.3.4 Ketahanan Kelelahan (*Fatigue Resistance*)

Ketahanan kelelahan adalah kemampuan dari beton aspal untuk menerima beban berulang-ulang tanpa terjadinya kelelahan berupa alur retak, Faktor-faktor yang mempengaruhi ketahanan kelelahan adalah :

1. VMA dan kadar aspal yang tinggi dapat mengakibatkan lapis perkerasan menjadi fleksibel.
2. VIM yang tinggi dan kadar aspal yang rendah akan mengakibatkan kelelahan yang lebih tinggi.

2.1.3.5 Kedap Air (*Impearmeabilitas*)

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/selimit aspal dari permukaan agregat. Jumlah pori yang tersisa setelah beton aspal dipadatkan dapat menjadi indikator kedekatan air campuran. Tingkat impermeabilitas beton aspal berbanding terbalik dengan tingkat durabilitasnya. (Anas Tahir, 2009)

2.1.3.6 Kelelahan Plastis (*Flow*)

Kelelahan plastis (*flow*) adalah keadaan perubahan bentuk suatu campuran yang terjadi akibat suatu beban sampai batas runtuh, yang dinyatakan dalam mm atau inch. Nilai kelehan yang tinggi memberikan ciri campuran yang plastis disebabkan kadar aspal yang tinggi. Sedangkan jika nilai kelelahan amat rendah akan memberikan ciri campuran yang kaku disebabkan kadar aspal yang rendah. (George Stefen Muaya, 2015)

2.1.4 Agregat

Agregat merupakan bahan penyusun utama dalam perkerasan jalan. Mutu agregat akan menentukan mutu dari perkerasan yang dihasilkan. Agregat didefinisikan sebagai batu pecah, krikil, pasir atau komposisi mineral lainnya, baik yang berupa hasil pengolahan (penyaringan, pemecahan). Agregat berperan penting dalam pembentukan lapis perkerasan, dimana daya dukung perkerasan jalan ditentukan sebagian besar oleh karakteristik agregat. Pada perkerasan aspal, agregat mengisi 95% berat campuran atau 75-85% volume campuran (Djoko sarwono, dkk 2018) agregat dibagi menjadi 3 sesuai ukuranya yaitu :

2.1.4.1 Agregat Kasar

Agregat Kasar Adalah Agregat Yang Tertahan Di Atas Saringan 2,36 Mm (No.8), Menurut Saringan ASTM. Agregat Ini Menjadikan Perkerasan Lebih Stabil Dan Mempunyai Skid Resistance (Tahanan Terhadap Selip) Yang Tinggi Sehingga Lebih Menjamin 39 Keamanan Berkendara. Agregat Kasar Ini Harus Tahan Terhadap Abrasi Bila Digunakan Pada Aspal Beton, Untuk Itu Nilai Los Angeles Abrasion Test Harus Dipenuhi. Agregat Kasar Yang Digunakan Adalah Batu Koral Dari Penggilingan Batu Di Daerah Semen Tertahan Saringan No.1/2 , 3/8, 4, Dan 8. (April Gunanto, 2019)

Table 2.2 Standart Agregat Kasar

Jenis pemeriksaan	Standart	Syarat max/min
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan natrium dan magnesium sulfat	SNI 03-3407-1994	Maks. 12 %
Abrasi dengan mesin los angeles	SNI 03-2417-1991	Maks 40 %
Kelekatan agregat terhadap aspal	SNI 03-2439-1991	Min 95 %
Agularitas	SNI 03-6877-2002	95/90 (*)
Partikel pipih dan lonjong (**)	RSNI T-01-2005	Maks. 10 %
Material lolos saringan No.200	SNI 03-4142-1996	Maks. 1%

(Sumber : Rancangan Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan, Divisi VI

Perkerasan Beraspal, Dep. PU, Edisi April 2007)

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.

2.1.4.2 Agregat Halus

Agregat halus adalah butiran batuan yang lolos saringan no.8 (2,38mm) (PU, spesifikasi baru campuran panas, 2002). Agregat halus harus bersih, kering, bebas dari lempung serta memenuhi persyaratan sebagai berikut :

1. Nilai *soundness* maksimal 12 %.
2. Penyerapan air maksimum 3 %.
3. Berat jenis curah (*bulk*) minimum 2,5.
4. Terdiri dari butir-butir yang bersudut tajam dan mempunyai permukaan yang kasar.
5. Agregat yang digunakan harus berasal dari sumber yang sama.

Tabel 2.3 Ketentuan Agregat Halus untuk Campuran Beton Aspal

Jenis pemeriksaan	Standart	Syarat maks/min
Nilai setara pasir	SNI 03-4428- 1997	Maks. 50 %
Material lolos saringan No. 200	SNI 03-4142- 1996	Maks. 8 %
Angularitas	SNI 03-6877- 2002	Minn 45. %

(Sumber : Rancangan Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan, Divisi VI

Perkerasan Beraspal, Dep. PU, Edisi April 2007)

2.1.4.3 Gradasi Agregat

Gradasi agregat untuk aspal, baik yang bergradasi kasar maupun yang bergradasi halus ternyata ada sebagian yang tidak mengikuti distribusi ukuran butir lengkung Filler.

Gradasi adalah susunan butir agregat sesuai ukurannya. Ukuran butir agregat dapat diperoleh melalui pemeriksaan analisis saringan. Satu set saringan umumnya terdiri dari saringan berukuran 4 inch, 3,5 inch, 3 inch, 2,3 inch, 2 inch, 1,5 inch, 1 inch, 0,75 inch, 0,5 inch, 0,375 inch, No.4, No.8, No.16, No.30, No.50, No.100 dan No. 200. (Hartono,2011)

Tabel. 2.4 Gradasi Agregat

Ukuran ayakan		% berat yang lolos terhadap agregat dalam campuran		
		Laston AC		
ASTM	(mm)	AC-WC	AC-BC	AC-Base
1 ½ “	37,5	-	-	100
1	25	-	100	90-100
¾”	19	100	90-100	76-90
½”	12,5	90-100	75-90	60-78
3/8 “	9,5	77-90	66-82	52-71
No. 4	4,75	53-69	46-64	35-54
No. 8	2,36	33-53	30-49	23-41
No. 16	1,18	21-40	18-38	13-30
No. 30	0,6	14-30	12-28	10-22
No. 200	0,3	9-22	7-20	6-15
	0,15	6-15	5-13	4-10
	0,075	4-9	4-8	3-7

(Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Divisi 6 Perkerasan Aspal)

2.4.1.4 Sifat Agregat

Sifat dan kualitas agregat menentukan kemampuannya dalam memikul beban lalu lintas. Agregat dengan kualitas dan sifat yang baik untuk lapisan permukaan yang langsung memikul beban lalu lintas dan menyebar beban kelapisan

yang ada dibawahnya. Sifat agregat yang menentukan kualitasnya sebagai bahan konstruksi perkerasan jalan dapat dikelompokka menjadi :

1. Kekuatan dan keawetan.
2. Kemampuan dilapisi aspal.
3. Kemudahan dalam pelaksanaan dan menghasilkan lapisan yang aman dan nyaman.

2.1.5 Filler

Filler Agregat sangat halus (filler) adalah agregat yang lebih kecil dari 75 μm atau lolos saringan No.200 dengan persentase berat yang lolos minimal 75%. Fungsi filler adalah sebagai pengisi pada pembuatan campuran aspal.

Pada umumnya filler yang paling sering digunakan pada perkerasan aspal adalah abu batu atau semen, tetapi pada penelitian ini filler yang digunakan adalah abu terbang hasil pembakaran batu bara. Dalam penelitian ini filler geopolimer akan mengganti seluruh persentase filler yang di dapat pada perencanaan mix design. (Akhmad Taufik Aditama, 2017)

Persyaratan spesifikasi filler menurut Bina Marga ditunjukkan dalam tabel berikut:

Tabel 2.5 spesifikasi filler

Sifat-sifat	Metode pengujian	Persyaratan
Berat butiran yang lolos ayakan 75 mikron	SNI 03-4142-1996	$\geq 75 \%$

(Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga, 2010)

2.1.6 Bahan *Additive* Serat Selulosa

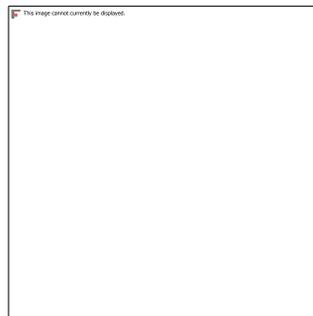
Zat aditif merupakan material yang ditambahkan pada campuran. Kelebihan zat aditif adalah dapat memperbaiki sifat aspal dalam hal meningkatkan penetrasi, daktilitas, dan menurunkan viskositas. Kelemahannya yaitu keberadaannya yang masih jarang digunakan di Indonesia sehingga harus mengimpor dari luar negeri seperti USA, Jepang. Oleh karena itu perlu dikembangkan material lain sebagai pengganti zat aditif yang merupakan material impor, sehingga dapat ditemukan alternatif lain berdasarkan material lokal. Efek terhadap penghematan bahan aspal yaitu mengurangi persentase aspal yang digunakan dalam kisaran 20% dalam persentase berat aspal. (Ari Widayanti, 2020)

2.1.6.1 Serat Selulosa di Pasaran

Roadcel-50 merupakan salah satu nama serat selulosa yang ada di pasaran yang digunakan sebagai bahan stabilisasi bagi aspal pada campuran beraspal. *Roadcel-50* diproduksi oleh PT. Olah Bumi Mandiri di Jakarta dan telah dimanfaatkan pada beberapa ruas jalan.

Serat selulosa yang digunakan sebagai *additive* campuran aspal beton dapat meningkatkan modulus kekakuan, sehingga memperbaiki daya tahan terhadap campuran. Serat selulosa juga dapat menaikkan kadar aspal optimum campuran sehingga dapat menaikkan kadar aspal optimum campuran sehingga dapat meningkatkan sifat durabilitas, selain itu dapat melindungi aspal dari oksidasi selama pelaksanaan konstruksi sampai masa pelayanan, dan juga mengurangi “*rutting*” sehingga serat selulosa juga berfungsi sebagai bahan anti oksidasi campuran beton aspal.

Jumlah serat selulosa yang terbatas dan terbilang mahal, sebagai ganti serat selulosa bias di dapat dari bahan yang mudah dijumpai seperti pelepah pisang yang banyak dijumpai di daerah kab. Lamongan, untuk memanfaatkan pelepah pisang dan meningkatkan nilai ekonomis.



Gambar 2.2 serat selulosa roadcell 50

Sumber : <https://www.dosenpendidikan.co.id/selulosa-adalah> (diunduh pada 06/12/2020 pukul 11:38)

2.1.6.2 Manfaat dan Kegunaan Serat Selulosa Dalam Campuran Aspal Panas

Selosa berasal baik dari selulosa dinding sel serat kapas pendek yang disebut linter atau lebih sering dari kayu pinus. Ada tiga jenis serat selulosa buatan yaitu rayon, asetat dan tri asetat. Serat selulosa untuk jalan merupakan salah satu bahan baku terpenting untuk menghasilkan campuran AC-WC. Ini bisa menyerap aspal, memperkuat tekanan adesi, dan bisa memainkan peran menstabilkan dan diperkuat.

Fungsi *Roadcel-50* dalam menstabilisasi aspal terlihat adanya beberapa perubahan properties dari campuran aspal dan model terhadap aspal murni, yaitu kenaikan titik leleh, penurunan penetrasi semu dan penurunan kelelehn. Mekanisme stabilisasi kelelehan itu secara mikro terjadi melalui absorbs aspal oleh selulosa. Proses ini menyebabkan sifat-sifat kinetis (mobilitas) dari partikel-partikel

aspal menghasilkan integritas dari bulk aspal tanpa mengurangi sifat kelenturan dan adhesi (Mashuri, dkk 2007)

2.1.6.3 Serat Pelepah Pisang

Pisang merupakan salah satu tanaman yang telah lama dikenal masyarakat. Tanaman ini cukup mudah dibudidayakan dengan iklim Indonesia. Bagian-bagian pisang selain dikonsumsi, ada juga yang dapat dimanfaatkan yaitu pelepah pisang, yang dapat dimanfaatkan sebagai pembuatan kertas, tissue, kain, dan tali. Selain itu tanaman pisang masih kurang banyak dimanfaatkan oleh masyarakat terutama bagian pelepahnya yang dibuang menjadi limbah.

Komponen kimia yang sangat menonjol adalah kadar heleselulosa sebesar 78% - 81%, sedangkan rendemen pulp yang berasal dari serat 53 % -56%, rendemen pulp yang berasal dari peepah pisang (tanpa dibuat serat) 43% -46%, alpa selulosa 31% dan pontose 25%. (Lahmot Feri Siagian, 2020)

2.1.7 Perencanaan Campuran (*mix Design*)

Campuran untuk lapis aspal beton pada dasarnya terdiri dari agregat kasar, agregat halus dan aspal. Masing-masing agregat terlebih dahulu harus diperiksa gradasinya dan selanjutnya digabungkan menurut perbandingan yang akan menghasilkan agregat campuran. Pada agregat campuran tersebut ditambahkan kadar aspal optimal.

Kadar aspal optimal yang tinggi mengakibatkan kelenturan yang baik akan tetapi dapat teejadi *bleending* sehingga stabilitas dan tahanan geser berkurang. Untuk itu haruslah direncanakan campuran antara agrerat dan aspal seoptimal mungkin sehingga dihasilkan perkerasan dengann kualitas yang tinggi yang

meliputi gradasi agregat dan kadar aspal, sehingga dapat menghasilkan lapisan perkerasan yang memenuhi persyaratan meliputi stabilitas, durabilitas, fleksibilitas dan tahanan geser. Maka :

1. partikel-partiel antar agregat akan terikat satu sam lain oleh aspal.
2. Rongga-rongga agregat ada yang terisi aspal dan ada pula yang terisi rongga udara.
3. Terdapat rongga antar butir yang terisi oleh udara.

Dan hasil *mix design* diharapkan diperoleh suatu lapisan perkerasan yang me punyai karakteristik sebagai berikut :

1. kadar aspal yang cukup memberikan kelenturan.
2. Stabilitas yang cukup dapat memberikan kemmpuan memikul beban sehingga tidak terjadi deformasi yang merusak.
3. Kadar rongga udara yang dapat memberikan kesempatan untuk pemadatan tambahan akibat beban berulang dan *flow* dari aspal.
4. Dapat memnghasilkan perkerasan yang sesuai dengan persyaratan.

(Hartono,2011)

2.1.8 Pengujian *Marshall*

Langkah-langkah kerja campuran metode Marshall (Sukirman, 2007) adalah :

- a. Mempelajari spesifikasi gradasi agregat campuran yang diinginkan dari spesifikasi campuran pekerjaan.

- b. Merancang proporsi dari masing-masing agregat yang tersedia untuk mendapatkan agregat campuran dengan gradasi sesuai butir
- c. Menentukan kadar aspal total dalam campuran.
- d. Membuat benda uji atau briket beton aspal .
- e. Melakukan uji Marshall untuk mendapatkan stabilitas dan kelelahan (flow) benda uji .
- f. Menghitung parameter Marshall yaitu VIM, VMA, VFA, berat volume campuran, dan parameter lain sesuai. (Samsul Arif, 2018)

Dalam pengujian *marshall* akan didapatkan nilai seperti :

1. *Void In The Mix* (VIM)

VIM (*Void in the Mix*) merupakan volume pori yang masih tersisa setelah campuran aspal beton dipadatkan. VIM ini dibutuhkan sebagai tempat bergesernya butir-butir agregat akibat pemadatan tambahan akibat repetisi beban lalu lintas, atau tempat jika aspal menjadi lunak akibat meningkatnya temperatur. Besar kecilnya VIM nantinya akan berpengaruh terhadap keawetan aspal beton. Untuk AC-BC dengan lalu lintas sedang, nilai VIM yang disyaratkan adalah 3,9 - 4,9% (Bambang Edison, 2010)

2. *Void Filled With Asphalt* (VFWA)

VFWA (*Void Filled With Asphalt*) adalah nilai yang menunjukkan besarnya rongga yang terisi oleh aspal yang dinyatakan dalam persen (%). Besarnya nilai VFWA sangat berpengaruh terhadap keawetan suatu perkerasan. Apabila nilai

VFWA tinggi berarti banyak rongga yang terisi aspal, sehingga kedapatan campuran terhadap air dan udara menjadi tinggi. (Dwi Kartikasari, S, 2018)

3. *Void Filled with Asphalt (VFA)*

VFA (*Void Filled with Asphalt*) adalah persentase ruang diantara partikel agregat (VFA) yang terisi aspal, tidak termasuk aspal yang diserap oleh agregat. Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Revisi 3 mensyaratkan nilai VFA untuk ACBASE minimum 65%. Nilai VFA minimum ditetapkan untuk mencegah nilai Nilai VFA yang terlalu kecil akan menyebabkan kedapatan campuran terhadap air berkurang karena sedikit rongga yang terisi aspal. Dengan banyaknya rongga yang kosong, air dan udara akan mudah masuk kedalam Campuran sehingga keawetan dari lapis keras akan berkurang. (Arief Rahman, 2017)

4. *Void in Mineral Agregat (VMA)*

VMA (*Void in Mineral Agregat*) merupakan rongga udara antar butiran agregat yaitu rongga udara diantara partikel campuran agregat aspal yang sudah dipadatkan termasuk ruang yang terisi aspal yang dinyatakan dalam persen terhadap total volume campuran aspal agregat. Faktor-faktor yang mempengaruhi Void in Mineral Agregat antara lain gradasi agregat (komposisi campuran agregat dan ukuran diameter butir terbesar), energi pemadat, kadar aspal dan bentuk butiran. (Misbah, N, 2018)

5. *Marshal Quotient* (MQ)

Marshall Quotient adalah perbandingan antara nilai stabilitas dengan flow. Marshall Quotient merupakan indikator dalam menentukan nilai fleksibilitas kelenturan terhadap keretakan. Kenaikan fleksibilitas disebabkan oleh penambahan kadar aspal dan penurunan hingga batas optimum disebabkan oleh berubahnya fungsi aspal sebagai pengikat. (Dwi Kartikasari, 2019)

Table 2.6 sifat campuran AC

Sifat campuran		Laston		
		AC-WC	AC-BC	Base
Jumlah tumbukan lolos ayakan 200		75,0		112,0
	>		1	
Kadar aspal efektif	<		1,40	
VIM (%)	>		3	
VMA (%)	<		5	
VFB (%)	>	15	14,0	13,0
Stabilitas (Kg)	<	65,0	65,0	65,0
Pelelehan (mm)	>	800,0		1800
	>	2,0		3,0
Pelelehan (mm)	<	4,0		6,0

(Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 (Revisi 3))

2.2 Penelitian Terdahulu

Penelitian-penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian ini antara lain:

2.2.1 Abdillah, M. Z., & Kartikasari, D. (2018)

Penelitian yang dilakukan oleh Abdillah, M. Z., & Kartikasari, D (2018)

Universitas Islam Lamongan dengan judul “ Substitusi Filler Pada Campuran

Aspal Dengan Fly Ash Dan Serbuk Batu Bata.” Yang telah diterbitkan dalam jurnal *CIVILA*, 3(1), 124-133 Pada pengujian stabilitas benda uji dengan 100% fly ash mengalami blending. Meskipun nilai stabilitasnya rendah tapi masih memenuhi spesifikasi bina marga. Sifat fly ash yang licin membuat bahan filler tersebut mengalami blending/ keruntuhan. Nilai marshall questient MQ pada benda uji 100% serbuk batu bata merah tidak memenuhi spesifikasi bina marga yaitu kurang dari 250 kg/mm. Pengujian terbaik yaitu dengan filler semen Portland dikarnakan sifat pozollan dan zat yang terkandung dalam semen sangat baik digunakan sebagai bahan pengisi atau filler pada aspal. Dari pengujian stabilitas,flow densitas maupun MQ hasil dari pada semen sangat bagus. Nilai hasil uji marshall perbandingan antara 50% batu bata dengan 50% fly ash menghasilkan hasil yang bagus, baik nilai stabilitas flow maupun hasil bagi marshall atau marshall questient.

2.2.2 Abid, M. S., & Bakhtiar, A. (2019)

Penelitian yang dilakukan oleh Abid, M. S., & Bakhtiar, A. (2019) Universitas Islam Malang dengan judul “ Studi Peningkatan Jalan Raya Nasional Pada Ruas Jarakan–Batas Pacitan Kabupaten Trenggalek.” Yang telah diterbitkan dalam jurnal *Rekayasa Sipil* 6 (1), 44-54, Jalan Raya merupakan suatu sarana yang bertujuan untuk menghubungkan lalu lintas dari suatu tempat ke tempat yang lain. Maksud dari lintasan dapat diartikan sebagai tanah yang dipadatkan atau jalan tanah tanpa perkerasan, sedangkan lalu lintas yaitu meliputi semua benda dan makhluk hidup yang melalui jalan tersebut baik kendaraan bermotor ataupun tidak bermotor” [1]. Kabupaten

Trenggalek terletak di wilayah pesisir pantai selatan dan pada sebelah utara berbatasan dengan Kabupaten Ponorogo sedangkan Sebelah timur berbatasan dengan Kabupaten Tulungagung dan sebelah barat dengan Kabupaten Pacitan Sebelah selatan berbatasan dengan Samudera Hindia. Untuk meningkatkan kenyamanan pengguna jalan raya maka perlu adanya pelebaran jalan pada ruas jalan . Dari latar belakang kondisi tersebut itulah sehingga perlu adanya peningkatan jalan pada ruas Jarakan-Batas Pacitan Panjang jalan yang dilaksanakan 12,6km, dan lebar perkerasan existing 5,5m dilebarkan jadi 7,5m. lalu diperoleh hasil dari perhitungan tebal lapisan perkerasan sebesar, sirtu = (23cm), batu belah = (20 cm), laston = 23 cm, dan tebal lapis tambah (overlay) sebesar 4cm. Dan dimensi saluran(drainase) $H = 1,06$ m, $B = 0,87$ m, dan $W = 0,62$ m.

2.2.3 Arif, S. (2018)

Penelitian yang dilakukan oleh Arif, S. (2018) Universitas Islam Lamongan dengan judul “ Alternatif Penggunaan Plastik Polypropylene Pada Campuran Aspal” Yang telah diterbitkan dalam jurnal *CIVILA*, 3(1), 140-145 Nilai stabilitas terendah yaitu pada Laston normal sebesar 1136 kg, tetapi nilai tersebut masih memenuhi spesifikasi Bina Marga > 800 kg. Kelelehan (flow) terendah yaitu pada Laston normal sebesar 3,62, nilai tersebut masih memenuhi ketentuan dari Bina Marga > 3 . Nilai Marshall Quotient terendah pada laston normal yaitu 307, nilai tersebut.

2.2.4 Kartikasari, D., & Arif, S. (2018)

Penelitian yang dilakukan oleh Kartikasari, D., & Arif, S. (2018) Universitas Islam Lamongan dengan judul “ Pengaruh Penambahan Limbah Plastik pada Campuran Laston (AC-WC) Terhadap Karakteristik Marshall. *Prosiding.*” Yang telah diterbitkan dalam jurnal *SENATI*, 334-338 Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) melalui Badan Penelitian dan Pengembangan (Balitbang) saat ini tengah mengembangkan pemanfaatan limbah plastik sebagai campuran aspal. Jumlah sampah plastik di Indonesia tahun 2019 diperkirakan mencapai 9,52 juta ton atau 14% dari total sampah yang ada. Jenis limbah plastik yang digunakan dalam penelitian adalah PE (Polyethylene terephthalate), LDPE (Low Density Polyethylene) dan PP (Polypropylene). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan limbah plastik pada campuran Laston (AC-WC) terhadap karakteristik Marshall, dengan komposisi tambahan limbah plastik 0%, 2% dan 4%. Karakteristik Marshall yang ditinjau adalah VIM (Void In Mix), VFWA (Void Filled With Asphalt), stabilitas, Flow (Kelelahan Plastis), Marshall Quotient, dan Density (Kepadatan). Dari hasil pengujian diketahui campuran laston AC-WC dengan penambahan limbah plastik PE (Polyethylene terephthalate), LDPE (Low Density Polyethylene) dan PP (Polypropylene) dapat meningkatkan stabilitas sekitar 36% dari campuran normal, sehingga ketahanan laston lebih baik. Selain itu pengaruh penambahan limbah plastik juga berpengaruh terhadap nilai kelelahan plastis, semakin besar penambahan kadar plastik

semakin rendah nilai flow. Penambahan limbah plastik juga mempengaruhi kekakuan campuran, semakin besar komposisi penambahan plastik, semakin tinggi juga nilai kekakuan laston.

2.2.5 Kartikasari, D., & Hartantyo, S. D. (2017)

Penelitian yang dilakukan oleh Kartikasari, D., & Hartantyo, S. D. (2017) Universitas Islam Lamongan dengan judul “ Penggantian Filler Dengan Fly Ash Dan Serbuk Batu Bata Pada Campuran Aspal (Ac-Wc) Filler Replacement With Fly Ash And Brick Powder In Mix Of Asphalt (Ac-Wc).” Yang telah diterbitkan dalam *UKaRsT*, 1(1), 40-49 Aspal concrete-wearing course sebagai lapis aus dalam lapisan perkerasan jalan raya ,Merupakan lapisan teratas dalam perkerasan lentur. Pada penelitian ini akan di bahas mengenai penggunaan filler semen Portland sebagai acuan untuk membandingkan pengantian filler dengan fly ash dan serbuk batu bata dengan variasi 100% fly ash,100% serbuk batu bata dan 50%fly ash: 50% serbuk batu bata untuk mengetahui nilai stabilitas,flow,densitas,dan marshall questient.Langkah pertamaadalah dengan melakukan pengujian agregat ,aspal dan material filler yang akan digunakan, dilanjutkan dengan pembuatan benda uji dengan kadar aspal yang telah ditentukan. Setelah didapatkan kadar aspal optimum untuk masing-masing variasifiller yang berbeda,dilakukan tes marshall untuk mendapatkan nilai stabilitas flow dan marshall questient. Dalam penelitian ini didapatkan nilai kadar aspal optimum sebesar 5,5 % untuk masing-masing benda uji.Hasil penelitian ini campuran dengan kualitas baik menggunakan filler 100% semen Portland

nilai stabilitas sebesar 1112,19 kg dan yang paling rendah menggunakan filler 100% fly ash dengan hasil 866,19 tetapi hasilnya masih memenuhi spesifikasi bina marga. sedangkan nilai MQ dengan filler 100% serbuk batu bata di bawah spesifikasi bina marga yaitu sebesar 213. sehingga dapat disimpulkan bahwa filler yang bagus untuk campuran asphalt concrete wearing course adalah dengan semen Portland.

2.2.6 Aditama, A. T., & TRANSPORTASI, B. K. M. R. (2017)

Penelitian yang dilakukan oleh Aditama, A. T., & TRANSPORTASI, B. K. M. R. (2017). Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dengan judul “ Analisis gradasi agregat sebagai upaya perbaikan karakteristik campuran aspal beton geopolimer.” Yang telah diterbitkan dalam jurnal Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Fly ash merupakan limbah dari hasil pembakaran batu bara di pembangkit listrik. Fly ash yang di produksi pembangkit listrik sangat banyak dan setiap tahun terus meningkat. Pemanfaatan fly ash salah satunya dijadikan material geopolimer. Geopolimer tersebut dapat digunakan sebagai filler pada aspal beton. Suatu penelitian menunjukkan bahwa aspal beton menggunakan filler geopolimer dapat meningkatkan stabilitas. Namun disisi lain dapat memperbanyak rongga pada campuran. Dalam penelitian ini dilakukan langkah alternatif untuk memperbaiki karakteristik aspal beton geopolimer pada perkerasan jalan dengan cara memvariasikan jenis filler, gradasi agregat dan kadar filler. Kemudian, hasil terbaik dari alternatif tersebut diterapkan pada perkerasan bandara untuk dilihat kinerjanya. Geopolimer

tersusun dari fly ash yang dicampur aktivator, yaitu larutan NaOH dan Na_2SiO_3 dengan konsentrasi 8 molar. Fly Ash dan aktivator dicampur, kemudian dibiarkan mengeras selama 28 hari, selanjutnya ditumbuk sampai lolos saringan no 200 untuk dijadikan filler. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa penggunaan geopolimer pada aspal beton dapat meningkatkan stabilitas. Meskipun disisi lain memperbanyak rongga campuran, namun masih memenuhi spesifikasi. Menggunakan geopolimer menghasilkan stabilitas 2407,80 kg dan VIM 4,30%, sedangkan fly ash menghasilkan stabilitas 2016,50 kg dan VIM 4,10%. Karakteristik yang dihasilkan pada gradasi atas, tengah dan bawah sudah memenuhi spesifikasi. Namun dalam perencanaan disarankan berusaha menggunakan gradasi tengah, karena dikhawatirkan apabila menggunakan gradasi atas atau bawah rongga campuran yang terbentuk tidak memenuhi spesifikasi yang ditentukan. VIM pada gradasi atas, tengah dan bawah adalah 3,50%, 4,30%, 5,00%. Untuk penggunaan kadar filler disarankan menambah sebanyak-banyaknya dari proporsi normal atau tidak lebih dari 7%. Karena penambahan filler dapat meningkatkan stabilitas dan memperkecil rongga campuran. Sedangkan untuk perkerasan bandara yang dibuat seperti metode perkerasan jalan, karakteristiknya sudah memenuhi syarat sesuai spesifikasi perkerasan bandara.

2.2.7 Edison, B. (2014)

Penelitian yang dilakukan oleh Edison, B. (2014) Politeknik Pasir Pengairan dengan judul “ Karakteristik Campuran Aspal Panas (Asphalt

Concrete-Binder Course) Menggunakan Aspal Polimer.” Yang telah diterbitkan dalam *Jurnal Aptek*, 2(1), 60-71 Nilai Indeks kekuatan Sisa (IKS) akibat perlakuan perendaman Marshall (Marshall Immersion) selama 24 jam dari kedua jenis campuran masih berada diatas nilai batas minimum 75 % yang disyaratkan. Nilai IDP campuran laston yang menggunakan aspal starbit E-55 mengalami penurunan kekuatan yang lebih besar pada siklus 4 hari yaitu 0,062797 %/hari dan juga pada siklus 4 hari yaitu 2,46 %/hr untuk IDK. Sedangkan campuran laston yang mnggunakan pertamina pen 60/70 mengalami penurunan yang cukup besar pada siklus 4 hari untuk IDP yaitu 0,328676 %/hr dan pada siklus 4 hari untuk IDK yaitu 13,80 %/hr. Pada pola kurva durabilitas hasil pengujian perendaman Marshall modifikasi, terlihat bahwa kurva durabilitas untuk campuran Laston yang menggunakan aspal pertamina pen. 60/70 berada dibawah dari kurva durabilitas campuran Laston yang menggunakan aspal Starbit E-55. Hal ini menunjukkan bahwa campuran Laston yang menggunakan Starbit E55 lebih tahan/awet terhadap infiltrasi.

2.2.8 Gunarto, A., & Candra, A. I. (2019)

Penelitian yang dilakukan oleh Gunarto, A., & Candra, A. I. (2019) Universitas Kadiri dengan judul “ Penelitian Campuran Aspal Beton Dengan Menggunakan Filler Bunga Pinus.” Yang telah diterbitkan dalam jurnal *UKaRsT*, 3(1), 37-47 Berdasarkan hubungan antara kandungan kadar aspal minyak dan seluruh parameter marshall dan volumetrik menggunakan filler Bunga Pinus maka didapatkan kandungan aspal optimum berada pada kadar

6,5 % dari Nilai VIM, VMA, VFB, stabilitas dan MQ. Dari hasil penelitian yang sudah dilakukan didapatkan data yang memenuhi spesifikasi dari Bina Marga dengan Nilai pada Kadar aspal 6,5 % dengan nilai rerata Stabilitas 1417, nilai rerata Flow 3,6 mm, nilai rerata VIM (voids In Mix) 4,11%, nilai rerata VMA (Void In Mineral Agregate) 16,69%, nilai rerata VFB (Void Filled Bitumen) 73,57%, dan nilai rerata Marshall quotient (MQ) 314 kg/mm.

2.2.9 Hartantyo, S. D., & Hermanto, B. (2019)

Penelitian yang dilakukan oleh Intanti, Hartantyo, S. D., & Hermanto, B. (2019) Universitas Islam Lamongan dengan judul “ Pengaruh Penggunaan Krikil Mantup Sebagai Bahan Perkerasan Jalan (Ac-Wc).” Yang telah diterbitkan dalam *Jurnal UKaRsT*, 3(2), ISSN 2579-4620. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan tentang pengaruh penggunaan krikil mantup sebagai bahan pengganti agregat kasar pada campuran Laston type V SNI 03 – 1737 – 1989 dapat disimpulkan sebagai berikut : Setelah melalui proses pengolahan yang benar Krikil Mantup sampai menjadi agregat kasar, krikil mantup dapat digunakan sebagai bahan tambah campuran aspal panas campuran Laston Tipe V SNI 03-1737-1989. Substitusi variasi krikil mantup 0%, 25%, 50%, 100% dari berat agregat kasar pada penelitian ini menunjukkan nilai Marshall Properties yang paling ideal dihitung dengan menggunakan persamaan model regresi dengan indeks determinasi paling tinggi dimana pada persamaan model tersebut didapatkan nilai indeks determinasi (R^2) = 1 untuk Marshall properties yang paling tinggi adalah

substitusi krikil mantup 100% dengan parameter marshall yang meliputi : Stability 979,03kg, VIM 97,71%, VMA 18,68%, VFWA 78,21%, Flow 3,13 mm, Marshall Question 316,46%. Dari hasil tersebut substitusi Krikil Mantup dengan kadar 100% memenuhi kriteria dalam standar nasional indonesia.

2.2.10 Hartono, H. (2011)

Penelitian yang dilakukan oleh Hartono, H. (2011). Universitas Internasional Batam dengan judul “ Analisis Penambahan Sikafume pada Campuran Aspal Beton (Laston) ” Yang telah diterbitkan dalam Doctoral dissertation, Universitas Internasional Batam. Gradasi adalah susunan butir agregat sesuai ukurannya. Ukuran butir agregat dapat diperoleh melalui pemeriksaan analisis saringan. Satu set saringan umumnya terdiri dari saringan berukuran 4 inch, 3,5 inch, 3 inch, 2,3 inch, 2inch, 1,5 inch, 1 inch, 0,75 inch, 0,5 inch, 0,375 inch, No.4, No.8, No 16, No.30, No.50, No.100 dan No. 200.

2.2.11 Intanti, E. Y. R., & Lubis, Z. (2018)

Penelitian yang dilakukan oleh Intanti, E. Y. R., & Lubis, Z. (2018) Universitas Islam Lamongan dengan judul “ Serat Eceng Gondok Sebagai Bahan Alternatif Admixture Pada Laston Tipe Xi Sni 03-1737-1989 Ditinjau Terhadap Nilai-Nilai Uji Marshall).” Yang telah diterbitkan dalam *Jurnal CIVILA*, 3(2), 154-160. ISSN No. 2503-2399 Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, serat eceng gondok dapat digunakan sebagai bahan pengganti serat selulosa dan dapat digunakan sebagai bahan campuran aspal panas karena serat eceng gondok mampu menyerap aspal serta memperkuat aspal.

Dalam pembuatan serat eceng gondok yang digunakan dalam penelitian ini dilakukan pengolahan dengan cara menghaluskan atau menggiling eceng gondok yang sudah di potong dan dibersihkan sampai mendapatkan karakteristik yang menyerupai serat selulosa yang sesungguhnya. Serat Eceng gondok sendiri dimaksudkan sebagai tambahan tambah yang dapat mengurangi banyaknya aspal yang digunakan dalam campuran. Penambahan serat eceng gondok terhadap nilai-nilai Marshall Properties beberapa mengalami peningkatan. Dalam penambahan serat eceng gondok sendiri mempengaruhi hasil dari Marshall Test yang mengalami kenaikan serta penurunan. Dari 5 variasi campuran yang digunakan pada campuran Laston tipe XI didapatkan kadar serat eceng gondok yang nilainya terbaik dan memenuhi spesifikasi SNI 03-1737-1989 adalah kadar serat 6% yang di dapat dari data perhitungan menggunakan grafik serta perhitungan permodelan regresi, dimana Marshall Stability yang di dapatkan yaitu sebesar 644,46 Kg, Flow sebesar 3,39 mm , VMA (Rongga dalam agregat) sebesar 13,83 % , VFWA (Rongga dalam udara) sebesar 65,35%, VIM (Rongga terisi aspal) sebesar 2,52 % , Density sebesar 2,31 gr/cc , dan Marshall Quotient sebesar 164,03 Kg/mm.

2.2.12 Misbah, M., & Sari, N. (2018)

Penelitian yang dilakukan oleh Misbah, M., & Sari, N. (2018) Institut Teknologi Padang dengan judul “ Pengaruh Penggunaan Agregat Kasar Sungai Tuak (Kabupaten Kerinci, Propinsi Jambi) Dalam Campuran Aspal Panas Agregat (Ac-Wc) Dengan Pengujian Marshall.” Yang telah

diterbitkan dalam jurnal *Momentum*, ISSN 1693-752X, 20(1), 17-24 Dengan Pengujian Marshal Pembangunan jalan di daerah Kabupaten Kerinci, Propinsi Jambi mengalami peningkatan yang pesat dan dirasakan semakin penting untuk menunjang peningkatan perekonomian, informasi, sosial, budaya dan ketahanan nasional, sehingga pembangunan jalan dilaksanakan pada masa sekarang dihadapkan pada penyempurnaan kualitas dan penghematan biaya. Perkembangan penelitian tentang bahan konstruksi perkerasan jalan diarahkan pada usaha pemanfaatan material setempat dan disesuaikan dengan kondisi daerah dimana konstruksi perkerasan akan dilaksanakan. Untuk itu perlu suatu metoda yang bisa dijadikan pedoman untuk mengetahui kualitas agregat kasar yang akan digunakan, seperti agregat dari Sungai Tuak, Kabupaten Kerinci, Propinsi Jambi. Salah satu metode adalah analisa Pengaruh Penggunaan Agregat Kasar Sungai Tuak, Kabupaten Kerinci, Propinsi Jambi dalam campuran aspal panas agregat AC-WC dengan pengujian Marshall. Dari hasil penelitian “Pengaruh Penggunaan Agregat Kasar Sungai Tuak, Kabupaten Kerinci, Propinsi Jambi dalam campuran aspal panas agregat AC-WC dengan pengujian Marshall” didapatkan bahwa dengan memakai agregat kasar dari Sungai Tuak, Kabupaten Kerinci, Propinsi Jambi mengakibatkan hampir semua nilai properties Marshall memenuhi spesifikasi campuran. Maka dari penelitian ini dapat diambil kesimpulan bahwa agregat kasar Sungai Tuak, Kabupaten Kerinci, Propinsi Jambi dapat digunakan dalam campuran AC-WC.

2.2.13 Muaya, G. S., Kaseke, O. H., & Manoppo, M. R. (2015)

Penelitian yang dilakukan oleh Muaya, G. S., Kaseke, O. H., & Manoppo, M. R. (2015) Universitas Sam Ratulangi Manado dengan judul “Pengaruh Terendamnya Perkerasan Aspal oleh Air Laut yang Ditinjau terhadap Karakteristik Marshall.” Yang telah diterbitkan dalam *Jurnal Sipil Statik*, 3(8). Perkerasan jalan yang berada di pesisir pantai berpotensi digenangi oleh air laut. Kadar garam adalah salah satu yang membedakannya dengan air tawar. Garam-garaman yang terdapat dalam air laut adalah klorida (55%), natrium (31%), sulfat (8%), magnesium (4%), kalsium (!%), dan sisanya (< 1%) bikarbonat, bromide, asam borak, strontium, dan florida. Jadi, rata-rata dalam 1 liter air laut terdapat 3,5% kadar garam. Berdasarkan SNI 2010 Revisi 2 Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, nilai Marshall Test untuk lapis aspal beton AC-WC adalah minimal 800 kg untuk stabilitas dan minimal 3 mm untuk kelelahan plastisnya., jadi untuk Marshall Quotientnya minimal 250 kg/mm. Penelitian ini menggunakan material batu pecah yang berasal dari daerah Lolak, Kotamobagu. Penelitian ini bersifat kajian dilaboratorium, dimulai dengan pemeriksaan sifat-sifat fisik terhadap material batu pecah, agregat kasar, agregat sedang, dan abu batu. Kemudian dilakukan perhitungan kadar aspal perkiraan dan didapatkan sebesar 5,8% yang kemudian divariasikan mulai 3,8%, 4,8%, 5,8%, 6,8%, 7,8% untuk mendapatkan nilai kadar aspal terbaik dari pengujian Marshall. Nilai kadar aspal terbaik digunakan untuk pembuatan benda uji yang akan digunakan untuk perendaman air laut dengan

durasi perendaman 24 jam dan 48 jam, variasi suhu perendaman 25°C, 30°C, 35°C, 40°C, dan variasi kadar garam 3,5% (air laut), yang kemudian ditambahkan garam dapur sebesar 0,5% per 1 liter air laut yang menjadi 4,0% dan 4,5%. Kemudian akan dibandingkan dengan perendaman air tawar yang variasi durasi dan suhu yang sama dengan perendaman air laut. Hasil yang di dapatkan dari pengujian Marshall dapat disimpulkan bahwa air laut lebih merusak dibandingkan air tawar dengan perbandingan nilai stabilitas yang mencapai 6,59% untuk durasi 24 jam dan 29,90% untuk durasi 48 jam. Pada nilai kelelahan plastisnya terjadi peningkatan dari 6,16 mm pada perendaman air tawar menjadi 7,24 mm pada perendaman air laut. Nilai Marshall Quotientnya mengalami penurunan 8,88% - 20,06% untuk durasi 24 jam dan 14,10% - 41,39% untuk durasi 48 jam.

2.2.14 Pratiwi, W. D., & Hartantyo, S. D. (2019)

Penelitian yang dilakukan oleh Pratiwi, W. D., & Hartantyo, S. D. (2019) Universitas Islam Lamongan dengan judul “ Pengaruh Kekuatan Campuran Aspal Panas Laston Tipe Iv Sni 03-1737-1989 Akibat Penambahan Serat Eceng Gondok.” Yang telah diterbitkan dalam jurnal CIVILLA Vol 4 No 1 ISSN No. 2503-2399 Dari uraian yang telah disajikan dalam laporan penelitian ini, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa proses pencampuran Laston Tipe IV dengan bahan tambah serat eceng gondok meliputi; tahap persiapan alat dan bahan, pembuatan serat eceng gondok secara sederhana, pemeriksaan bahan susun (pemeriksaan agregat kasar, agregat halus dan aspal), pembuatan job mix formula (tahap spesifikasi gradasi/analisa

saringan, tahap penentuan kadar optimum dan berat aspal, tahap penentuan berat serat eceng gondok), dan tahap pencampuran Laston Tipe IV hingga menjadi benda uji (briket). Penambahan variasi ideal serat eceng gondok pada Laston Tipe IV dilakukan pada prosentase 0,02% - 0,06%.

2.2.15 Rahman, A., Djuniati, S., & Wibisono, G. (2017)

Penelitian yang dilakukan oleh Rahman, A., Djuniati, S., & Wibisono, G. (2017) Universitas Riau dengan judul “ Pengaruh Pasir Pulau Bungin Kabupaten Kuantan Singingi pada Campuran Laston Lapis Fondasi/Asphalt Concrete Base (AC-BASE) .” Yang telah diterbitkan dalam jurnal Doctoral dissertation, Riau University Diperoleh nilai KAOMarshall Standar yaitu variasi pasir alam 0% dengan kadar aspal 4,5%, 5%, 5,5%, 6% dan 6,5% diperoleh nilai KAO sebesar 6,45%, Variasi pasir alam 5% diperoleh nilai KAO sebesar 6,20%, Variasi pasir alam 10% diperoleh nilai KAO sebesar 6,00%, Variasi pasir alam 15% diperoleh nilai KAO sebesar 5,95%, Variasi pasir alam 16% diperoleh nilai KAO sebesar 5,80%. Nilai stabilitas, flow, VIM, VMA, VFA pada variasi pasir alam 0%, 5%, 10%, 15% dan 16% dengan kadar aspal 4,5%, 5%, 5,5%, 6% dan 6,5%. stabilitas dan flow memenuhi Spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 3. Nilai VMA terbesar pada variasi pasir alam 0% sebesar 17,31% dan nilai terendah pada variasi pasir alam 16% sebesar 14,91%.

2.2.16 Refi, A. (2015)

Penelitian yang dilakukan oleh Refi, A. (2015) Institut Teknologi Padang dengan judul “ Efek Pemakaian Pasir Laut Sebagai Agregat Halus

Pada Campuran Aspal Panas (AC-BC) Dengan Pengujian Marshall.” Yang telah diterbitkan dalam *Jurnal Teknik Sipil ITP ISSN 2354-8452 E-ISSN 2614-414X*, 2(1). Pasir laut sebagai salah satu jenis material agregat halus memiliki ketersediaan dalam kuantitas yang besar, namun secara kualitas masih perlu diteliti lebih lanjut terhadap struktur perkerasan jalan khususnya pada campuran panas aspal agregat lapisan AC-BC. Oleh karena itu perlu diteliti pemakaian pasir laut tersebut dan membandingkannya dengan pasir sungai dengan komposisi yang sama terhadap hasil karakteristik Marshall yang dihasilkan. Pasir laut yang digunakan bersumber dari pantai Air Tawar. Dari hasil penelitian diperoleh, agregat halus pasir sungai dengan menggunakan aspal penetrasi 60/70 kadar aspal optimum yang dihasilkan : 7,5 %, dengan Parameter Marshall yang meliputi : nilai Density (gr/cc) : 2,251, VMA(%) : 20,621 > 15, VFWA (%) : 73,418 > 65, VITM (%) : 5,482 > 3, Flow (mm) : 5,600 > 2, Stabilitas (Kg): 1214,642 > 800 dan Marshall Quotien (Kg/mm) : 218,621 > 200. Agregat halus pasir laut dengan menggunakan aspal penetrasi 60/70 kadar aspal optimum yang dihasilkan : 6,25 %, dengan parameter Marshall yang meliputi : nilai Density (gr/cc) : 2,293, VMA(%) : 17,828 > 15, VFWA (%) : 67,773 > 65, VITM (%) : 5,766 > 3, Flow (mm) : 5,517 > 2, Stabilitas (Kg): 1484,128 > 800 dan Marshall Quotien (Kg/mm) : 270,388 > 200. Setelah membandingkan nilai karakteristik Marshall antara kedua jenis agregat tersebut menunjukkan hasil yang tidak jauh berbeda dan ternyata berada dalam range spesifikasi yang disyaratkan. Hal ini menunjukkan bahwa pasir laut yang bersumber dari

pantai Air Tawar dapat dipakai sebagai bahan alternatif pengganti pasir sungai pada campuran panas aspal agregat (AC-BC).

2.2.17 Sukarman, S. (2003)

Penelitian yang dilakukan oleh Sukarman, S. (2003) “ Beton Aspal Campuran Panas” Yang telah diterbitkan Yayasan Obor Indonesia ISBN 979-461-472-6 Pada proses pas a hampar, aspal disiramkan pada lapisan agregat yang telah dipadatkan, lalu diatasnya ditaburi butiran agregat halus. Pada proses ini aspal akan meresap ke dalam pori-pori antar butir agregat dibawahnya. Fungsi utamanya adalah menghasilkan lapisan perkerasan bagian atas yang kedap air dan tidak mengikat agregat sampai kebagian bawah.

2.2.18 Siagian, L. F. (2020)

Penelitian yang dilakukan oleh Siagian, L. F. (2020) Universitas Medan Area dengan judul “ *Pengaruh Pemanfaatan Pelepah Abu Pisang Sebagai Filter Lapisan Aspal AC-WC Terhadap Nilai Marshall* (Doctoral dissertation, Universitas Medan Area)” Yang telah diterbitkan dalam Google Schollar Pembangunan yang semakin meningkat menuntut adanya penambahan infrastruktur, diantaranya adalah fasilitas jalan raya. Pelepah abu pisang merupakan polimer alam dapat dijadikan alternatif bahan pengisi (filler) pada aspal. Pertimbangan penggunaan pelepah abu pisang ini dikarenakan mudah didapatkan dan dapat mengurangi limbah pelepah pisang dan menjadi bahan yang bermanfaat. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis : Bagaimana pengaruh penambahan kadar filler pelepah abu

pisang pada aspal AC-WC. Untuk mengetahui bagaimana hasil stabilitas aspal dengan menggunakan alat tes Uji Marshall beserta nilai KAO (Kadar Aspal Optimum) dari penggunaan pelepah abu pisang. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental yang dilakukan di Laboratorium dengan variasi kadar aspal rencana 4,5%; 5%; 5,5%; 6%; 6,5%; 7%. Sampel yang digunakan masing-masing 3 buah pada setiap variasi kadar aspal rencana. Dari campuran aspal AC-WC dengan filler 2 % mempunyai nilai stabilitas sebesar 1051 kg dan filler 4% sebesar 1022 kg. Dan di dapat Kadar Aspal Optimum sebesar 6,10 % untuk kadar filler 4 % dan 6,04 % pada kadar filler 2 %, nilai Density, Stabilitas, Flow dan MQ meningkat lebih besar pada campuran filler 2% dan pada campuran kadar filler 4 % terjadi penurunan. Jadi dapat di simpulkan bahwa semakin besar penambahan filler pelepah abu pisang, maka nilai Stabilitas akan menurun dan sebaliknya nilai Flow akan meningkat.

2.2.19 Wahyudi, M., & Setiawan, A (2018)

Penelitian yang dilakukan oleh Wahyudi, M., & Setiawan (2018) Universitas Mataram dengan judul “ Kinerja Campuran Beton Aspal Wearing Course Dengan Tambahan Serbuk Serat Pelepah Batang Pisang.” Yang telah diterbitkan dalam *Spektrum Sipil*, ISSN 1858-2896, e-ISSN 2581-2505. Perkerasan yang awet dan tahan lama dapat dicapai bila memiliki kualitas perkerasan jalan yang baik / tinggi. Kualitas perkerasan jalan sangat dipengaruhi oleh bagaimana memilih material dan penggunaan persentase yang tepat sehingga memiliki kualitas yang tinggi dan memenuhi

standar/persyaratan dalam suatu campuran beraspal. Aspal sebagai bahan pengikat dan pengisi antar agregat dituntut memiliki kemampuan dalam mempertahankan sifat fisiknya. Kualitas aspal dapat ditingkatkan dengan menambah bahan aditif. Serbuk serat pelepah batang pisang dapat dijadikan sebagai bahan aditif pada aspal murni (aspal 60/70). Metode yang dilakukan untuk membuat campuran beton aspal dengan menambah 0,1% serbuk serat pelepah batang pisang dari total berat aspal untuk setiap variasi kadar aspal murni 5%; 5,5%; 6%; 6,5%; dan 7%. Dilanjutkan dengan menambah agregat untuk membuat benda uji campuran beton aspal (AC-WC). Benda uji dibuat masing-masing sebanyak 3 (tiga) sampel untuk setiap variasi kadar aspal. Pemeriksaan benda uji meliputi pemeriksaan volumetrik berupa VMA, VIM, dan VFB serta pemeriksaan mekanis berupa stabilitas, flow dan marshall quetions. Hasil pemeriksaan tersebut dijadikan dasar untuk menentukan besarnya kadar aspal optimum. Berdasarkan analisis dan pembahasan didapatkan bahwa campuran beton aspal yang menggunakan aspal dengan tambahan serbuk serat pelepah batang pisang, memiliki nilai VMA dan VIM semakin menurun seiring meningkatnya kadar aspal. Nilai VFB dan flow semakin meningkat seiring meningkatnya kadar aspal. Sedangkan nilai stabilitas dan marshall quetions sampai batas tertentu stabilitas dan MQ nya naik namun kemudian semakin tinggi kadar aspalnya nilainya semakin turun. Dari lima variasi kadar aspal, prosentase kadar aspal 5,5% yang menghasilkan nilai yang paling optimum.

2.2.20 Widayanti, A., Soemitro, R. A. A., Ekaputri, J. J., & Suprayitno, H. (2020)

Penelitian yang dilakukan oleh Abdillah, Widayanti, A., Soemitro, R. A. A., Ekaputri, J. J., & Suprayitno, H. (2020) Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dengan judul “ Analisis Pemanfaatan Zat Aditif pada Reclaimed Asphalt Pavement untuk Lapisan” Yang telah diterbitkan dalam Jurnal Manajemen Aset Infrastruktur & Fasilitas, 4(1) ISSN 2615-1847. Infrastruktur dan fasilitas transportasi merupakan hal-hal yang sangat diperlukan untuk menunjang aktivitas masyarakat, pembangunan dan pengembangan wilayah. Manajemen aset infrastruktur dan fasilitas transportasi perlu dikelola dengan baik. Dalam rangka penghematan sumberdaya alam, maka pemanfaatan RAP sebagai hasil pengerukan sebagian perkerasan jalan sangat diperlukan. RAP merupakan material sisa, sehingga terdapat kelemahan yang dapat mempengaruhi kinerja teknisnya. Oleh karena itu memerlukan penambahan material lain untuk dapat memperbaiki sifat material RAP. Penambahan zat aditif mampu memperbaiki sifat RAP terutama dari sisi kelemahan aspal RAP pada lapisan aspal beton. Tujuan studi ini adalah memperoleh hasil analisis terhadap sifat fisik dan kimia zat aditif untuk memperbaharui sifat aspal RAP pada lapisan aspal beton. Metode yang digunakan adalah studi literatur dari peneliti terdahulu dan analisis zat aditif terhadap parameter pengujian aspal. Hasil yang diperoleh adalah pemanfaatan zat aditif berpengaruh terhadap nilai penetrasi, daktilitas, viskositas aspal. Penambahan zat aditif pada RAP dapat

meningkatkan nilai penetrasi aspal RAP dan mengurangi viskositas, sehingga mengurangi getas pada aspal RAP dan meningkatkan kinerja campuran aspal beton. Zat aditif NR aman dan layak digunakan untuk aditif pada perkerasan jalan dengan RAP.

2.2.21 Yulita Metasari, D (2018)

Penelitian yang dilakukan oleh Yulita Metasari, D (2018) Universitas Jember dengan judul “ Perbandingan Kinerja Laston Ac-Wc Berdasarkan Spesifikasi Gradasi Agregat Yang Diizinkan.” Yang telah diterbitkan dalam Google Schollar metode yang digunakan untuk menentukan kadar aspal optimum pada campuran dengan agregat di atas dan dibawah daerah larangan adalah menggunakan uji T Berpasangan. Dari analisa didapatkan bahwa campuran aspal dengan kadar aspal 7% dan 7,5% memiliki karakteristik *Marshall* yang memenuhi syarat minimum. Setelah dilakukan uji T berpasangan didapatkan bahwa nilai karakteristik *Marshall* yang berbeda signifikan adalah nilai *flow* dan nilai *flow* yang lebih tinggi pada campuran dengan presentase aspal 7%. Dari kedua variasi campuran dengan gradasi agregat yang berbeda didapatkan bahwa campuran dengan agregat diatas daerah larangan memiliki nilai *flow* yang lebih tinggi, sehingga campuran ini lebih tahan lama (awet) dikarenakan memiliki kelenturan yang baik.