

BAB II

TINJAUAN PUSTAKAN

2.1 Tinjauan Pustaka

Menurut ASTM (1989) bahan pengisi (*Filler*) harus terdiri dari material yang dapat dibagi secara halus seperti abu batu, terak, kapur, semen, abu terbang atau material mineral yang sesuai.

Dimas reza rahaditya 2014, penggunaan serbuk batu bata merah sebagai filler pada perkerasan HRS-WC. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah Agregat kasar, agregat halus, *filler* Serbuk Bata merah dan aspal penetrasi 60/70. Penelitian menggunakan proporsi campuran pada HRS – WC 34% (agregat kasar), 56% (Agregat Halus), 10% (*Filler*). Sehingga disimpulkan bahwa *filler* serbuk bata merah dapat digunakan pada pekerjaan laston. Dari hasil analisa yang diperoleh, bahwa penggunaan *filler* serbuk bata merah yang memenuhi standar Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga adalah pada kadar aspal 6,5% jadi nilai kadar aspal optimum (KAO) adalah 6,5%

Wulandari dan Suparman 2015, menyimpulkan bahwa pengaruh adanya bahan tambahan adiktif bahan anti pengelupasan *wetfix* sebagai filler pada aspal AC-WC. Dengan variasi filler debu batu menunjukkan kenaikan pada nilai stabilitas durabilitan dan pemaibilitas lebih baik di bandingkan menggunakan variasi lain.

Ormuz Firdaus 2014, penggunaan limbah peleburan timah (*tin slag*) sebagai pengganti agregat kasar pada campuran Hot Rolled Sheet– Wearing Course

(HRS-WC), dapat disimpulkan sebagai Karakteristik Marshall campuran *Hot Rolled Sheet – Wearing Course* (HRS-WC) pada tin slag meliputi Rongga dalam campuran 3,45%; Stabilitas 1225 kg; kelelahan 3,40 dan kekakuan 349 kg/mm memenuhi syarat yang ditentukan Spesifikasi Bina Marga Tahun 2010.

Abu terbang sisa pembakaran timah merupakan hasil olah dari peleburan tin slag atau bahan dasar timah yang dilaksanakan oleh KOP. Mandiri melakukan proses pemurnian dengan cara reduksi. Terdapat dua proses reduksi yang terjadi yaitu reduksi untuk menghasilkan fasa logam utama (Timah) dan Reduksi untuk menghasilkan fasa logam pengotor (slag). Bahan pereduksi untuk menghasilkan Timah (Sn) dipergunakan gas *hidrogen* (H₂) dan gas mono oksida (CO), dimana kedua gas ini diperoleh dari gas metan (CH₄). Proses reduksi terjadi setelah bahan dasar (*pig iron* dan *scrap*) pada dapur tanur tinggi mencair.

2.2 Landasan Teori

Dalam undang-undang jalan raya No.13/1908 di sebutkan bahwa jalan merupakan sarana prasarana perhubungan darat dalam bentuk apapun meliputi segala bagian jalan termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukan bagi lalu lintas. Secara umum, perlengkapan konstruksi di Indonesia mulai berkembang pesat sejak tahun 1970 dimana mulai diperkenalkannya pembangunan pengerasan jalan sesuai dengan fungsinya (Kementrian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga)

Untuk menunjang sebagai fungsi konstruksi jalan. Maka pengerasan jalan raya dibuat berlapis-lapis agar mempunyai daya dukung dan keawatan yang memadai. Lapis pengerasan jalan itu terdiri dari lapis permukaan sebagai lapis

paling atas yang terdiri dari lapis aus (*Waring Course*) dan lapis antara (*Binder Course*). Lapis pondasi atas (*Binder Course*) yang terletak diantara lapis permukaan dan lapis pondasi bawah. Lapis pondasi bawah (*Subbase Course*) yang terletak diantara lapis pondasi dan tanah dasar. Semua lapis perkerasan tersebut memiliki spesifikasi sendiri untuk menunjang fungsinya masing-masing sebagai lapis perkerasan.

2.3 Material Penyusun Pengerasan Jalan Raya

Sukirman (2003), agregat didefinisikan secara umum sebagai formasi kulit bumi yang keras dan padat. ASTM mendefinisikan agregat sebagai suatu bahan yang terdiri dari mineral padat, berupa masa berukuran besar ataupun berupa fragmen-fragmen. Agregat merupakan komponen utama dari struktur perkerasan jalan, yaitu 90-95% agregat berdasarkan presentase berat, atau 75-85% agregat berdasarkan presentase volume.

Agregat mempunyai peranan yang sangat penting dalam prasarana transportasi, khususnya pada konstruksi perkerasan jalan. Daya dukung perkerasan jalan ditentukan seberapa besar oleh karakteristik agregat yang digunakan. Dengan demikian kualitas perkerasan jalan ditentukan juga dari sifat agregat dan hasil campuran agregat.

2.3.1 Agregat Kasar

Agregat kasar adalah material yang tertahan pada saringan no.8 (2,36 mm). Agregat kasar untuk campuran beraspal harus terdiri dari batu pecah yang bersih, kuat, kering, awet, bersudut bebas dari kotoran lempung material asing lainnya serat

mempunyai permukaan tekstur yang kasar dan tidak bulat agar dapat memberikan sifat *interlocking* yang baik dengan material lainya. Berikut ini adalah

Tabel 2.1 Ketentuan Agregat Kasar

Jenis Pemeriksaan	Metode pengujian	Persyaratan
Berat jenis <i>bulk</i>	SNI 03-1969-1990	Min. 2,5
Berat jenis SSD		
Berat jenis semu		
Penyerapan,%	SNI 03-1969-1990	Maks.3%
Abrasi dengan mesin <i>los angeles</i>	SNI 03-2417-2008	Maks. 40%
Material lolos saringan no. 200	SNI 03-1968-1990	Maks. 1%

Sumber: Direktorat jendral bina marga departemen perkerjaan umum republik indonesia, spesifikasi umum 2010 devisi 6

2.3.2 Agregat Halus

Agregat halus merupakan desintegrasi alami atau batuan atau pasir yang di hasilkan oleh industri pemecah batu. Agregat halus adalah material yang lolos saringan no.8 (2,36mm). Agregat dapat meningkatkan stbilitas campuran dengan penguncian (*interlocking*) bahan ini dapt terdiri dari butiran butiran batu pecah atau pasir alam atau campuran dari keduanya

Tabel 2.2 Ketentuan Agregat Halus

Jenis Pemeriksaan	Metode pengujian	Persyaratan
Berat jenis <i>bulk</i>	SNI 03-1969-1990	Min. 2,5
Berat jenis SSD		
Berat jenis semu		
Penyerapan,%	SNI 03-1969-1990	Maks.3%
Kadar lempung	SNI 03-4142-2008	Maks. 1%

2.3.3 Filler

filler adalah bahan berbutir halus yang berfungsi sebagai butiran pengisi pada pembuatan campuran aspal beton. Bahan pengisi yang ditambahkan harus kering dan bebas dari gumpalan- 15 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	Standar	Nilai
Material lolos saringan no.200	SNI.03-4142-1996	Min. 75%

Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga (2009)

2.3.3.1 Abu Terbang Sisa Pembakaran Timah

Abu terbang sisa pembakaran timah adalah sebuah abu yang di hasilkan oleh pembakaran biji timah yang terbawah asap dan tertahan oleh saringan (filter) asap.

Abu terbang sisa pembakaran timah berisi 40-50% dari timah



Gambar 2.1 Abu terbang sisa pembakaran timah

Sumber : Hasil penelitian 2021

1. Sifat Fisik

Sifat fisik abu terbang sisa pembakaran timah berdasarkan bentuk, warna, tampilan, dan ukuran *specific gravity*, *dry unit weight* dan penyerapan dari *wet* dan *dry fly ash*.

- *Wet* berbentuk anggurelbersiku mempunyai warna hitam bertekstur keras dan mengkilap mempunyai daya resap 0,3-1,1%
- *Dry* mempunyai bentuk berbutik kecil berwarna abu-abu gelap seperti pasir halus adan berpori serta mempunyai daya resap 0,8-2.0%

2.4 Aspal

2.4.1 Pengertian Aspal

Aspal didefinisikan sebagai material perekat berwarna hitam atau coklat tua, dengan unsur utama bitumen. Aspal dapat diperoleh di alam ataupun merupakan residu dari pengilangan minyak bumi. Aspal adalah material yang pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat, dan bersifat termoplastis. Jadi aspal akan mencair jika dipanaskan pada suhu tertentu, dan kembali membeku jika temprature turun. Bersama dengan 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. Menurut Sukirman, (2007)

Aspal adalah bahan hidro karbon yang bersifat melekat (*adhesive*), berwarna hitam kecoklatan, tahan terhadap air, dan viskoelastis. Aspal sering juga disebut bitumen yang merupakan bahan pengikat pada campuran beraspal yang dimanfaatkan sebagai lapis permukaan pada lapis perkerasan lentur. Aspal berasal

dari aspal alam (aspal buton) atau aspal minyak (Aspal yang berasal dari minyak bumi). Berdasarkan konsistensinya, aspal dapat diklarifikasikan menjadi aspal padat dan aspal cair. Menurut Suprpto (2000),

2.4.2 Kandungan Aspal

Soeprapto Totomihardjo (1994), aspal merupakan senyawa hidrogen (H) dan carbon (C) yang terdiri dari paraffins, naphtene dan aromatics, bahan-bahan tersebut membentuk:

- a. *Asphaltene*: Kelompok ini membentuk butiran halus, berdasarkan aromatics/ benzene structure serta berat molekul tinggi.
- b. *Oils* : Kelompok ini berbentuk cairan yang melarutkan asphaltene, tersusun dari *paraffins (waxy)*, *cyclo paraffins (wax-free)* dan *aromatics* serta mempunyai berat molekul rendah.

2.4.3 Fungsi Aspal Sebagai Pengerasan Jalan Raya

Sukirman (2003), aspal yang digunakan sebagai material perkerasan jalan berfungsi sebagai :

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

2.5 Karakteristik Aspal

Menurut Sukirman (2003), menjelaskan bahwa lataston merupakan beton aspal bergradasi senjang. Lataston biasa pula disebut dengan HRS (Hot Rolled Sheet). Karakteristik beton aspal yang terpenting pada campuran ini adalah

durabilitas dan fleksibilitas.

Sesuai fungsinya Lataston mempunyai 2 macam campuran yaitu :

- a. Lataston sebagai lapisan aus, dikenal dengan nama HRS-WC (*Hot Rolled Sheet Wearing Coarse*). Tebal nominal minimum HRS-WC adalah 3 cm.
- b. Lataston sebagai lapisan pondasi, dikenal dengan nama HRS-Base (*Hot Rolled Sheet-Base*). Tebal nominal minimum HRS-Base adalah 3.5 cm

2.6 HRS-WC (Hot Rolled Sheet - Wearing Course)

menjelaskan bahwa lataston merupakan beton aspal bergradasi senjang. Lataston biasa pula disebut dengan HRS (*Hot Rolled Sheet*), Menurut Sukirman (2003)

2.6.1 Berat Jenis Agregat

Berat jenis agregat adalah perbandingan antara volume agregat dengan berat volume air. Berat jenis agregat (*specific gravity*) terdiri dari :

- a. Berat jenis bulk (*bluk specific gravity*)

Berat jenis bulk adalah berat jenis dengan memperhitungkan berat agregat dalam keadaan kering dan seluruh volume agregat. Perhitungan berat dan penyerapan air adalah sebagai berikut.

$$\text{Berat jenis } bulk = \frac{bk}{bj-ba} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dengan: bk = berat benda uji kering oven (gram)

bj = berat benda uji kering permukaan jenuh (gram)

ba = berat benda uji dalam air (gram)

b. Berat benda uji kering permukaan (*surface saturated dry*)

Berat jenis kering permukaan adalah berat jenis yang memperhitungkan berat agregat dalam keadaan kering permukaan dengan kata lain merupakan berat agregat kering ditambah berat air yang meresap kedalam pori-pori agregat dan volume seluruh agregat perhitungan berat jenis kering permukaan dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut :

$$\text{Berat jenis SSD} = \frac{b_j}{b_j - b_a} \dots \dots \dots (2.2)$$

Dengan : b_j = berat benda uji kering permukaan jenuh (gram)

b_a = berat benda uji dalam air (gram)

c. Berat jenis semu (*app specific gravity*)

Berat jenis semu adalah berat jenis yang memperhitungkan berat agregat dalam keadaan kering dan volume agregat yang diresap oleh air. Perhitungan berat semu dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut.

$$\text{Berat jenis } app \text{ specific gravity} = \frac{b_k}{b_k - b_a} \dots \dots \dots (2.3)$$

Dengan : b_k = berat benda uji kering oven (gram)

b_j = berat benda uji kering permukaan jenuh (gram)

b_a = berat benda uji dalam air (gram)

2.6.2 Gradasi Agregat

Gradasi agregat adalah distriusi dari ukuran partikel agregat dan dinyatakan dalam persentase terhadap total beratnya. Gradasi agregat ditentukan oleh analisa saringan, dimana contoh agregat ditimbang dan dipersentasekan agregat yang lolos atau tertahan pada masing-masing saringan terhadap berat total.

Gradasi agregat mempengaruhi besarnya rongga dalam campuran dan menentukan apakah gradasi memenuhi spesifikasi.

Tabel 2.4 Gradasi Agregat

Ukuran Ayakan		% berat yang lolos Gradasi halus			% berat yang lolos Gradasi kasar		
ASTM	(mm)	WC	BC	BASE	WC	BC	BASE
1 ^{1/2} "	37,5	-	-	100	-	-	100
1"	25	-	100	90-100	-	100	90-100
3/4"	19	100	90-100	Maks.90	100	90-100	Maks.90
1/2"	12,5	90-100	Maks.90	61-79	90-100	Maks.90	55-76
3/8"	9,5	Maks.90	74-90	47-67	72-90	58-80	45-66
NO.4	4,75	54-69	64-82	39-50	43-63	36-56	28-39,5
NO.8	2,36	39,1-53	34-49	30,8-37	28-39	23-34,6	19-26
NO.16	1,18	31,6-40	28,3-38	24-28	19-25,6	15-22	12-18,6

2.7 Metode Uji Marshall

2.7.1 Uji Marshall

Marshall Test merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan proving ring (cincin penguji) yang berkapasitas 2500 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 Sukirman (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.

2.7.2 Parameter Pengujian Marshall

Rumus-rumus yang digunakan untuk mencari nilai dari parameter-parameter marshall:

A. Stabilitas Marshall

Nilai stabilitas diperoleh berdasarkan nilai masing-masing yang di tunjukkan oleh *dial*. Stabilitas merupakan yang menunjukkan batas maksimum beban yang di terima oleh campuran beraspal saat terjadi keruntuhan yang dinyatakan dalam kilogram. Nilai stabilitas yang terlalu tinggi akan menghasilkan perkerasan terlalu kaku sehingga tingkat keawetanya berkurang

B. Kelehan (*Flow*)

Flow adalah tingkat kelelahan campuran ketika diuji dalam keadaan suhu ekstrim yaitu 60 °C. Dikarenakan tidak tersedianya alat *flowmeter* di laboratoium, maka nilai *flow* didapat dari hasil mengurangi rata-rata diameter awal benda uji sebelum pengujian dengan rata-rata diameter benda

uji setelah pengujian. Nilai *flow* dinyatakan dalam satuan mm.

C. Hasil Bagi Marshall (*Marshall Quotient*)

Hasil bagi marshall merupakan hasil bagi stabilitas dengan kelehan (*Flow*) semakin tinggi MQ, maka akan semakin tinggi kekakuan suatu campuran dan semakin rentan campuran tersebut terhadap keretakan.

$$MQ = \frac{S}{F} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dengan : MQ = Marshall Quotient(kg/mm

S= Nilai stabilitas terkoreksi

F= nilai *flow* (mm)

D. Stabilitas

Nilai stabilitas benda uji diperoleh dari pembacaan *arloji* stabilitas pada saat pengujian dengan alat *marshall*. Selanjutnya dicocokkan dengan angka kalibrasi *proving ring* dengan satuan Ibs atau kilogram, dan masih harus dikoreksi dengan faktor koreksi tebal benda uji. Berikut adalah rumus untuk mencari nilai stabilitas:

$$S = p \times q$$

Keterangan:

S : Nilai stabilitas (kg)

p : Pembacaan arloji stabilitas x kalibrasi alat

q: Angka koreksi tebal benda uji

2.8 Penelitian terdahulu

Berdasarkan penelitian terdahulu:

1. Kajian laboratorium limbah marmer sebagai filler dalam campuran Aspal beton lapis antara (AC-BC) (Zulkifli,dkk.2009). Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin banyak limbah marmer yang digunakan mengganti filler debu batu maka nilai VIM dan flow meningkat. Nilai VIM meningkat dari 4,5% (0% limbah marmer) menjadi 4,8% (100% limbah marmer) sedangkan flow meningkat dari 3,5 mm menjadi 3,7 mm. Untuk rongga terisi aspal (VFB) meningkat dari 70% menjadi 71%, sedangkan nilai stabilitas marshall menurun dari 2040 kg pada penggunaan 100% limbah marmer. Indeks stabilitas marshall sisa rata-rata menurun 0,915% pada setiap penambahan 50% limbah marmer tetap masih dalam batas yang disyaratkan oleh spesifikasi. Hal ini menunjukkan bahwa campuran aspal beton lapis antara (AC – BC) yang menggunakan filler dari limbah marmer dapat tahan terhadap deformasi plastis akibat beban lalu lintas.
2. Studi pemanfaatan Abu tanah liat bakar asal Gunung Sarik Padang sebagai Filler pada campuran Hot Rolled Sheet (HRS) – WC (Fauna Adibroto, 2014). Hasil penelitian menunjukkan substitusi filler standar dengan mineral lempung dari Gunung Sarik dengan variasi dari 25%, 50%, 75%, dan 100% tidak berdampak signifikan kadar aspal optimum dan marshall lainnya properti seperti Density, VIM, VMA, dan Flow. Nilai ini tidak berbeda dari campuran yang menggunakan pengisi standar.

3. Tinjauan Penggunaan Serbuk Arang Tempurung Kelapa Sebagai Filler Terhadap Karakteristik Laston Lapis Aus (AC –WC) (Zulfikar, dkk. 2013). Hasil dengan perendaman Marshall menggunakan filler 1% serbuk arang tempurung kelapa tambah 1% abu sekam tambah 5% abu batu diperoleh nilai IKS (Indeks Kekuatan Sisa) yaitu (90,29%) dengan stabilitas pada rendaman 30 menit sebesar 1380 kg dan nilai stabilitas pada rendaman 24 jam sebesar 1246 kg, dari hasil pengujian, secara umum dapat disimpulkan bahwa penggunaan filler dari 1% serbuk arang tempurung kelapa tambah 1% abu sekam tambah 5% abu batu dalam campuran AC – WC menunjukkan kinerja campuran yang baik.
4. Pengaruh Penggunaan Abu Vulkanik Sebagai *Filler* Terhadap Campuran Aspal Beton Lapis Ashpalt Concrete –Wearing Course(AC –WC) (Sudarmadji, Hamdi. 2014). Pengujian Marshall menggunakan KAO 6,8 % dengan variasi kadar abu vulkanik sebesar 0%, 25%, 50%, 75% dan 100%. Nilai untuk stabilitas variasi 0% abu vulkanik yaitu 1461,7 kg, untuk variasi 25% yaitu 1356 kg, untuk variasi 50% yaitu 1340 kg, untuk variasi 75% yaitu 1294 kg dan untuk variasi 100% yaitu 1283,67 kg. Dari hasil pengujian ini, dinyatakan bahwa nilai stabilitas campuran aspal beton dengan menggunakan abu vulkanik lebih rendah dibandingkan nilai stabilitas campuran aspal beton tanpa abu vulkanik.
5. Studi penelitian pemanfaatan limbah bata merah sebagai *filler* pada beton aspal AC – WC (M.Shidqul Aziz, 2017). Dari hasil penelitian yang dilakukan, didapatkan : (1) Pemanfaatan limbah bata merah memberikan

pengaruh terhadap nilai density beton aspal yang ditunjukkan dengan adanya penurunan pada nilai persentase VMA dan VIM. Dimana nilai VMA dengan filler Abu batu sebesar 17,946%, sedangkan nilai VMA dengan filler limbah bata merah sebesar 17,691%. Sementara nilai VIM dengan filler abu batu sebesar 4,249%, sedangkan nilai VIM dengan filler limbah bata merah sebesar 3,952%. (2) Pemanfaatan limbah bata merah memberikan pengaruh terhadap uji parameter marshall yang ditunjukkan dengan adanya kenaikan pada nilai stabilitas dan flow. Dimana nilai stabilitas dengan filler abu batu sebesar 996,202 kg, sedangkan nilai stabilitas dengan filler limbah bata merah sebesar 1093,220 kg. Sementara nilai Flow dengan filler abu batu sebesar 3,45 mm, sedangkan nilai flow dengan filler limbah bata merah sebesar 4,47 mm.

6. Pemanfaatan limbah ampas tebu sebagai pengganti filler untuk campuran aspal beton jenis “ Hot Rolled Sheet – wearing Course” (Fajar Himawan W, M. Bachtiar Mulia, 2013). Hasil penelitian menunjukkan penggunaan filler abu ampas tebu dengan campuran HRS - WC membutuhkan kadar aspal lebih banyak yaitu 6,95%, berakibat pada nilai, VIM:5.96%, VMA: 21.36% dan VFB: 72.12%, menjadi lebih tinggi dan nilai Stabilitas: 1231.07Kg, Marshall Quotient : 260.58 Kg/mm dan flow:4.72 mm menjadi lebih rendah dari penggunaan filler abu batu dengan kadar aspal 6,75%. Dari hasil analisa menunjukkan bahwa penggunaan filler abu ampas tebu dengan campuran HRS – WC memenuhi persyaratan untuk sebagai bahan alternatif pengganti filler abu batu, yang mana hasilnya tidak

berbeda jauh dengan campuran HRS – WC yang menggunakan filler abu batu. Dengan tingginya kebutuhan kadar aspal dan stabilitas yang lebih rendah, maka abuampas tebu kurang cocok untuk HRS – WC, sehingga perlu ditambahkan kombinasi filler antara abu batu dengan abu ampas tebu dengan prosentase yang lebih bervariasi, dan perlu dicoba untuk filler abu ampas tebu dengan campuran beton aspal jenis lain, misalnya HRS – BC , AC – WC , AC – BC , dan lainnya.

7. Penggunaan batu kapur sebagai filler pada campuran asphalt concrete binder coarse (AC – BC) dengan metode kepadatan mutlak (PRD), (I M. Agus Ariawan, 2007). Aspal yang digunakan adalah aspal pen 60/70, dengan variasi kadar aspal 4,5%, 5,0%, 5,5%, 6,0%, dan 6,5%. Berdasarkan karakteristik agregat, diperoleh komposisi agregat untuk AC-BC : agregat kasar 32% , agregat sedang 10%, agregat halus 54% dan abu batu kapur 4%. Berdasarkan pengujian, didapatkan kadar aspal untuk metode PRD adalah 4,92%, 5,42% dan 5,92%. Untuk campuran AC-BC diperoleh kadar aspal optimum sebesar 5,9% dengan karakteristik sebagai berikut : Stabilitas (kg) = 896,92 > 800, Flow (mm) = 4,09 > 2,0, Marshall Question (kg/mm) = 217,28 > 200, VIM Marshall (%) = 5,135 > 4,9–5,9, VIM PRD (%) = 2,661 > 2,5, VMA (%) = 14,341 > 14, VFB (%) = 63,431 > 63. Bila dibandingkan dengan spesifikasi campuran beraspal panas maka batu kapur dapat digunakan sebagai alternatif bahan pengisi (filler) dalam campuran AC – BC.

8. Pengaruh variasi kadar filler abu cangkang kerang terhadap parameter marshall di lapisan Laston AC – WC (Nunung widyaningsih, Fiko farnolo hamzah, 2019). Hasil pengujian yang dilakukan pada campuran lapis AC-WC didapat nilai KAO sebesar 6,2% dan nilai kadar filler optimum 5,2%. Nilai stabilitas dengan 7% filler abu cangkang kerang didapat 4810.787 kg dengan perendaman benda uji selama 24 jam pada suhu 60°C.
9. Penggunaan limbah kaca sebagai filler pada campuran perkerasan aspal panas (Ratna yuniarti, Hasyim, Hariyadi, Teti handayani, 2019). Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan limbah kaca dengan proporsi 75% terhadap total berat filler meningkatkan stabilitas dan kekakuan campuran sehingga lebih mampu untuk menerima pembebanan. Campuran dengan proporsi 75% filler limbah kaca menghasilkan nilai VIM dan VMA lebih kecil serta nilai VFB lebih besar yang mengindikasikan bahwa campuran memiliki daya ikat dan sifat saling mengunci yang kuat sehingga menghasilkan rongga lebih kecil serta selimut aspal lebih tebal. Berdasarkan hasil uji Marshall immersion dan Cantabro loss, campuran dengan proporsi tersebut lebih tahan terhadap rendaman air sehingga memiliki durabilitas lebih tinggi serta lebih tahan terhadap potensi disintegrasi.
10. Studi penggunaan pasir laut sebagai filler pada campuran asphalt concrete binder course (AC – BC). Penelitian ini merupakan inovasi baru untuk menemukan bahan alternatif pengganti filler semen Portland dengan menggunakan pasir laut. Penelitian ini menguji pengaruh penggunaan pasir laut pada campuran Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC) dengan

variasi pergantian pasir laut sebesar 25%; 50%; 75%, dan 100 %. Penelitian ini merupakan studi eksperimen di laboratorium dengan menggunakan metode pengujian Marshall test berupa stabilitas, kelelahan, Marshall quotient (MQ), VMA, VFA, dan VIM. Untuk mendukung hasil pengujian dilakukan penelitian di laboratorium meliputi pengujian fisis aspal, agregat, dan filler. Hasil dari penelitian ini diperoleh nilai karakteristik Marshall untuk VMA yang terbaik berada pada variasi 100% sebesar 16,89% ; nilai VFA tertinggi pada variasi 100% sebesar 81,78% ; nilai VIM yang terbaik berada pada kondisi normal sebesar 4,10% ; nilai kepadatan terbaik pada kondisi normal sebesar 2,35 T/m³ ; nilai stabilitas tertinggi pada kondisi normal sebesar 1519,23 kg ; nilai flow yang terbaik berada di variasi 25% sebesar 4,52 mm ; nilai MQ yang tertinggi berada di kondisi normal sebesar 453,21 kg/mm. Penggunaan pasir laut sebagai filler pada semua variasi dapat digunakan walaupun tidak semua variabel karakteristik Marshall yang nilainya tinggi dibandingkan dengan kondisi normal tanpa pergantian. Semakin banyak pasir laut yang digunakan sebagai filler, maka semakin banyak kadar aspal yang dibutuhkan dalam suatu campuran, pada penelitian ini kadar aspal variasi 100% meningkat 2% jika dibandingkan dengan kondisi tanpa pergantian.

11. Penambahan serat enceng gondok pada campuran laston AC – WC spesifikasi seksi 6 – 2010 bina marga terhadap indeks uji marshall (Dana dwi achmad, 2018). Hasil marshall test terbaik dari 5 variasi campuran yang didapatkan pada penambahan serat enceng gondok terhadap laston AC –

WC spesifikasi seksi 6 – 2010 bina marga adalah 5% dengan nilai marshall stability sebesar 809,753 Kg, flow sebesar 4,433 mm, VMA sebesar 13,05 % , VFWA sebesar 69,097 % VIM sebesar 1,460%, density sebesar 2,332 gr/cc, dan marshall quotient 186,14 kg/mm.

12. Alternative penggunaan agregat halus batu kapur mantup dalam campuran aspal panas AC – WC (M. Deny irawan budianto, 2019). Kesimpulan penelitian ini adalah penambahan variasi campuran batu kapur halus sebesar 25%, 50%, 75% dari berat agregat halus pada penelitian ini menunjukkan nilai stabilitas marshall (marshall stability) tertinggi sebesar 33,07 % pada campuran 75%, kelelahan plastis (flow) tertinggi sebesar 3,57% pada campuran 50%, rongga dalam campuran (void in the mix) yang masuk dalam spesifikasi angka tertinggi sebesar 7,49% pada campuran 0%, rongga terisi aspal (void filled with asphalt) kenaikan tertinggi sebesar 85,22% pada campuran 75%, rongga dalam agregat (void in mineral aggregate) menurun sebesar 16,11 % pada campuran 75%, serta marshall quotient meningkat sebesar 29,63% pada campuran 75%.
13. Studi bahan tambahan serat enceng gondok pada campuran laston tipe XI 03-1737-1989 terhadap indeks marshall test dengan menggunakan bahan agregat kasar mantup (Farid kawabib hamzah, 2018). Hasil akhir penelitian ini adalah dengan evaluasi marshall dimana nilai terbesar diperoleh untuk stabilitas 1325 kg, flow 3,73 mm , quotient marshall 401,02 kg/mm, VMA 66,30 % . VFWA 19,25%, dan nilai VIM 54,35%. Dengan hasil ini maka

campuran aspal tidak bisa digunakan karena pada hasil VMA ,VFWA dan VIM belum sesuai pada spesifikasi SNI 03-1737-1989.

14. Uji properties marshall campuran aspal panas laston tipe x SNI 03-1737-1989 dengan penambahan serat enceng gondok (Dewi eka wahyuni, 2018). Dari hasil marshall test yang dilakukan, didapatkan data marshall stability, flow, void in mineral agregat, void in the mix, void filled with asphalt , density dan marshall quotient. Dari data tersebut didapatkan kesimpulan bahwa penambahan serat enceng gondok paling ideal untuk campuran laston tipe X dan yang memenuhi nilai spesifikasi adalah antara 5%.
15. Penggantian filler dengan fly ash dan serbuk batu bata pada campuran asphalt concrete – wearing course (AC – WC) (Mohammad zainudin abdillah, 2017). Hasil penelitian ini campuran kualitas baik menggunakan filler 100% semen Portland nilai stabilitas sebesar 112,19 kg danyang paling rendah menggunakan filler 100% fly ash akan tetapi hasilnya masih memenuhi spesifikasi bina marga. Sedangkan nilai MQ dengan filler 100% serbuk batu bata dibawah spesifikasi bina marga yaitu sebesar 213. Sehingga dapat disimpulkan bahwa filler yang bagus untuk campuran asphalt concrete wearing course adalah dengan semen Portland.
16. Pengaruh penggunaan serat enceng gondok sebagai bahan pengganti serat selulosa pada campuran laston tipe IX SNI-03-1737-1989 (Nonok eko santoso,2018). Hasil penelitian tersebut adalah penambahan serat selulosa eceng gondok pada campuranlaston tipe IX berpengaruh terhadap nilai stabilitas marshal sehingga naik sebesar 4,60% pada presentase tertinggi

0,52% kadar eceng gondok, kelelehan plastis (flow) mengalami penurunan tertinggi pada kadar 0,6% kadar eceng gondok sebesar -15,39%, rongga terisi dalam campuran (void in the mix) mengalami kenaikan sebesar 6,25% pada kadar 0,5 % kadar eceng gondok, rongga terisi aspal (void filled with asphalt) menurun sebesar -2,01% pada kadar eceng gondok 0,48%, rongga dalam agregat (void in mineral aggregate) meningkat sebesar 1,55% pada nilai 0,52% kadar eceng gondok, dan density menurun sebesar 0,31% pada presentase 0,4 kadar eceng gondok ,serta marshall quotient meningkat sebesar 24,27% pada kadar 0,6% kadar eceng gondok.

17. Kajian pengaruh serat eceng gondok pada campuran HRS – WC spesifikasi seksi – 6 : 2010 bina marga (Nuruddin, 2018). Hasil marshall test terbaik didapatkan pada penambahan serat eceng gondok 2% dimana marshall stability yang didapatkan yaitu sebesar 1502,450 kg, flow sebesar 4,60 mm, VMA (rongga diantara agregat) sebesar 18,10%, VIM (ruang rongga diantara agregat) sebesar 3,549%, VFWA (rongga terisi aspal) sebesar 61,737%, density sebesar 2,224 gr/cc, dan MQ (marshall quotient) sebesar 327,175 kg/mm.
18. Alternative serat eceng gondok sebagai bahan tambahan pada campuran laston tipe VII SNI 03-1737-1989 untuk meningkatkan kinerja campuran (Mohammad shodiq, 2018). Dari hasil penelitian diperoleh nilai stabilitas marshall tertinggi sebesar 3,94% pada campuran 1,3% , kelelehan plastis (flow) tertinggi sebesar 1,87% pada campuran 0,7% , rongga dalam campuran (void in the mix) meningkat sebesar 16,98% pada campuran

1,1% , rongga terisi aspal (void filled with asphalt)kenaikan tertinggi sebesar 0,83% pada campuran 0,7%, rongga dalam agregat (void in the mineral aggregate) meningkat sebesar 4,37% pada campuran 1,5% serta marshall quotient meningkat sebesar 29% pada campuran 1,3%.

19. Alternative penggunaan pasir laut paciran sebagai bahan susun campuran aspal panas (AC – WC) (Indra setia wiguna, 2019). Dalam 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 pasir laut 30% dengan parameter marshall yang meliputi : stability 1029,27 kg , VIM 5,07 ,VMA 16,35%, VFWA 81,36%, flow 2,98 mm, marshall question 343,85%. Dari hasil tersebut substitusi pasir laut dengan kadar 30% memenuhi kriteria dalam standar nasional Indonesia.
20. Pengaruh penambahan abu serat kelapa terhadap kuat tekan beton (Nur Azizah Affandi , 2019). Dalam penelirian ini menunjukkan bahwa abu serabut kelapa mengalami kenaikan secara signifikan , beton normal K-100 kuat tekan yang diperoleh 13,964 MPa, beton campuran abu serat kelapa 0,25 % mencapai 20,217 MPa, beton campuran abu serat kelapa 0,50 % mencapai 20,173 MPa, yang paling tinggi beton campuran abu serat kelapa 0,75 % dapat mencapai kuat tekan 20,041 MPa.