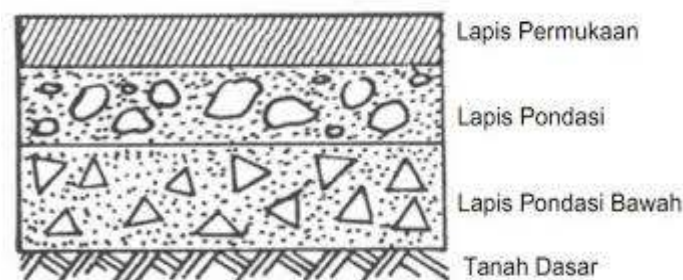


BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Perkerasan jalan merupakan lapisan perkerasan yang terletak diantara lapisan tanah dan roda kendaraan, yang berfungsi untuk memberikan pelayanan kepada sarana transportasi. Fungsi perkerasan adalah untuk memikul beban lalu lintas secara aman dan nyaman, serta sebelum umur rencananya tidak terjadi kerusakan yang berarti. Supaya perkerasan mempunyai daya dukung dan keawetan yang memadai, tetapi juga ekonomis, maka perkerasan jalan dibuat berlapis-lapis. Lapisan paling atas disebut juga sebagai lapis permukaan, merupakan lapisan yang paling baik mutunya. Di bawahnya terdapat lapisan pondasi, yang diletakan di atas tanah dasar yang telah dipadatkan.



Gambar 2.1 Susunan Lapis Konstruksi Perkerasan Jalan

Pada umumnya pembangunan jalan berdasarkan bahan pengikat. Kontruksi perkerasan jalan dapat dibedakan menjadi :

- a. Konstruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*), yaitu 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*), yaitu perkerasan yang menggunakan semen (*portland cement*) sebagai bahan pengikat. Pelat

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

Perbedaan utama antara perkerasan kaku dan perkerasan lentur dapat dilihat dari tabel di bawah ini.

Tabel 2.1 Perbedaan Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku

No		Perkerasan Lentur	Perkerasan Kaku
1	Bahan Pengikat	Aspal	Semen
2	Repetisi Beban	Timbul rutting (lendutan pada jalur roda)	Timbul retak-retak pada permukaan
3	Penurunan Tanah Dasar	Jalan bergelombang (mengikuti tanah dasar)	Bersifat sebagai balok di atas perletakan
4	Perubahan temperature	Modulus kekakuan berubah. Timbul tegangan dalam yang kecil	Modulus kekakuan tidak berubah. Timbul tegangan dalam yang besar

Sumber: Sukirman, (1992)

- c. Konstruksi perkerasan komposit (*composite pavement*), yaitu perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur dapat berupa perkerasan lentur di atas perkerasan kaku, atau perkerasan kaku di atas perkerasan lentur.

Di Indonesia menggunakan dua jenis konstruksi perkerasan yaitu konstruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*) dan konstruksi perkerasan kaku (*rigid pavement*). Dengan lapisan campuran beraspal yang ada ialah :

1. LATASIR (Lapisan Tipis Aspal Pasir)

2. LATASTON (Lapisan Tipis Aspal Beton)
3. LASTON (Lapisan Aspal Beton)

Menurut Kementerian Pekerjaan Umum (Bina Marga 2018 revisi II), lapis tipis aspal beton (lataston) terdiri dari campuran agregat bergradasi senjang dan campuran agregat bergradasi semi senjang. Lataston mempunyai dua campuran yaitu:

1. Lataston Lapis Aus (*HRS-WC*) dengan toleransi tebal lapisan tidak lebih dari 3mm dan tebal nominal minimum campuran 3cm.
2. Lataston Lapis Pondasi (*HRS-Base*) dengan toleransi tebal lapisan tidak lebih dari 3mm dan tebal nominal minimum campuran 3,5cm.

2.2 Kontruksi Perkerasan Jalan

Menurut Bina Marga revisi II, kontruksi jalan terdiri dari :

2.2.1 Lapisan Permukaan (*Surface Course*)

Lapis permukaan adalah bagian perkerasan yang paling atas. Fungsi lapisan permukaan dapat meliputi:

1. Lapisan perkerasan penahan beban roda, lapisan mempunyai stabilitas tinggi untuk menahan beban roda selama masa pelayanan.
2. Lapisan kedap air, sehingga air hujan yang jatuh di atasnya tidak meresap ke lapisan dibawahnya dan melemahkan lapisan-lapisan tersebut.
3. Lapis aus (*wearing course*), lapisan yang langsung menerima gesekan akibat rem kendaraan sehingga mudah menjadi aus.
4. Lapis yang menyebarkan beban ke lapisan bawah, sehingga dapat dipikul oleh lapisan lain yang mempunyai daya dukung yang lebih jelek.

Untuk dapat memenuhi fungsi tersebut di atas, pada umumnya lapisan permukaan dibuat dengan menggunakan bahan pengikat aspal sehingga menghasilkan lapisan kedap air dengan stabilitas yang tinggi dan daya tahan yang lama sesuai dengan umur rencana.

2.2.2 Lapisan Pondasi Atas (*Base Course*)

Lapisan pondasi atas adalah perkerasan yang terletak antara lapis permukaan dan lapis pondasi bawah (atau dengan tanah apabila tidak menggunakan lapis pondasi bawah). Fungsi lapisan ini adalah:

1. Lapis pendukung bagi lapisan permukaan.
2. Pemikul beban *horizontal* dan *vertikal*.
3. Lapis perkerasan bagi lapis pondasi bawah.

2.2.3 Lapisan Pondasi Bawah (*Subbase Course*)

Lapisan pondasi bawah adalah bagian perkerasan yang terletak antara lapis pondasi atas dan tanah dasar. Fungsi lapisan ini adalah:

1. Penyebar beban roda.
2. Lapisan peresapan.
3. Lapisan pencegah masuknya tanah dasar kelapis pondasi.
4. Lapis pertama pada pembuatan perkerasan.

2.2.4 Lapisan Tanah Dasar (*Subgrade*)

Lapisan tanah dasar adalah lapisan tanah setebal 50-100 cm yang berada dibawah lapis pondasi bawah. Lapisan tanah dasar ini dapat berupa tanah asli yang dipadatkan yang jika tanah aslinya baik, tanah yang di datangkan dari tempat lain dan dipadatkan atau tanah yang distabilisasi dengan kapur atau bahan lainnya, merupakan permukaan tanah dasar untuk perletakan bagian-bagian perkerasan lainnya.

2.3 Lataston atau *Hot Rolled Sheet (HRS)*

Menurut Kementrian Pekerjaan Umum (Bina Marga 2018 revisi 2), lapis tipis aspal beton (lataston) adalah lapisan penutup yang terdiri dari campuran agregat bergradasi senjang, *filler* dan aspal keras dengan perbandingan tertentu; yang dicampur dan dipadatkan, dengan ketebalan padat 2,5 cm atau 3 cm. Konstruksi perkerasan *HRS* dalam penggunaanya dibagi menjadi dua kelas yaitu kelas A dan kelas B. Perbedaan kedua konstruksi perkerasan tersebut terdapat pada gradasi agregat yang digunakan, beban lalu lintas dan segi pemakaian. Jenis agregat yang digunakan terdiri dari agregat kasar, agregat halus dan butiran pengisi (*filler*), sedangkan yang digunakan jenis aspal dengan penetrasi 60-70.

Pembuatan lapis tipis aspal beton (lataston) bertujuan untuk mendapatkan suatu lapisan permukaan atau lapisan antar pada perkerasan jalan raya yang mampu memberikan sumbangan daya dukung serta berfungsi sebagai lapisan kedap air yang dapat melindungi konstruksi bawahnya. *Hot Rolled Sheet* bersifat lentur dan mempunyai durabilitas yang tinggi, hal ini disebabkan campuran *HRS* dengan gradasi timpang mempunyai rongga dalam campuran yang cukup besar, sehingga mampu menyerap jumlah aspal dalam jumlah banyak (7-8%) tanpa terjadi *bleeding*. Selain itu, *HRS* mudah dipadatkan sehingga lapisan yang dihasilkan mempunyai kedekatan terhadap air dan udara tinggi.

a. Sifat *HRS*

1. Kedap air.
2. Kekenyalan yang tinggi.
3. Awet.
4. Dianggap tidak memiliki nilai struktural.

b. Penggunaan

1. Jalan yang stabil dan rata.
2. Jalan yang mulai retak atau mulai mengalami degradasi permukaan.

Metode yang digunakan untuk menentukan proporsi campuran *HRS* adalah metode *Asphalt Institute*, yaitu :

$$P = Aa + Bb + Cc$$

Dimana:

P = Persen material lolos saringan X dari kombinasi agregat A, B, dan C.

A, B, C = Persen material lolos saringan X untuk agregat A, B, dan C.

a, b, c = Proporsi agregat A, B, dan C dalam campuran $a + b + c = 1$.

Adapun spesifikasi sifat-sifat campuran *Hot Rolled Sheet* dapat dilihat dalam tabel berikut.

Tabel 2.2 Spesifikasi Campuran *Hot Rolled Sheet*

Sifat-sifat Campuran		Lataston	
		Lapis Aus	Lapis Fondasi
Kadar aspal efektif (%)	Min.	5,9	5,5
Jumlah tumbukan per bidang		50	
Rongga dalam campuran (%) ⁽⁴⁾	Min.	4,0	
	Maks.	6,0	
Rongga dalam Agregat (VMA) (%)	Min.	18	17
Rongga terisi aspal (%)	Min.	68	
Stabilitas Marshall (kg)	Min.	600	
Marshall Quotient (kg/mm)	Min.	250	
Stabilitas Marshall Sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60°C ⁽⁵⁾	Min.	90	

Sumber : Spesifikasi Umum, Bina Marga 2018, (Revisi II)

Adapun tujuan dari spesifikasi sifat campuran *Hot Rolled Sheet (HRS)* adalah untuk:

- Mengontrol konstruksi material dan mencapai kualitas yang dikehendaki.
- Mereduksi harga-harga melalui standarisasi ukuran.

Unsur-unsur pembentuk *Hot Rolled Sheet* secara umum dibentuk oleh agregat kasar, agregat halus, *filler*, dan aspal.

2.3.1 Agregat

Agregat adalah batu pecah, kerikil, pasir atau komposisi mineral lainnya, baik berupa hasil alam, hasil pengolahan (penyaringan, pemecahan) yang digunakan sebagai bahan penyusun utama perkerasan jalan. Pemilihan jenis agregat yang sesuai untuk digunakan pada konstruksi perkerasan dipengaruhi beberapa faktor diantaranya, ukuran dan gradasi, kekuatan dan kekerasan, bentuk tekstur pemakaian, kelekatan terhadap aspal serta kebersihan dan sifat kimia (Kerbs and Walker, 1971).

a. Agregat Kasar

Agregat kasar dapat berupa kerikil, pecahan kerikil, batu pecah. Sesuai dengan SNI 03 – 2847 – 2002, bahwa agregat kasar merupakan agregat yang mempunyai ukuran butir antara 5,0 mm sampai 40 mm. Agregat kasar (kerikil/batu pecah) yang akan dipakai untuk membuat campuran aspal harus memenuhi persyaratan-persyaratan sebagai berikut.

1. Fraksi agregat kasar untuk rancangan adalah yang tertahan saringan no. 4 (4,75 mm) dan harus bersih, keras, awet dan bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki dan memenuhi ketentuan.
2. Fraksi agregat kasar harus terdiri dari batu pecah atau kerikil pecah dan harus disiapkan dalam ukuran nominal tunggal. Ukuran maksimum (*maximum size*) agregat adalah satu saringan yang lebih besar dari ukuran nominal (*nominal maximum size*). Ukuran nominal maksimum adalah satu saringan yang lebih kecil dari saringan pertama (teratas) dengan bahan tertahan kurang dari 10.
3. Agregat kasar harus mempunyai angularitas seperti yang diisyaratkan dalam tabel. Angularitas agregat kasar didefinisikan sebagai persen terhadap berat agregat yang lebih besar dari 4,75 mm dengan muka bidang pecah satu atau lebih berdasarkan uji menurut SNI 7619:2012.
4. Fraksi agregat kasar harus ditumpuk terpisah dan harus dipasok ke Unit Pencampur Aspal (UPA) dengan melalui pemasok penampung dingin (*cold bin feeds*) sedemikian rupa sehingga gradasi gabungan agregat dapat dikendalikan dengan baik.

Tabel 2.3 Ketentuan Agregat Kasar

Pengujian		Metoda Pengujian	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan	natrium sulfat	SNI 3407:2008	Maks. 12%
	magnesium sulfat		Maks. 18%
Abrasi dengan mesin Los Angeles ¹⁾	Campuran AC Modifikasi dan SMA	100 putaran	Maks. 6%
		500 putaran	Maks. 30%
	Semua jenis campuran beraspal bergradasi lainnya	100 putaran	Maks. 8%
		500 putaran	Maks. 40%
Kelekatan agregat terhadap aspal		SNI 2439:2011	Min. 95%
Butir Pecah pada Agregat Kasar		SMA	100/90 ^{*)}
			Lainnya

Partikel Pipih dan Lonjong		SMA	ASTM D7491-10 Perbandingan 1:5	Maks. 5%
		Lainnya		Maks. 10%
Material lolos Ayakan No.200			SNI ASTM C117:2012	Maks. 1%

Sumber : Spesifikasi Umum, Bina Marga, 2018, (Revisi 2)

Tabel 2.4. Ukuran Minimum Agregat Kasar Penampung Dingin Untuk Campuran Beraspal.

Jenis Campuran	Ukuran nominal agregat kasar penampung dingin (<i>cold bin</i>) minimum yang diperlukan (mm)			
	5 - 8	8 - 11	11 - 16	16 - 22
Stone Matrix Asphalt - Tipis	Ya	Ya		
Stone Matrix Asphalt - Halus	Ya	Ya	Ya	
Stone Matrix Asphalt - Kasar	Ya	Ya	Ya	Ya
	5 - 10	10 - 14	14 - 22	22 - 30
Lataston Lapis Aus	Ya	Ya		
Lataston Lapis Fondasi	Ya	Ya		
Laston Lapis Aus	Ya	Ya		
Laston Lapis Antara	Ya	Ya	Ya	
Laston Lapis Fondasi	Ya	Ya	Ya	Ya

Sumber : Spesifikasi Umum, Bina Marga, 2018, (Revisi 2)

b. Agregat Halus

1. Agregat halus dari sumber bahan manapun, harus terdiri dari pasir atau hasil pengayakan batu pecah dan terdiri dari bahan yang lolos ayakan No. 4 (4,75 mm).
2. Fraksi agregat halus pecah mesin dan pasir harus ditempatkan terpisah dari agregat kasar.
3. Agregat pecah halus dan pasir harus ditumpuk terpisah dan harus dipasok ke instalasi pencampur aspal dengan menggunakan pemasok penampung dingin (*cold bin feeds*) yang terpisah sehingga gradasi gabungan dan presentasi pasir di dalam campuran dapat dikendalikan dengan baik.
4. Pasir alam dapat di gunakan dalam campuran AC sampai suatu batas yang tidak melampaui 15% terhadap berat total campuran.
5. Agregat halus harus memenuhi ketentuan sebagaimana ditunjukkan pada tabel.

Tabel 2.5 Ketentuan Agregat Halus

Pengujian	Metoda Pengujian	Nilai
Nilai Setara Pasir	SNI 03-4428-1997	Min. 50%
Uji Kadar Rongga Tanpa Pemadatan	SNI 03-6877-2002	Min. 45
Gumpalan Lempung dan Butir-butir Mudah Pecah dalam Agregat	SNI 03-4141-1996	Maks. 1%
Agregat Lolos Ayakan No.200	SNI ASTM C117: 2012	Maks. 10%

Sumber : Spesifikasi Umum, Bina Marga, 2018, (Revisi 2)

c. Gradasi Agregat

Gradasi atau distribusi partikel-partikel berdasarkan ukuran agregat merupakan hal yang penting dalam menentukan stabilitas perkerasan. Gradasi agregat mempengaruhi besarnya rongga antar butir yang akan menentukan stabilitas dan kemudahan dalam proses pelaksanaan. Gradasi agregat merupakan campuran dari berbagai diameter butiran agregat yang membentuk susunan campuran tertentu. Gradasi agregat ini diperoleh dari hasil analisa saringan dengan menggunakan 1 set saringan (dengan ukuran saringan 19,1 mm; 12,7 mm; 9,52 mm; 4,76 mm; 2,38 mm; 1,18 mm; 0,59 mm; 0,149 mm; 0,074 mm), dimana saringan yang paling kasar diletakkan diatas dan yang paling halus terletak paling bawah. Satu saringan dimulai dari pan dan diakhiri dengan tutup (Sukirman, 1999).

Tabel 2.6 Gradasi Agregat untuk Campuran Beraspal

Ukuran Ayakan		% Berat yang lolos terhadap total agregat							
		Stone Matrix Asphalt			Lataston (HRS)		Laston (AC)		
ASTM	(mm)	Tipis	Halus	Kasar	WC	BC	WC	BC	Base
1½"	37,5	-	-	-	-	-	-	-	100
1"	25	-	-	100	-	-	-	100	90 - 100
¾"	19	-	100	90-100	100	100	100	90 - 100	76-90
½"	12,5	100	90-100	50-88	90-100	90-100	90-100	75-90	60-78
3/8"	9,5	70-95	50-80	25-60	75-85	65-90	77-90	66-82	52-71

No.4	4,75	30-50	20-35	20-28	-	-	53-69	46-64	35-54
No.8	2,36	20-30	16-24	16-24	50-72	35-55	33-53	30-49	23-41
No.16	1,18	14-21	-	-	-	-	21-40	18-38	13-30
No.30	0,600	12-18	-	-	35-60	15-35	14-30	12-28	10-22
No.50	0,300	10-15	-	-	-	-	9-22	7-20	6-15
No.100	0,150	-	-	-	-	-	6-15	5-13	4-10
No.200	0,075	8-12	8-11	8-11	6-10	2-9	4-9	4-8	3-7

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 (revisi 2)

1. Jenis Gradasi Agregat

Gradasi dibedakan menjadi tiga macam yaitu gradasi rapat, gradasi seragam dan gradasi timpang.

a) Gradasi Rapat (*Dense Graded/ Well Graded*)

Gradasi rapat merupakan campuran agregat kasar dan halus dalam porsi yang berimbang, sehingga dinamakan juga agregat bergradasi baik (*well graded*). Agregat dinamakan bergradasi baik bila persen yang lolos setiap lapis dari sebuah gradasi memenuhi:

$$P = 100 (d/D)^{0,45}$$

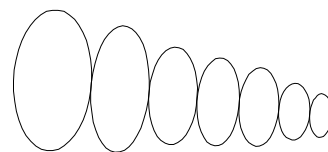
Dimana :

P = persen lolos saringan dengan ukuran bukaan d mm.

d = ukuran agregat yang sedang diperhitungkan

D = ukuran maksimum partikel dalam gradasi tersebut.

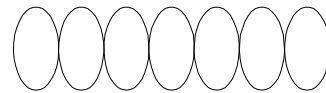
Agregat dengan gradasi rapat akan menghasilkan lapis perkerasan dengan stabilitas tinggi, kurang kedap air, sifat drainase jelek dan berat volume besar.



Gambar 2.2 Ilustrasi Agregat Gradasi Rapat

b) Gradasi Seragam (*Uniform Graded*)

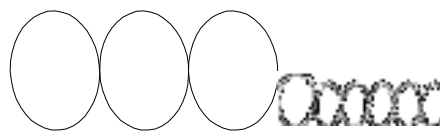
Gradasi seragam adalah agregat dengan ukuran yang hampir sama/ sejenis atau mengandung agregat halus yang sedikit jumlahnya sehingga tidak dapat mengisi rongga antar agregat. Gradasi seragam disebut juga gradasi terbuka. Agregat dengan gradasi seragam akan menghasilkan lapisan perkerasan dengan sifat permeabilitas tinggi, stabilitas kurang dan berat volume kecil.



Gambar 2.3 Ilustrasi Agregat Gradasi Seragam

c) Gradasi Timpang/Senjang (*Poorly Graded/ Gap Graded*)

Gradasi timpang merupakan campuran agregat yang tidak memenuhi dua kategori di atas. Agregat bergradasi timpang umumnya digunakan untuk lapisan perkerasan lentur yaitu gradasi senjang, merupakan campuran agregat dengan 1 fraksi hilang dan 1 fraksi sedikit sekali. Agregat dengan gradasi timpang akan menghasilkan lapis perkerasan yang mutunya terletak diantara kedua jenis di atas.



Gambar 2.4 Ilustrasi Agregat Gradasi Timpang

2.3.2 Aspal

Aspal atau bitumen adalah suatu cairan kental yang merupakan senyawa hidrokarbon dengan sedikit mengandung sulfur, oksigen, dan klor. Aspal sebagai bahan pengikat dalam perkerasan lentur

mempunyai sifat viskoelastis. Aspal akan bersifat padat pada suhu ruang dan bersifat cair bila dipanaskan. Aspal merupakan bahan yang sangat kompleks dan secara kimia belum dikarakterisasi dengan baik. Kandungan utama aspal adalah senyawa karbon jenuh dan tak jenuh, alifatik dan aromatic yang mempunyai atom karbon sampai 150 per molekul. Atom-atom selain hidrogen dan karbon yang juga menyusun aspal adalah nitrogen, oksigen, belerang, dan beberapa atom lain. Secara kuantitatif, biasanya 80% massa aspal adalah karbon, 10% hydrogen, 6% belerang, dan sisanya oksigen dan nitrogen, serta sejumlah renik besi, nikel, dan vanadium. Senyawa-senyawa ini sering dikelaskan atas aspalten (yang massa molekulnya kecil) dan malten (yang massa molekulnya besar). Biasanya aspal mengandung 5 sampai 25% aspalten. Sebagian besar senyawa di aspal adalah senyawa polar.

Menurut Sukirman (2012), aspal digunakan sebagai material dalam perkerasan jalan berfungsi sebagai:

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

Berdasarkan tempat diperolehnya, aspal dibedakan atas aspal alam dan aspal minyak. Aspal alam yaitu aspal yang disuatu tempat di alam, dan dapat digunakan sebagaimana diperolehnya atau dengan sedikit pengolahan. Aspal alam ada yang diperoleh di gunung-gunung seperti aspal di pulau buton, dan ada pula yang diperoleh di danau seperti di Trinidad. Aspal alam terbesar di dunia terdapat di Trinidad, berupa aspal danau (*Trinidad Lake Asphalt*). Sedangkan aspal minyak adalah aspal yang merupakan residu pengilangan minyak. Setiap minyak di bumi dapat menghasilkan residu jenis *asphaltic base crude oil* yang banyak mengandung aspal, *parafin base crude oil* yang banyak menghasilkan parafin, atau *mix base crude oil* yang mengandung campuran antara parafin dengan aspal. Untuk perkerasan

jalan umumnya digunakan aspal minyak jenis *asphaltic base crude oil*. Pada proses destilasi minyak bumi, bensin, minyak tanah dan solar merupakan hasil destilasi pada temperatur yang berbeda-beda, sedangkan aspal merupakan residunya. Residu aspal berbentuk padat, tetapi melalui pengolahan hasil residu ini dapat pula berbentuk cair atau emulsi pada temperatur ruang. Jadi jika dilihat bentuknya pada temperatur ruang, maka aspal dibedakan atas aspal padat, aspal cair dan aspal emulsi. (Sukirman, 2012)

Aspal cair adalah aspal yang berbentuk cair pada suhu ruang. Aspal cair merupakan semen aspal yang dicairkan dengan bahan pencair dari hasil penyulingan minyak bumi seperti minyak tanah, bensin dan solar. Aspal emulsi adalah suatu campuran aspal dengan air dan bahan pengemulsi yang dilakukan di pabrik pencampur. Aspal emulsi ini lebih cair daripada aspal cair. Di dalam aspal emulsi, butir-butir aspal larut dalam air.

Aspal padat adalah aspal yang berbentuk padat atau semi padat pada suhu ruang dan menjadi cair ketika dipanaskan. Aspal padat dikenal juga dengan semen aspal (*asphalt cement*). Oleh karena itu, semen aspal harus dipanaskan terlebih dahulu sebelum digunakan sebagai bahan pengikat agregat.

Kett (1998) menyatakan bahwa terdapat lima klasifikasi nilai penetrasi pada semen aspal yang bervariasi secara konsistensi pada suhu kamar dari padat ke semi-cair yaitu 40-50, 60-70, 80-100, 120-150, dan 200-300. Nilai ini menunjukkan tingkat kekerasan material dimana pen 40-50 merupakan yang paling keras dan pen 200-300 merupakan yang paling lembut.

2.3.3 Bahan Pengisi (*filler*)

Bahan Pengisi (*filler*) adalah bahan atau fraksi dari agregat halus yang lolos saringan no. 200 (2,36 mm) minimum 75 % terhadap berat total agregat., biasanya digunakan abu batu, abu kapur, semen dan bahan lain. Pada umumnya *filler* ini tidak harus digunakan untuk

bahan campuran aspal beton, karena dengan secara umum setiap agregat sudah mengandung *filler* saat pencampuran di lapangan (AMP). Bila kadar *filler* yang terkandung di dalam agregat sudah sesuai dengan rencana spesifikasi, maka tidak perlu dilakukan penambahan *filler*, tetapi bila diinginkan menggunakan *filler* maka harus memenuhi syarat.

Adapun tujuan *filler* ini adalah untuk mengisi rongga dalam campuran sehingga tidak hanya diisi oleh bitumen tetapi juga material yang lebih halus.

Fungsi *filler* dalam campuran aspal beton antara lain :

- a. Memodifikasi gradasi agregat halus, sehingga campuran menjadi lebih rapat gradasinya.
- b. Bersama-sama dengan aspal membentuk bahan pengikat atau sistem *filler* aspal.
- c. Penambahan kadar *filler* pada sistem aspal, *filler* akan menurunkan angka penetrasi.
- d. Penambahan kadar *filler* akan memperbaiki ketahanan campuran aspal terhadap temperatur tinggi.
- e. *Filler* meningkatkan ketahanan campuran aspal terhadap cuaca. Penguatan oleh *filler* berarti dapat menambah ketahanan terhadap retak. Ketahanan terhadap retak akan mencegah kerusakan yang disebabkan oleh pemuaian dan kontraksi akibat panas dan penyusutan aspal akibat adanya perubahan reaksi kimia-fisika selama berada dalam pengaruh cuaca.

2.4 Karakteristik Campuran Beraspal

Menurut Sukirman (2003), terdapat tujuh karakteristik campuran yang harus dimiliki oleh beton aspal adalah stabilitas (*stability*), keawetan (*durability*), kelenturan (*flexibility*), ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue resistance*), kekesatan permukaan atau ketahanan geser (*skid resistance*), kedap air dan kemudahan pelaksanaan (*workability*).

Di bawah ini adalah penjelasan dari ketujuh karakteristik tersebut :

1. Stabilitas (*Stability*)

Stabilitas adalah kemampuan perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur dan bleeding.

2. Keawetan (*Durability*)

Keawetan adalah kemampuan perkerasan jalan untuk mencegah terjadinya perubahan pada aspal dari kehancuran agregat dan mengelupasnya selaput aspal pada batuan agregat akibat cuaca, air, suhu udara dan keausan akibat gesekan dengan roda kendaraan.

3. Kelenturan (*Flexibility*)

Kelenturan adalah kemampuan perkerasan jalan untuk menyesuaikan diri akibat penurunan konsolidasi (*Consolidation Settlement*) dan pergerakan dari pondasi atau tanah dasar, tanpa terjadi retak. Penurunan terjadi akibat dari repetisi beban lalu lintas ataupun akibat beban sendiri tanah timbunan yang dibuat di atas tanah asli.

4. Ketahanan Terhadap Kelelahan (*Fatigue Resistance*)

Ketahanan terhadap kelelahan adalah kemampuan perkerasan jalan untuk menerima lendutan berulang akibat repetisi beban, tanpa terjadinya kelelahan berupa alur dan retak. Hal ini dapat tercapai jika menggunakan kadar aspal yang tinggi.

5. Kekesatan/tahanan geser (*Skid Resistance*)

Kekesatan/tahanan geser adalah kemampuan permukaan beton aspal terutama pada kondisi basah, memberikan gaya gesek pada roda kendaraan sehingga kendaraan tidak tergelincir. Faktor-faktor untuk mendapatkan kekesatan jalan sama dengan untuk mendapatkan stabilitas yang tinggi, yaitu kekasaran permukaan dari butir-butir agregat, luas bidang kontak antar butir atau bentuk butir, gradasi agregat, kepadatan campuran.

6. Kedap Air (*Impermeability*)

Kedap air adalah kemampuan aspal beton untuk tidak dapat dimasuki air ataupun udara. Air dan udara dapat mengakibatkan

percepatan proses penuaan aspal dan pengelupasan selimut aspal dari permukaan agregat.

7. Kemudahan Pelaksanaan (*Workability*)

Kemudahan pelaksanaan adalah kemampuan campuran aspal beton untuk mudah dihamparkan dan dipadatkan. Kemudahan pelaksanaan menentukan tingkat efisiensi pekerjaan. Faktor kemudahan dalam proses penghamparan dan pemadatan adalah viskositas aspal, kepekatan aspal terhadap perubahan temperatur dan gradasi serta kondisi agregat.

2.5 Kapur

Kapur atau yang lebih dikenal CaCO_3 adalah suatu material yang berasal dari batuan sedimen berwarna putih dan halus yang tersusun dari mineral. Kapur terdiri dari tiga senyawa utama yaitu adalah kalsium karbonat, kalsium oksida (penyusun utama kapur tohor), dan kalsium karbonat (yang mendominasi kapur mati). Pada dasarnya pembentukan kapur terjadi di laut, ketika organisme laut purba yang memiliki cangkang berkalsium mati bertumpuk dan perlahan-lahan membentuk lapisan endapan. Setelah berjuta tahun, lapisan ini menjadi batuan melalui proses geologi.

Kapur sangat bermanfaat dalam berbagai aktivitas manusia dan relatif murah, kapur biasanya dimanfaatkan di bidang bangunan dan pertanian. Di bidang bangunan kapur menjadi bagian dari campuran semen karena memiliki sifat merekatkan dan mengubah penampilan. Dan di bidang pertanian kapur berguna dalam menyediakan unsur kalsium dan memperbaiki kemasaman tanah.

2.5.1 Jenis-Jenis Kapur

1. Jenis Kapur Di Bidang Pertanian

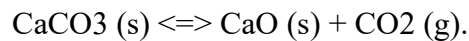
Jenis-jenis kapur dibidang pertanian dibagi menjadi tiga, yaitu :

a. Kapur Tohor atau Kapur Sirih

Kapur tohor atau kapur sirih atau dikenal juga dengan nama Kapur oksida (CaO) adalah kapur hasil pembakaran atau

pemanasan dari kapur mentah Kalsium karbonat (CaCO_3) pada suhu diatas 825 derajat celsius.

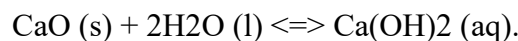
Persamaan reaksinya :



b. Kapur Tembok atau Kapur Hidroksida

Kapur tembok adalah kapur hasil reaksi kapur tohor dengan air. Kapur ini dikenal pula sebagai kapur hidroksida dengan rumus umum $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

Persamaan reaksinya :



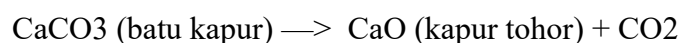
c. Kapur Karbonat

Kapur Karbonat merupakan kapur yang berasal dari batuan kapur tanpa melalui proses pembakaran melainkan langsung digiling. Kapur karbonat mempunyai 2 jenis yaitu kalsit/kalsium karbonat (CaCO_3) dan Dolomite ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$). Kalsit dalam struktur kimianya lebih banyak didominasi oleh unsur Kalsium (Ca), dan sedikit sekali unsur Magnesium (Mg), sehingga rumus kimianya menjadi CaCO_3 . Kapur karbonat biasanya digunakan untuk memperbaiki sifat fisik dan biologi tanah serta mencegah keasaman tanah yang berlebih.

2. Jenis Kapur Sebagai Bahan Bangunan

a. Kapur Tohor

Kapur tohor adalah hasil pembakaran batu kapur alam yang komposisinya sebagian besar merupakan kalsium karbonat (CaCO_3) pada temperature diatas 900 derajat Celsius terjadi proses calsinasi dengan pelepasan gas CO_2 hingga tersisa padatan CaO atau bisa juga disebut *quick lime*.

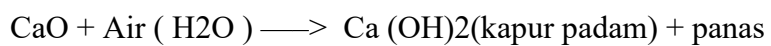




Gambar 2.5 Kapur Tohor

b. Kapur Padam

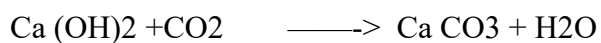
Kapur padam adalah hasil pemadaman kapur tohor dengan air dan membentuk hidrat



Gambar 2.6 Kapur Padam

c. Kapur udara

Kapur udara adalah kapur padam yang diaduk dengan air setelah beberapa waktu campuran tersebut dapat mengeras di udara karena pengikatan karbon dioksida



d. Kapur Hidrolis

Kapur hidrolis adalah kapur padam yang diaduk dengan air setelah beberapa waktu campuran dapat mengeras baik didalam air maupun didalam udara.

Pada penelitian ini yang digunakan adalah kapur dolomite, yang termasuk kedalam jenis kapur karbonat, yang digunakan sebagai *filler* dalam campuran aspal *HRS-WC*.

2.5.2 Kapur Dolomite

Batu Kapur adalah material yang berasal dari batuan sedimen berwarna putih halus, yang mengandung mineral kalsium. Tiga senyawa utama yang mewujudkan kapur adalah kalsium karbonat, kalsium oksida dan kalsium hidroksida. Kapur dapat bercampur dengan mineral magnesium yang bernama Dolomite. Pembentukan kapur terjadi pada laut ketika organisme laut purba yang memiliki cangkang berkalsium mati. Sisa jasadnya bertumpuk dan perlahan membentuk lapisan endapan, setelah berjuta tahun lapisan ini menjadi batuan melalui proses geologi. Kapur adalah bahan yang sangat bermanfaat dalam segala bentuk aktivitas manusia dengan harga yang relatif lebih murah. Pemanfaatan terbanyak dalam bidang bangunan dan pertanian. Kapur juga menjadi bagian dari campuran semen karena memiliki sifat merekatkan dan mengubah penampilan. Sebagai salah satu kapur pertanian, kapur berguna dalam menyediakan unsur kalsium dan memperbaiki kemasaman tanah.

Batu Kapur menjadi dua yaitu batu kapur non klastik dan batu kapur klastik. Batu kapur non klastik merupakan koloni binatang laut terutama terumbu dan koral yang merupakan anggota coelenterata, sehingga tidak menunjukkan lapisan yang baik dan belum banyak mengalami pengotoran mineral lain. Sedangkan Batu kapur klastik merupakan hasil rombakan jenis batu kapur non klastik. Batu Kapur yang komponennya berasal dari fasies terumbu oleh fragmentasi mekanik, kemudian mengalami transportasi dan terendap kembali sebagai partikel padat diklasifikasikan dalam batu kapur atau gamping (*limestone*).

Sifat kapur yang plastis yaitu dapat mengeras dengan cepat sehingga memberi kekuatan pengikat. Mudah dikerjakan tanpa melalui proses pabrik dan menghasilkan rekatan yang bagus untuk mortar atau plesteran.

Kapur dolomite ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) merupakan material kapur yang biasa digunakan dalam pertanian untuk mengurangi kemasaman tanah serta menambahkan unsur kalsium sebagai unsur hara pada tanaman. Selain itu, pada kapur dolomite terdapat unsur magnesium sebagai unsur utama yang diberikan pada tanah yang miskin magnesium (Subandi, 2007). Pada penelitian ini, kapur dolomite yang digunakan berasal dari PT. Anugerah Dolomit Lestari dengan komposisi penyusun kapur yaitu Magnesium Oksida (MgO) \geq 18% dan Kalsium Oksida (CaO) \pm 30%.



Gambar 2.7 Kapur Dolomite

1. Potensi Batu Gamping Sebagai Bahan Dasar Kapur Dolomite di Indonesia

Sebaran bahan dasar kapur dolomite yaitu batu gamping di Indonesia cukup luas, dari Indonesia bagian barat hingga Indonesia bagian timur. Potensi batu gamping di Indonesia hampir berada di seluruh wilayah Indonesia. Menurut data dari Mediadipoera dkk (1990), cadangan batu gamping Indonesia mencapai 28,7 milyar ton. Sebaran batu gamping dengan berada di sebagian besar provinsi di Indonesia, diantaranya Daerah Istimewa Aceh, Sumatera Utara, Sumatera Barat, Riau, Sumatera Selatan, Bengkulu, Lampung, Jawa Barat, Jawa Tengah, Daerah Istimewa Yogyakarta, Jawa Timur, Kalimantan Selatan, Kalimantan Tengah, Nusa Tenggara Barat, Nusa Tenggara Timur, Sulawesi Selatan, Sulawesi Utara, dan Irian Jaya.

Sebaran tersebut diklasifikasikan sebagai cadangan tereka, kecuali pada cadangan di Nusa Tenggara Timur yaitu cadangan tertunjuk. Dari total cadangan batu gamping di Indonesia, sekitar 23,23 milyar ton atau sekitar 81,02% cadangan berada di provinsi Sumatera Barat, lalu dilanjutkan dengan provinsi Jawa Barat dengan jumlah 637,82 juta ton.

2.6 Uji Marshall

Pengujian dengan alat Marshall dilakukan sesuai dengan prosedur Bina Marga 2018 revisi II. Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui karakteristik campuran, menentukan ketahanan atau stabilitas terhadap kelelahan plastis (*flow*) dari campuran aspal.

Hubungan antara ketahanan (stabilitas) dan kelelahan plastisitas (*flow*) adalah berbanding lurus, semakin besar stabilitas, semakin besar pula nilai flownya, dan begitu juga sebaliknya. Jadi semakin besar stabilitasnya maka aspal akan semakin mampu menahan beban, demikian juga sebaliknya. Dan jika *flow* semakin tinggi maka aspal semakin mampu menahan beban.



Gambar 2.8 Alat Uji Marshall

2.7 Parameter Marshall

Alat Marshall merupakan alat tekan yang di lengkapi dengan proving ring yang berkapasitas 22,5 KN atau 5000 lbs. Proving ring dilengkapi dengan arloji pengukur yang berguna untuk mengukur stabilitas campuran. Disamping itu terdapat arloji kelelahan (*flow meter*) untuk mengukur

kelelahan plastis, karena prinsip dasar metode Marshall adalah pemeriksaan stabilitas dan kelelahan (*flow*), serta analisis kepadatan dan pori dari campuran padat yang terbentuk. Rancangan campuran berdasarkan metode Marshall ditemukan oleh Bruce Marshall, dan telah distandarisasi oleh ASTM ataupun AASHTO melalui beberapa modifikasi, yaitu ASTM D 1559-76, atau AASHTO T-245-90.

Secara garis besar, pengujian Marshall ini meliputi :

1. Persiapan benda uji.
2. Penentuan berat jenis bulk dari benda uji.
3. Pemeriksaan nilai stabilitas dan flow.
4. Perhitungan sifat volumetrik benda uji.

Campuran yang digunakan pada pengujian Marshall harus memenuhi beberapa persyaratan dalam pengujiannya. Adapun persyaratan campuran untuk laston dapat dilihat pada **Tabel 2.7**

Tabel 2.7 Ketentuan Sifat-Sifat Campuran Lataston

Sifat-Sifat Campuran	Spesifikasi Lataston (<i>HRS-WC</i>)
Jumlah tumbukan per bidang	50 kali
Rongga dalam campuran (VIM) (%)	4,0-6,0 %
Rongga dalam agregat (VMA) (%)	Min 18 %
Rongga terisi aspal (VFA) (%)	Min 68 %
Stabilitas <i>Marshall</i> (Kg)	Min 600 Kg
<i>Marshall Quotient</i> (kg/mm)	Min 250
Sifat-Sifat Campuran	Spesifikasi Lataston (<i>HRS-WC</i>)

Stabilitas <i>Marshall</i> sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam , 60 °C	Min 90%
--	---------

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 revisi II

2.8 Perhitungan dalam Marshall

Adapun dasar perhitungan yang menjadi acuan dalam penganalisan data yaitu mengacu pada SNI 06-2489-1991 dan *The Asphalt Institute* sebagai berikut :

1. Berat Jenis Aspal

Pemeriksaan berat jenis aspal di laboratorium (*Specific Gravity Test*) adalah perbandingan antara berat aspal dan berat air suling dengan isi yang sama pada suhu tertentu (25°C atau 15,6°C). pengujian ini diperlukan pada saat pelaksanaan untuk konversi dari berat ke volume atau sebaliknya.

$$\text{Berat Jenis} = \frac{(C-A)}{(B-A)} \cdot \frac{(D-C)}{(D-A)} \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan :

A : massa piknometer dan penutup

B : massa piknometer dan penutup berisi air

C : massa piknometer, penutup dan benda uji

D : massa piknometer, penutup, benda uji dan air.

2. Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat

Agregat total terdiri atas fraksi-fraksi agregat kasar, agregat halus, dan bahan pengisi (*filler*) yang masing-masing mempunyai berat jenis yang berbeda, baik berat jenis kering dan berat jenis semu. Penyerapan terhadap air dan berat jenis efektifnya juga berbeda antara agregat kasar dan agregat halus.

a. Agregat Kasar

1) Berat jenis kering

$$S_d = \frac{A}{(B-C)} \dots\dots\dots (2.2)$$

2) Berat jenis semu

$$S_A = \frac{A}{(A-C)} \dots\dots\dots (2.3)$$

3) Penyerapan air

$$S_w = \left[\frac{B-A}{A} \times 100\% \right] \dots\dots\dots (2.4)$$

4) Berat jenis efektif

$$B.J. Efektif = \frac{S_a + S_d}{2} \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan :

S_d : Berat Jenis Kering

S_a : Berat Jenis Semu

S_w : Penyerapan Air

A : berat benda uji kering oven

B : berat benda uji jenuh kering permukaan

C : berat benda uji dalam air

b. Agregat Halus

1) Berat jenis kering

$$S_d = \frac{Bk}{(B+SSD-Bt)} \dots\dots\dots (2.6)$$

2) Berat jenis semu

$$S_A = \frac{Bk}{(B+Bk-Bt)} \dots\dots\dots (2.7)$$

3) Penyerapan air

$$S_w = \left[\frac{SSD-Bk}{Bk} \times 100\% \right] \dots\dots\dots (2.8)$$

4) Berat jenis efektif

$$B.J. Efektif = \frac{S_a + S_d}{2} \dots\dots\dots (2.9)$$

Keterangan :

S_d : Berat Jenis Kering

- Sa : Berat Jenis Semu
 Sw : Penyerapan Air
 Bk : Berat pasir kering
 B : Berat piknometer + air
 Bt : Berat piknometer + pasir + air
 SSD : Berat pasir kering permukaan

3. Rongga dalam Agregat (VMA)

Rongga antar mineral agregat (VMA) adalah ruang rongga diantara partikel agregat pada suatu perkerasan, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif (tidak termasuk volume aspal yang diserap agregat). VMA dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$VMA = 100 - \frac{(100 - \%aspal) \times Berat\ Volume\ b.u}{B.J.Agregat} \dots\dots\dots (2.10)$$

Keterangan :

VMA : Rongga udara pada mineral agregat (%)

%Aspal : Kadar aspal terhadap campuran (%)

B.J. Agregat : Berat jenis efektif

4. Rongga dalam Campuran (VIM)

Rongga udara dalam campuran (VIM) dalam campuran perkerasan beraspal terdiri atas ruang udara diantara partikel agregat yang terselimuti aspal. Volume rongga udara dalam campuran dapat ditentukan dengan rumus berikut:

$$VIM = 100 - \frac{100 \times berat\ volume\ b.u}{B.J.maksimum\ teoritis} \dots\dots\dots (2.11)$$

Berat jenis maksimum teoritis :

$$BJ = \frac{100}{\frac{\%agr}{B.J.agr} + \frac{\%aspal}{B.J.Aspal}} \dots\dots\dots (2.12)$$

Keterangan :

VIM : Rongga udara pada campuran seteah pemadatan (%)

B.J Teoritis : Berat jenis campuran maksimum teoritis setelah pemadatan (gr/cc).

5. VFB (*Void Filled Bitumen*)

Rongga udara terisi aspal atau VFB (*Void Filled Bitumen*), adalah persen rongga yang terdapat diantara partikel agregat (VMA) yang terisi oleh aspal, tidak termasuk aspal yang diserap oleh agregat. Rumus adalah sebagai berikut:

$$VFB = 100 X \frac{(VMA-VIM)}{VMA} \dots\dots\dots(2.13)$$

Keterangan :

VFB : Rongga udara terisi aspal (%)

VMA : Rongga udara pada mineral agregat (%)

VIM : Rongga udara pada campuran seteah pemadatan (%)

6. Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan lapis keras dalam menahan beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk yang permanen, dinyatakan dalam kg. Pengukuran stabilitas dengan uji Marshall diperlukan untuk mengetahui kekuatan tekan geser dari sampel yang ditahan dua sisi kepala penekan, dengan nilai stabilitas yang cukup tinggi diharapkan perkerasan dapat menahan beban lalu lintas tanpa terjadi kehancuran geser. Nilai stabilitas diperoleh berdasarkan nilai masing masing yang ditunjukkan oleh jarum arloji. Untuk nilai stabilitas, nilai yang ditunjukkan pada arloji perlu dikonversi terhadap alat Marshall. Hasil pembacaan di arloji stabiilitas harus dikalikan dengan nilai kalibrasi proving ring yang digunakan pada alat Marshall. Pada penelitian ini, alat Marshall yang digunakan mempunyai nilai kalibrasi proving ring

sebesar 15,9. Selanjutnya, nilai tersebut juga harus disesuaikan dengan angka koreksi terhadap ketebalan benda uji.

Tabel 2.8. Angka Koreksi Tebal Benda Uji

Tinggi Benda Uji (cm)	Angka Koreksi
25,4	5,56
27	5
28,6	4,55
30,2	4,17
31,8	3,85
33,3	3,57
34,9	3,33
36,5	3,03
38,1	2,78
39,7	2,5
41,3	2,27
42,9	2,08
44,4	1,92
46	1,79
47,6	1,67
49,2	1,57
50,8	1,47
52,4	1,39

Sumber: Buku Panduan Praktikum

7. Kelelehan (*Flow*)

Nilai *flow* ditunjukkan oleh jarum arloji pembacaan *flow* pada alat Marshall. Untuk arloji pembacaan *flow*, nilai yang didapat sudah dalam satuan mm, sehingga tidak perlu dikonversi lebih lanjut.

8. *Marshall Quotient*

Marshall Quotient dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$MQ = \frac{MS}{MF} \dots\dots\dots (2.14)$$

Keterangan :

MQ : *Marshall Quotient* (kg/mm)

MS : *Marshall Stability* (kg)

MF : *Flow Marshall* (mm)

2.9 Penelitian Terdahulu

Adapun penelitian-penelitian yang pernah dilakukan berkaitan tentang kapur, lapisan aspal *HRS* pada perkerasan jalan yaitu, antara lain :

1. Okta Marananta (2021), “Pemanfaatan Kapur Tohor, Kapur Padam, dan Kapur Karbonat Sebagai Filler Pada Perkerasan *AC-WC* Ditinjau Dari Karakteristik Marshall”. Skripsi, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tanjungpura, Pontianak. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh data: Indonesia adalah suatu negara yang memiliki sumber daya alam yang sangat banyak baik yang beradialalam laut maupun di daratan, salah satu sumber daya alam yang terdapat di indonesia adalah kapur, di kalimantan barat juga terdapat daerah potensi kapur. Kapur memiliki bentuk seperti bebatuan, namun sebelum di dimanfaatkan kapur harus melalui proses penggilingan atau pembakaran. kapur biasa digunakan sebagai bahan dalam pelaksanaan konstruksi bangunan dan sebagai bahan tambahan dalam pertanian. Tujuan dari penelitian ini adalah memanfaatkan kapur seperti kapur tohor, kapur padam dan kapur karbonat sebagai *filler* pada campuran perkerasan *AC-WC* dan mengetahui perubahan karakteristik campuran *AC-WC* akibat penggunaan kapur sebagai *filler*, berdasarkan syarat-syarat yang ditentukan oleh Bina Marga 2018 revivi II. Pada penelitian ini agregat kasar yang digunakan adalah batu pecah, agregat halus yang digunakan adalah pasir dan *filler* yang digunakan adalah kapur tohor, kapur padam dan kapur karbonat serta abu batu sebagai pembanding.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen, yaitu metode yang dilakukan dengan mengadakan kegiatan percobaan untuk mendapatkan data. Berdasarkan uji agregat, agregat kasar dan agregat halus memenuhi spesifikasi bina marga 2018 revisi 2, untuk *filler* abu batu, kapur tohor dan kapur karbonat memenuhi tetapi kapur

padam tidak memenuhi spesifikasi bina marga 2018 revisi 2 karena berat jenis kurang dari 2,5 gr. Berdasarkan perhitungan dari rencana campuran agregat didapatkan nilai KAO 6% dan dibuat KAO rencana 5,5%, 6% dan 6,5%. Pada campuran aspal dengan KAO rencana diperoleh nilai-nilai parameter Marshall AC-WC untuk menentukan nilai KAO, berdasarkan nilai-nilai parameter Marshall tersebut diperoleh nilai KAO pada campuran adalah 6,04%. Setelah mendapatkan nilai KAO dilakukan pembuatan campuran aspal AC-WC dengan *filler* abu batu, kapur tohor, kapur padam dan kapur karbonat berdasarkan KAO. Pada campuran menggunakan *filler* abu batu diperoleh stabilitas 1324,560 kg, *flow* 3,28 mm; VIM 3,39 %; VMA 15,49 %; VFB 87,66% dan MQ 404,52 kg/mm. Pada campuran menggunakan *filler* kapur tohor diperoleh stabilitas 1243,76 kg, *flow* 3,39 mm; VIM 3,60 %; VMA 15,82 %; VFB 86,79% dan MQ 366,91 kg/mm. Pada campuran menggunakan *filler* kapur padam diperoleh stabilitas 1089,12 kg, *flow* 3,64 mm; VIM 2,91 %; VMA 14,84 %; VFB 91,32% dan MQ 299,45 kg/mm. Pada campuran menggunakan *filler* kapur karbonat diperoleh stabilitas 1297,92 kg, *flow* 3,34 mm; VIM 3,79 %; VMA 15,93 %; VFB 85,58% dan MQ 388,73 kg/mm. Pada campuran menggunakan *filler* gabungan kapur karbonat dan abu batu diperoleh stabilitas 1324,56 kg, *flow* 3,36 mm; VIM 3,29 %; VMA 15,42 %; VFB 88,53% dan MQ 375,83 kg/mm.

Berdasarkan nilai KAO dan nilai-nilai parameter Marshall yang dihasilkan dari penelitian ini maka penggunaan *filler* kapur tohor, kapur karbonat dan gabungan kapur karbonat terhadap abu batu pada campuran perkerasan AC-WC memenuhi persyaratan-persyaratan Bina Marga 2018 revisi II, tetapi untuk *filler* kapur padam tidak memenuhi persyaratan-persyaratan sehingga tidak dapat digunakan dalam campuran perkerasan AC-WC. Hanya saja nilai nilai parameter Marshall yang dihasilkan masih lebih baik campuran yang menggunakan *filler* abu batu.

2. Supratman Iknatius Eko (2019), “ Campuran *Hot Rolled Sheet – Wearing Course (HRS – WC)* dengan Material Pasir Limbah Sebagai Agregat Halus Pengganti”. Skripsi, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik,

Universitas Tanjungpura, Pontianak. Berdasarkan Hasil Penelitian diperoleh data :

Agregat halus pengganti berupa pasir limbah bukit yang selanjutnya diberi kode pasir A, pasir limbah sungai yang selanjutnya diberi kode pasir B, dan sebagai pembanding digunakan pasir sungai Kapuas yang terdapat di depan laboratorium Jalan Raya Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura yang selanjutnya diberi kode pasir C. Campuran dibuat dengan batu pecah yang berasal dari desa Peniraman, *Filler* semen Portland 3 Roda, Aspal penetrasi 60/70, untuk pasir halus sebagai alternatif digunakan pasir limbah bekas penambangan emas tanpa ijin yang berasal dari Desa Kayu Ara, Kecamatan Mandor sebagai agregat halus pengganti. Pasir limbah darat memiliki berat jenis *Bulk* 2,587 gr/cm³, Berat jenis SSD 2,616 gr/cm³, Berat jenis *Apparent* 2,662 gr/cm³, Penyerapan 1,088%, sedangkan pasir limbah sungai dengan berat jenis 2,61 gr/cm³, Berat jenis SSD 2,624 gr/cm³, Berat jenis *Apparent* 2,647 gr/cm³, Penyerapan 0,531%, kemudian sebagai pembanding digunakan pasir kapuas dengan berat jenis 2,604 gr/cm³, Berat jenis SSD 2,626 gr/cm³, Berat jenis *Apparent* 2,662 gr/cm³, Penyerapan 0,833%.

Berdasarkan hasil parameter *Marshall*, maka pasir limbah sungai merupakan campuran terbaik karena nilai rata-rata parameter pada masing-masing parameter *Marshall* banyak lebih memenuhi spesifikasi. Pada kadar aspal 5,5% didapatkan stabilitas rata-rata 833,851 Kg > 800 kg (memenuhi), *Flow* rata-rata 3,267 mm > 3 mm (memenuhi), VIM rata-rata 6,711% > 4%-6% (tidak memenuhi), VMA 18,394% > 18% (memenuhi), VFB 67,524% < 68% (tidak memenuhi), MQ 257, 852 Kg/mm > 250 Kg /mm (memenuhi). Pada kadar aspal 6% didapat stabilitas rata-rata 1044,581 Kg > 800 Kg (memenuhi), *Flow* rata-rata 3,733 mm > 3 mm (memenuhi), VIM 6,097% > 4%-6% (tidak memenuhi) VMA rata-rata 18,394% > 18% (memenuhi), VFB 72,428% > 68% (memenuhi) MQ 281,133 Kg/mm > 250 Kg/mm (memenuhi). Pada kadar aspal 7,5% didapat stabilitas rata-rata 955,017 Kg > 800 Kg (memenuhi), *Flow* rata-rata 5,167 mm > 3 mm (memenuhi), VIM 4,588% < 4%-6%

(memenuhi), VMA rata-rata $20,611\% > 18\%$ (memenuhi), VFB $80,948\% > 68\%$ (memenuhi). MQ $189,445 \text{ Kg/mm} < 250 \text{ Kg/mm}$ (tidak memenuhi).