

PENELITIAN PENAMBAHAN BAHAN ADITIF KAPUR HIDRAT KAPUR PADAM
SEBAGAI BAHAN PENGISI *FILLER* PADA CAMPURAN ASPAL BETON

Research Addition Of Addictive Materials Of Hydrated Cream (Kapur Padam) As A Filler In
Asphalt Concrete Mixture

Candra Yulianto.¹, Yosef Cahyo SP.², Ahmad Ridwan.³
Mahasiswa Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Kadiri
Jajaran Staf Pengajar Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Kadiri
Email: Cacangyuli@gmail.com

ABSTRAK

Pada konstruksi jalan raya masyarakat umumnya sering menggunakan Aspal beton sebagai bahan pembuatan konstruksi jalan raya. campuran aspal beton(Hotmix) penggunaannya di Indonesia dari tahun ke tahun makin tinggi. Dikarenakan aspal beton(Hotmix) mempunyai kelebihan dibanding dengan bahan lainnya, Misalnya harganya yang relatif ekonomis/murah dibanding menggunakan beton, keunggulannya pada beban berat kendaraan yang tinggi. Keefisienan produksi aspal beton(hotmix) dapat dibuat dari bahan-bahan lokal yang tersedia dan memiliki ketahanan yang baik terhadap berbagai cuaca. Tujuan dari penelitian ini adalah bagaimana pengaruh penambahan kapur padam pada bahan campuran pada aspal beton(hotmix) dan Mengetahui berapa persentase campuran kapur padam untuk mencapai titik optimum aspal beton dari hasil perhitungan penulis maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Nilai stabilitas masing-masing penurunannya dengan penambahan kapur padam yaitu 5% sebesar 778 kg, 10% sebesar 645 kg, 15% sebesar 534 kg.
2. Hasil volume rongga udara terhadap campuran (VIM) dengan kadar 5%, 10% dan 15% yaitu 8.17%, 7.51%, dan 6.85%.
3. Hasil volume pori antara butir agregat (VMA) dengan kadar 5%, 10% dan 15% yaitu antara lain 19.87 %, 18.55 %, dan 17.73 %.
4. Hasil volume pori antara butir agregat yang terisi aspal (VFB) dengan kadar 5%, 10% dan 15% yaitu antara lain 58.88%, 56.61%, dan 54.35%.
5. Hasil nilai Marshall Quotient (MQ) dengan kadar 5%, 10% dan 15% Marshall Quotient (MQ) yaitu antara lain 297 kg/mm, 230 kg/mm, dan 198 kg/mm.

Kata kunci : Aspal Beton, Penambahan kapur padam, Karakteristik marshall test

ABSTRACT

In the construction of highways, the community generally uses concrete asphalt as an ingredient in the construction of highways. Asphalt concrete mix (Hotmix) use in Indonesia from year to year is increasing. Because concrete asphalt (Hotmix) has advantages compared to other materials, for example, the price is relatively economical / cheap compared to using concrete, its ability to support heavy loads of high vehicles. the practicality of making asphalt concrete (hotmix) can be made from locally available materials and has good resistance to weather changes. The purpose of this research is how the effect of adding lime extinguished on mixed materials on asphalt concrete (hotmix) and knowing how much percentage of lime

mixture goes out to reach the optimum point of concrete asphalt from the author's calculation results can be concluded as follows:

1. The value of stability of each decrease by adding lime is 5% at 778 kg, 10% at 645 kg, 15% at 534 kg.
2. The results of the volume of air cavity to mixture (VIM) with levels of 5%, 10% and 15%, namely 8.17%, 7.51%, and 6.85%.
3. Pore volume results between aggregate grains (VMA) with levels of 5%, 10% and 15%, among others, 19.87%, 18.55%, and 17.73%.
4. Pore volume results between aggregate grains filled with asphalt (VFB) with levels of 5%, 10% and 15%, among others 58.88%, 56.61%, and 54.35%.
5. The results of the Marshall Quotient (MQ) value of 5%, 10% and 15% Marshall Quotient (MQ) are 297 kg / mm, 230 kg / mm, and 198 kg / mm.

Keywords: Concrete Asphalt, Addition of lime extinguished, Marshall test characteristics

¹Mahasiswa Program S1 Teknik Sipil, FT, UNIK

²Dosen Pembimbing 1 Tugas Akhir Teknik Sipi, FT, UNIK

³Dosen Pembimbing 2 Tugas Akhir Teknik Sipi, FT, UNIK

PENDAHULUAN

Pada konstruksi jalan raya masyarakat umumnya sering menggunakan Aspal beton sebagai bahan pembuatan konstruksi jalan raya. campuran aspal beton(Hotmix) penggunaannya di Indonesia dari tahun ke tahun makin tinggi. Dikarenakan aspal beton(Hotmix) mempunyai kelebihan dibanding dengan bahan lainnya, Misalnya harganya yang relatif ekonomis/murah dibanding menggunakan beton, keunggulannya pada beban berat kendaraan yang tinggi. Keefisienan produksi aspal beton(hotmix) dapat dibuat dari bahan-bahan lokal yang tersedia dan memiliki ketahanan yang baik terhadap berbagai cuaca. Kekuatan utama aspal beton ada pada agregat yang saling mengunci dan sedikit pada pasir/ *filler*/ bitumen sebagai mortar

(Didik Purwadi, 1995). Di samping kecukupan *workability* (sifat kemudahan untuk pekerjaan) ada Tujuh sifat dasar aspal beton yang harus diperhatikan dalam pembuatan campuran aspal beton, yaitu:

1. *Stabilitas*.
2. *Durabilitas* (keawetan).

3. *Fleksibilitas*.(kelenturan)
4. Tahanan geser (*skid resistance*).
5. Kedap air
6. Kemudahanpekerjaan (*workability*)
7. Ketahanan kelelahan (*fatigue resistance*)

Ketujuh sifat di atas harus mencapai titik optimum untuk bisa dikatakan layak dalam campuran aspal beton. Bahan pengisi dalam campuran aspal beton(hotmix) adalah bahan harus lolos saringan No.200 (0,075 mm). Macam bahan pengisi yang dapat digunakan ialah: abu batu, kapur padam, portland cement (PC), debu dolomite, abu terbang, debu tanur tinggi pembuat. Banyaknya bahan pengisi dalam campuran aspal beton sangat dibatasi. Kebanyakan bahan pengisi, maka campuran akan sangat kaku dan mudah retak selain itu memerlukan aspal yang banyak untuk memenuhi *workability*. Sebaliknya jika kekurangan bahan pengisi campuran menjadi sangat lentur dan mudah terdeformasi oleh roda kendaraan sehingga menghasilkan jalan yang bergelombang. Pada penelitian ini bahan pengisi dibatasi antara 2% hingga 8% dari berat total campuran aspal beton. bahan pengisi dipilih kapur padam.

Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah pada tugas akhir ini melakukan penelitian untuk memanipulasi objek penelitian secara terkontrol dengan menggunakan kapur padam yang sebagai bahan pengisi filler pada perkerasan jalan.

TINJUAN PUSTAKA

Perkerasan Jalan

Perencanaan perkerasan jalan berfungsi untuk memikul beban kendaraan dengan nyaman dan aman Berdasarkan bahan pengikatnya konstruksi jalan dapat di bedakan atas : (Silvia sukirman,1999)

1. Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Perkerasan Lentur yaitu Perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan Di Indonesia lebih dominan sering menggunakan perkerasan jalan

➤ Karakteristik Perkerasan Lentur (Shirley L.Hendarsin,2000) yaitu :

1. Bersifat elastis saat menerima beban, sehingga pengguna jalan bisa nyaman.
2. Pada umumnya menggunakan bahan pengikat aspal.
3. Seluruh lapisan ikut memikul beban.
4. Tekanan yang menyeluruh ke lapisan tanah dasar sehingga tidak merusak lapisan tanah dasar
5. Maksimum usia rencana 20 tahun. ($MKJI = 23 \text{ tahun}$)
6. Selama usia rencana diperlukan pemeliharaan secara berkala.

Tabel 2.2 Tebal Nominal Minimum Campuran beraspal

Jenis Campuran		Simbol	Tebal Nominal Minimum (cm)
Latasir Kelas A		SS-A	1,5
Latasir Kelas B		SS-B	2,0
Latast on	Lapis Aus	HRS-WC	3,0
	Lapis Pondasi	HRS-Base	3,5

pengikat. Lapisan – lapisanya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke dasar tanah.

	Perkerasan Lentur	Perkerasan kaku
Bahan pengikat	Aspal	Semen
Repetisi beban	Timbul ruting (lendutan pada jalur roda)	Timbul retak retak pada permukaan
Penurunan tanah dasar	Jalan bergelombang (mengikuti tanah dasar)	Bersifat sebagai balok diatas perletakan
Perubahan temperatur	Modulus kekakuan berubah. Timbul tegangan dalam yang kecil	Modulus kekakuan tidak berubah timbul tegangan dalam yang besar

Tabel 2.1 Perbedaan antara Perkerasan Lentur dan Perkerasan kaku

Laston (AC)

Laston adalah campuran aspal sebagai bahan pengikat dan agregat kasar, halus, dan pengisi (*filler*), dengan cara pencampuran dan pemadatan dalam kondisi panas dan suhu tertentu. Yang terletak dilapis permukaan

Aspal dipergunakan sebagai material perkerasan jalan berfungsi sebagai berikut (Sukirman, 1999) :

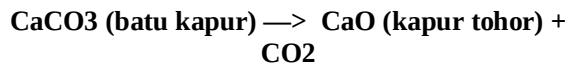
1. Bahan pengikat, memberikan ikatan yang kuat pada aspal dan agregat dan sesama aspal.
2. Bahan pengisi, mengisi rongga antar butir agregat dan pori-pori yang ada dalam butir agregat.

Jenis Campuran		Simbol	Tebal Nominal Minimum (cm)
Laston	Lapis Aus	AC-WC	4,0
	Lapis Antara	AC-BC	6,0
	Lapis Pondasi	AC-Base	7,5

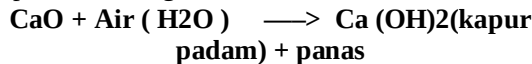
Sumber : Divisi 6 2010 Pakerasan Aspal

Kapur

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*



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



SIFAT-SIFAT DARI KAPUR ADA 4 YAITU :

1. Dapat mengeras dengan cepat sehingga memberi kekuatan pengikat
2. Menghasilkan rekatan yang bagus untuk mortar/plesteran.
3. Plastis
4. Mudah dikerjakan tanpa melalui proses pabrik

FUNGSI DARI KAPUR ADA 5 YAITU :

1. Bahan absorbisi (bahan pemutih, dll)
2. Bahan dihidrasi (pengering udara, dll)
3. Untuk hidrolisasi (industri sabun, dll)
4. Perekat (industri semen, bahan mortar, plesteran, dll)
5. Pelarut / solvent (ind. Cat casein, dll)

METODOLOGI PENELITIAN

Data Umum

Dalam pelaksanaan dan penyusunan laporan tugas akhir penulis melakukan pengamatan tentang Penambahan Bahan Adiktif Kapur Hidrat *Kapur Padam* Sebagai Bahan Pengisi *Filler* Pada Campuran Aspal Beton". Pemeriksaan ini dilakukan di laboratorium Teknik Sipil Universitas Kadiri, dengan hasil yang terdapat di bawah ini :

Bahan Penelitian

Dalam penelitian ini bahan – bahan yang diperlukan adalah :

- a. Kapur padam yang dibeli di toko bangunan di daerah Kediri
- b. Pasir bladak yang dibeli dari galangan pasir bladak blitar
- c. Koral dibeli dari toko bangunan di daerah Kediri
- d. Asphalt berasal dari Pertamina

Pengumpulan Material

1. Persiapan Benda Uji

Persiapan benda uji dengan pengayakan benda uji agregat kasar dan halus dengan ayakan yang telah di tentukan

Pengeringan agregat pada suhu 105 ‘C

2. Penentuan Suhu Pencampuran dan Pemadatan

Persiapan JMF (Job Mix Formula)

Dalam penelitian kali ini menggunakan JMF (Job Mix Formula) yang sudah ada.

Proporsi campuran agregat pada Laston / AC-(L)

No	Bahan	Jumlah %	Individual	Comulative
1	Agragat Kasar	25 %	300 gram	300 gram
2	Agragat Medium	33 %	396 gram	696 gram
3	Agragat Halus	40 %	480 gram	1176 gram
4	Filler	2 %	24 gram	1200 gram

Sumber : (Data (JMF) Job Mix Formula Acuan)

Penyesuaian proporsi campuran Laston/AC-(L)

No	Bahan	Jumlah %	Individual	Comulative
1	Agragat Kasar	23.43 %	281 gram	281.2 gram
2	Agragat Medium	30.92 %	371 gram	652.2 gram
3	Agragat Halus	37.48 %	450 gram	1102 gram
4	Filler	1.87 %	22 gram	1124 gram
5	Aspal	6.3 %	76 gram	1200 gram

Sumber : (Data (JMF) Job Mix Formula Acuan)

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Aspal

Pada Bab IV ini akan membahas “Penelitian Penambahan Bahan Adiktif Kapur Hidrat (Kapur Padam) Sebagai Bahan Pengisi (Filler) Pada Campuran Aspal Beton”.Pemeriksaan ini dilakukan di laboratorium Teknik Sipil Universitas Kadiri, dengan hasil yang terdapat di bawah ini :

Hasil pengujian karakteristik aspal minyak menggunakan metode SNI dapat melihat tbl. 4.1 4.1.1. Gradasi agregat beton aspal

Gradasiagregatadalahsusunanbutir agregat sesuai ukurannya.Ukuran butir dapat diperoleh melalui pemeriksaan analisa saringan.Gradasi agregat dinyatakan dalam presentase lolos atau tertahan,yang dihitung berdasarkan berat agregat (Sukirman S., 2008).

Tabel 4.1. Karakteristik aspal minyak menggunakan metode SNI

No	Pengujian	hasil	spesifikasi		satuan
			Min.	Max.	
1	Penetrasi 25° Sebelum kehilangan berat	65	60	79	0,1 mm
2	Titik Lembek	52	48	58	°C
3	Daktilitas pada 25° C	115	100	-	Cm
4	Titik nyala	320	200	-	°C
5	Berat Jenis	1,01	1	-	
6	Kehilangan Berat	0,2	-	0,8	%
7	Penetrasi 25° Setelah kehilangan berat	85	54	-	0,1 mm

Tabel 4.2. Persyaratan gradasi agregat campuran beton aspal (AC)

Ukuran Ayakan		% Berat yang Lolos					
ASTM	(mm)	Gradasi Halus			Gradasi Kasar		
		AC-WC	AC-BC	AC-Base	AC-WC	AC-BC	AC-Base
1 ½"	3,750	-	100	100	-	100	100
1"	25,000	-	100	90-100	-	100	90-100
¾"	19,000	100	90-100	73-90	100	90-100	73-90
½"	12,500	90-100	74-90	61-79	90-100	71-90	55-76
3/8"	9,500	72-90	64-82	47-67	72-90	58-80	45-66
No. 4	4,750	54-69	47-64	39,5-50	43-63	37-56	28-39,5
No. 8	2,360	39,1-53	34,6-49	30,8-37	28,3-39,1	23-34,6	19-26,8
No. 16	1,180	31,6-40	28,3-38	24,1-28	19-25,6	15-22,3	12-18,1
No. 30	0,600	23,1-30	20,7-28	17,6-22	13-19,1	10-16,7	7-13,6
No. 50	0,300	15,5-22	13,7-20	11,4-16	9-15,5	7-13,7	5-11,4
No. 100	0,1500	9-15	4-13	4-10	6-13	5-11	4,5-9
No. 200	0,075	4-10	4-8	3-6	4-10	4-8	3-7

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, 2010

Tabel 4.3. Ketentuan Sifat-sifat perkerasan beton

Sifat - sifat Campuran		Laston		
		WC	BC	Base
Penyerapan Aspal (%)	Maks		1,2	
jumlah tumbukan per bidang		75		112
Rongga dalam campuran (%)	Min		3,5	
	Maks.		5,0	
Rongga dalam agregat (VMA) (%)	Min	15	14	13
Rongga terisi aspal (%)	Min	65	63	60
Stabilitas Marshall (kg)	Min	800		1800
	Maks	-		-
Kelelahan (mm)	Min	3		4,5
	Maks	-		-
Marshall Quetient (kg/mm)	Min	250		300
Stabilitas Marshall sisa (%) setelah Perendaman selama 24 jam, 60°C	Min		90	
Rongga dalam campuran (%) pada kepadatan membal (refusal))	Min		2,5	

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, 2010

Tabel 4.4 Angka Korelasi Beban (Stability)

Isi/volume benda uji (cm³)	Tebal Benda Uji (mm)	Angka Korelasi
200 - 213	25,4	5,56
214 - 225	27,0	5,00
226 - 237	28,6	4,55
238 - 250	30,2	4,17
251 - 264	31,8	3,85
265 - 276	33,3	3,57
277 - 289	34,9	3,33
290 - 301	36,5	3,03
302 - 316	38,1	2,78
317 - 328	39,7	2,50
329 - 340	41,3	2,27
341 - 353	42,9	2,08
354 - 367	44,4	1,92
368 - 379	46,0	1,79
380 - 392	47,6	1,67
393 - 405	49,2	1,56
406 - 420	50,8	1,47
421 - 431	52,4	1,39
432 - 443	54,0	1,32
444 - 456	55,6	1,25
457 - 470	57,2	1,19
471 - 482	58,7	1,14
483 - 495	60,3	1,09
496 - 508	61,9	1,04
509 - 522	63,5	1,00
523 - 535	65,1	0,93
536 - 546	66,7	0,93
546 - 559	68,3	0,89
560 - 573	69,9	0,86
574 - 585	71,4	0,83
586 - 598	73,0	0,81
599 - 610	74,6	0,78
611 - 625	76,2	0,76

Tabel 4.5. Uji Karakteristik Marshall

Gradasi	Campuran				
Saringan	Lolos (%)	Tertahan (%)			
¾"	100,00	0,00			0,00 Gr
½"	93,00	7,00			84,00 Gr
3/8"	83,00	12,00			144,00 Gr
4"	53,00	28,00			335,00 Gr
8"	33,55	19,45	CA =	66,08	230,00 Gr
16"	22,30	11,25			137,00 Gr
30"	16,05	6,25			75,00 Gr
50"	12,25	3,80			45,00 Gr
100"	9,50	2,75			35,00 Gr
200"	7,00	2,50	FA =	26,92	30,00 Gr
Filler = Semen		7	F	7	85,00 Gr
Total Prosentase		100			
Total Berat		1200 Gr			

1. KADAR ASPAL

Pb x Berat total => (gr)

$$\begin{aligned} Pb &= (0,035 \times Ca) + (0,045 \times Fa) + (0,18 \times \text{Filler}) + 1 \\ &= (0,035 \times 66,08) + (0,045 \times 26,92) + (0,18 \times 7) + 1 \\ &= 5,78 \% \end{aligned}$$

Tabel 4.6. Kadar aspal

Kadar Aspal %	Bj Aspal (gr/cm3)	(1)/(2)	Yx ((100(1)/100)	(3)+(4)	Bj teori max 100/(5)
1	2	3	4	5	6
5,78	1,0317	5,587	35,21	40,79	2,45

2. BERAT TOTAL

$$\begin{aligned} &= \text{Vol.bu} \times \text{Bj Teori max} \times 0,96 \Rightarrow 0,96 = \text{Void} \\ &= 1/4 \times 3,14 \times (10,16^2 \times 6,35) \times (6) \times 0,96 \Rightarrow (\text{gr}) \\ &= 1/4 \times 3,14 \times (10,16^2 \times 6,35) \times 2,45 \times 0,96 \\ &= 1210,94 \text{ gr} \end{aligned}$$

3. BERAT ASPAL

$$\begin{aligned} &= Pb \times \text{Berat total} \Rightarrow (\text{gr}) \\ &= 5,78 : 100 \times 1210,94 \\ &= 69,99 \text{ gr} \end{aligned}$$

4. BERAT AGREGAT

$$\begin{aligned} &= \text{Berat total} - \text{Berat aspal} \Rightarrow (\text{gr}) \\ &= 1210,94 - 69,99 \\ &= 1140,95 \text{ gr} \end{aligned}$$

Tabel 4.7. Hasil pemeriksaan agregat halus

No	Pengujian	Hasil Penelitian	Spek	Satuan	Ket.
1	Analisa Saringan	-	-	-	
	Berat Jenis dan Penyerapan Air				
	a. Bj. Bulk	2,568	-	-	
2	b. Bj. SSD	2,613	Min.2,5	-	Memenuhi
	c. Bj. Apparent	2,689	-	-	
	d. Penyerapan Agregat	1,750	Maks.3	%	

Sumber: Hasil pengujian, Tahun 2019

Tabel 4.8 Hasil pemeriksaan kapur padam

No	Pengujian	Hasil Pengujian	Spek	Satuan	Ket.
1	Analisa Saringan	-	-	-	-
2	Berat Jenis	1,898	-	-	-

Sumber: Hasil pengujian, Tahun 2019

5. NILAI HITUNGAN VIM, VMA dan VFB.

$$\begin{aligned} A : \% \text{ Aspal terhadap batuan} &= 94,22\% \\ B : \% \text{ Aspal terhadap campuran} &= 5,78\% \\ C : \text{Berat kering (gram)} &= 1200 \\ D : \text{Berat dalam keadaan jenuh (gram)} &= 1210,94 \\ E : \text{Berat dalam air (gram)} &= 676 \\ F : \text{Volume benda uji} &= D - E \\ &= 1210,94 - 676,44 \\ &= 534,5 \text{ gr} \end{aligned}$$

G : Berat jenis padat (BJ Bulk) Campuran = Berat isi

$$\begin{aligned} \text{BJ Bulk} &= \frac{\text{Berat kering}}{\text{Vol.Benda uji}} \\ &= \frac{1200}{534,5} \\ &= 2,245 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

H : Berat Jenis Padat (BJ Bulk) Agregat Gabungan (Gsb) =

$$\begin{aligned} \text{BJ Bulk Agg} &= \frac{100}{\frac{\% \text{ Agregat kasar}}{\text{Bj Bulk Agregat}} + \frac{\% \text{ Agregat halus}}{\text{Bj Bulk Agg halus}} + \frac{\% \text{ Semen}}{\text{Bj semen}}} \\ &= \frac{100}{\frac{66,08}{2,65} + \frac{26,92}{2,53} + \frac{7}{3,15}} \\ &= 2,64 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

I : Berat Jenis Efektif Agregat Gabungan (Gse)

$$\begin{aligned} \text{BJ Eff Agg} &= \frac{100}{\frac{\% \text{ Agregat kasar}}{\text{Bj Bulk Agregat}} + \frac{\% \text{ Agregat halus}}{\text{Bj Bulk Agg halus}} + \frac{\% \text{ Abu batu}}{\text{Bj Abu batu}}} \\ &= \frac{100}{\frac{66,08}{2,65} + \frac{26,92}{2,62} + \frac{7}{3,15}} \\ &= 2,67 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

J : Berat Jenis Teori Maksimum Campuran (Gmm) =

$$\begin{aligned} \text{Bj Teori Max} &= \frac{100}{\frac{\% \text{ Agregat}}{\text{Bj Eff Agg}} + \frac{\% \text{ Aspal}}{\text{Bj Aspal}}} \\ &= \frac{100}{\frac{100-5,78}{2,67} + \frac{5,78}{1,0317}} \\ &= 2,445 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

K : Persen Rongga dalam Campuran (VIM)

$$\begin{aligned} \text{VIM} &= 100 - 100 \times \frac{\text{Berat Isi}}{\text{Bj Teori Max}} \\ &= 100 - 100 \times \frac{2,245}{2,445} \\ &= 8,17 \% \end{aligned}$$

L : Persen Rongga dalam Mineral Agregat (VMA)

$$\begin{aligned}
 VMA &= 100 - \frac{(100 - \% \text{ Aspal}) \times B_j \text{ Bulk}}{B_j \text{ Bulk Agregat}} \\
 &= 100 - \frac{(100 - 5.78) \times 2.245}{2.64} \\
 &= 19.877 \%
 \end{aligned}$$

M : Persen Rongga Terisi Batumen (VFB)

$$\begin{aligned}
 VFB &= 100 \times \frac{VMA - VIM}{VMA} \\
 &= 100 \times \frac{19.87 - 3.17}{19.87} \\
 &= 58.88 \%
 \end{aligned}$$

Nilai Lainnya Lihat Table. 4.12

4.2 DATA DAN PERHITUNGAN

Berikut ini merupakan pengolahan data uji karakteristik marshal yang disajikan menggunakan tabel seperti dibawah ini :

Tabel 4.9. Data tinggi dan diameter benda uji

Kadar Aspal (%)	Kadar Kapur padam (%)	Berat Aspal (gram)	Tinggi (cm)	Tinggi Rata rata (cm)	Diameter (cm)	Diameter Rata-rata (cm)	Volume
5.78	5	60	7,9	7,9	10,09	10,09	633,37
5.78	5	60	7,9		10,09		633,37
5.78	5	60	7,9		10,09		633,37
5.78	10	60	7,8	7,7	10,09	10,09	623,37
5.78	10	60	7,7		10,09		615,38
5.78	10	60	7,6		10,09		607,38
5.78	15	60	7,8	7,7	10,09	10,09	623,37
5.78	15	60	7,6		10,09		607,38
5.78	15	60	7,7		10,09		615,38

4.2.1 PERHITUNGAN MENENTUKAN BERAT ASPAL

a. Kadar Kapur Padam 5%

$$X1 = 1225 : 94.22\% = 1300,14$$

$$X2 = 1209 : 94.22\% = 1283,16$$

$$X3 = 1198 : 94.22\% = 1271,49$$

Benda uji dengan kadarkapur padam 5% & Aspal 5.78%

$$\text{Berat aspal } X1 = 1300,14 - 1225 = 75,14 \text{ gram}$$

$$\text{Berat aspal } X2 = 1283,16 - 1209 = 74,16 \text{ gram}$$

$$\text{Berat aspal } X3 = 1271,49 - 1198 = 73,49 \text{ gram}$$

b. Kadar Kapur Padam 10%

$$X1 = 1221 : 94.22\% = 1295,90$$

$$X2 = 1185 : 94.22\% = 1257,69$$

Kadar Aspal (%)	Kapur Padam (%)	Berat Kering (gram)	Berat Jenuh (ssd) (gram)	Berat Dlm air (gram)	Berat Isi
5.78	5	1205	1225	758	467
5.78	5	1209	1221	755	466
5.78	5	1198	1215	748	467
5.78	10	1221	1245	785	460
5.78	10	1185	1205	747	458
5.78	10	1208	1222	755	467
5.78	15	1217	1234	778	456
5.78	15	1201	1218	751	467
5.78	15	1205	1223	755	468

$$X3 = 1208 : 94.22\% = 1282,10$$

Benda uji dengan kadarkapur padam 10% & Aspal 5.78%

$$\text{Berat aspal } X1 = 1295,90 - 1221 = 74,90 \text{ gram}$$

$$\text{Berat aspal } X2 = 1257,69 - 1185 = 72,69 \text{ gram}$$

$$\text{Berat aspal } X3 = 1282,10 - 1208 = 74,10 \text{ gram}$$

c. Kadar Kapur Padam 15%

$$X1 = 1217 : 94.22\% = 1291,65$$

$$X2 = 1201 : 94.22\% = 1274,67$$

$$X3 = 1205 : 94.22\% = 1278,92$$

Benda uji dengan kadarkapur padam 15% & Aspal 5.78%

$$\text{Berat aspal } X1 = 1291,65 - 1217 = 74,65 \text{ gram}$$

$$\text{Berat aspal } X2 = 1274,67 - 1201 = 73,67 \text{ gram}$$

$$\text{Berat aspal } X3 = 1278,92 - 1205 = 73,92 \text{ gram}$$

4.2.2. KOMPOSISI KADAR KAPUR PADAM

Perhitungan berat kapur padam yang dibutuhkan pada 5% kapur dihitung sebagai berikut:

a. Pada 5 % Kapur padam:

$$\text{Kapur padam} = (80) \times (5/100) = 4,00 \text{ gram}$$

$$\text{Kapur setelah terkoreksi} = (4,00 \times 1,898) / 2,568 = 2.956 \text{ gram}$$

b. Pada 10% Kapur padam:

$$\text{Kapur padam} = (80) \times (10/100) = 8,00 \text{ gram}$$

$$\text{Kapur setelah terkoreksi} = (8,00 \times 1,898) / 2,568 = 5.912 \text{ gram}$$

c. Pada 15% Kapur padam:

$$\text{Kapur padam} = (80) \times (15/100) = 12,00 \text{ gram}$$

$$\text{Kapur setelah terkoreksi} = (12,00 \times 1,898) / 2,568 = 8.869 \text{ gram}$$

4.2.3. Komposisi campuran/mix design untuk menentukan kadar kapur padam .

Berdasarkan komposisi agregat yang diperoleh dibuat benda uji dengan variasi kandungan kapur padam yang di gunakan yaitu 5%, 10%, 15% dari total berat pencampuran. Tabel 4.11 memperlihatkan komposisi material dalam yang didapatkan dari proporsi agregat berdasarkan dari hasil analisa saringan pada pengabungan agregat yang dilakukan.

Tabel 4.11. Gradasi campuran

No	Uraian			satuan	kadar aspal 5,78 % dalam campuran kapur		
					Kapur 5%	Kapur 10%	Kapur 15%
A	berat aspal minyak			gr	74	74	74
B	Gradasi				Berat Agregat menurut ukuran saringan		
	Gabungan Agregat						
	Saringan	% Lolos	% Tertahan				
1	3/4"	100	0	Gr			
2	1/2"	91	9	Gr	106	106	106
3	3/8"	78	13	Gr	153	153	153
4	No.4	55	21	Gr	255	255	255
5	No.8	38	17	Gr	195	195	195
6	No.16	27	11	Gr	126	126	126
7	No.30	19	8	Gr	87	87	87
8	No.50	14	5	Gr	58	58	58
9	No.100	10	4	Gr	39	39	39
10	No.200	6	4	Gr	39	39	39
11	PAN	0	8	Gr	80	80	80
	Jumlah		100	Gr	1126	1126	1126
	Berat Benda Uji			Gr	1200	1200	1200

4.2.4. Hasil pengujian karakteristik Marshall

Pengujian dengan masing masing variasi kandungan kadar aspal minyak menggunakan pemadat *Marshall* dengan jumlah tumbukan 75 kali untuk masing-masing bidang. Parameter yang didapatkan yaitu stabilitas dan kelenturan atau kelelahan (*flow*) yang menunjukkan ukuran ketahanan suatu benda uji dalam menerima beban diperoleh dari hasil analisis terhadap pengujian *Marshall*. Selain itu, nilai volumetric yang terdiri ronggadi antara agregat (VMA), ronggaterisi aspal (VFB), dan rongga dalam campuran (VIM) juga merupakan karakteristik *Marshall*. Tabel 4.12. memperlihatkan hasil pengujian karakteristik Marshall.

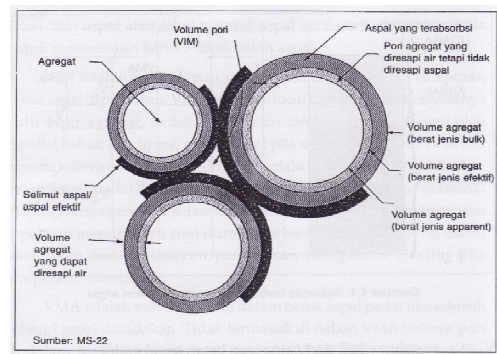
Tabel 4.12. Hasil pengujian karakteristik Marshall untuk seluruh parameter

no	Kadar Aspal %	Kadar Kapur padam %	VMA %	VIM %	VFB %	Stabilitas	Flow	QM
1	5.78%	5%	19.87	8.17	58.88	880	3,56	297
2	5.78%	10%	18,55	7.51	56.61	775	3,1	230
3	5.78%	15%	17.73	6.85	54.35	675	2,76	198
4	spesifikasi		15% <	3-5%	65% <	800 kg	2-4 mm	Min250

4.3. Hubungan Kadar Aspal Minyak dengan VIM (Void in Mix)

Rongga dalam campuran atau VIM dalam campuran perkerasan beraspal terdiri atas ruang dalam partikel agregat yang terselimuti aspal. VIM dinyatakan dalam persentase terhadap volume beton aspal padat. Pengertian tentang VIM dapat diilustrasikan seperti tampak pada Gambar 4.1 di bawah ini.

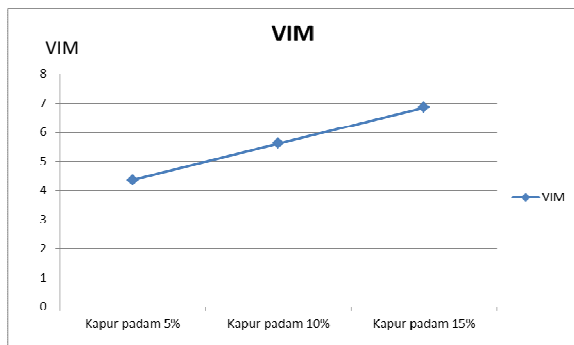
Gambar 4.1 Ilustrasi pengertian VIM



Berdasarkan hasil pengujian volumetrik, terlihat pada Grafik 4.9. hubungan antara kadar aspal minyak dengan nilai VIM. Nilai VIM yang dipersyaratkan oleh Spesifikasi Umum 2010, revisi 3 adalah sebesar 3% sampai dengan 5%.

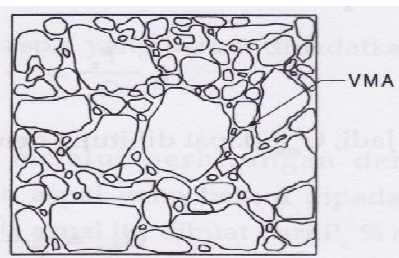
Terlihat pada kadar kapur padam 5%, 10%, dan 15% nilai VIM (Void in Mix) masing masing sebesar 8,17%, 7,51%, 6,85% berdasarkan nilai VIM yang diperoleh terlihat bahwa nilai VIM yang masuk spesifikasi 2010 revisi 3 adalah kadar 5% sedangkan kadar 10% dan 15% tidak memenuhi spesifikasi 2010, revisi 3.

Grafik 4.1 Hubungan antara kadar batu kapur padam dengan nilai VIM



4.4 Hubungan Kadar Aspal Minyak dengan VMA (Void Mineral Aggregate)

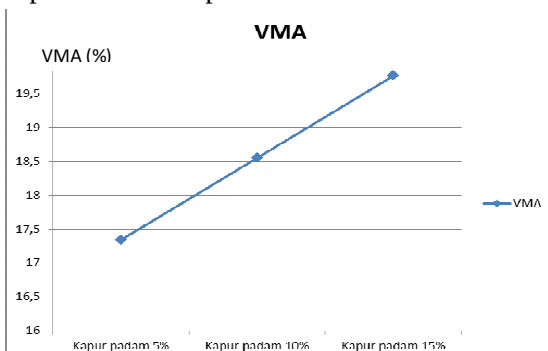
Rongga diantara mineral agregat (VMA) adalah celah rongga diantara agregat pada perkerasan beraspal, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif (bukan volume aspal yang diserap agregat) yang dapat dilihat pada Gambar 4.1. VMA dihitung berdasarkan $BJ_{Bulk}(G_{sb})$ agregat dapat dinyatakan sebagai persen volume *Bulk* campuran yang sudah dipadatkan.



Gambar 4.2 Ilustrasi pengertian VMA

Spesifikasi umum 2010 Revisi 3 Divisi 6 tentang Perkerasan Aspal mensyaratkan bahwa nilai VMA dalam campuran beraspal adalah minimal 15%. Grafik 4.2 memperlihatkan hubungan antara kadar kandungan kapur padam terhadap nilai VMA, dimana nilai VMA pada kadar kapur padam 5%, 10%, 15% adalah 19,87%, 18,55% dan 17,73%. Dengan hasil seperti diatas dapat disimpulkan bahwa kadarkapur padam yang digunakan memenuhi spesifikasi yang telah di syaratkan oleh spesifikasi umum 2010, revisi 3, divisi 6 tentang perkerasan aspal.

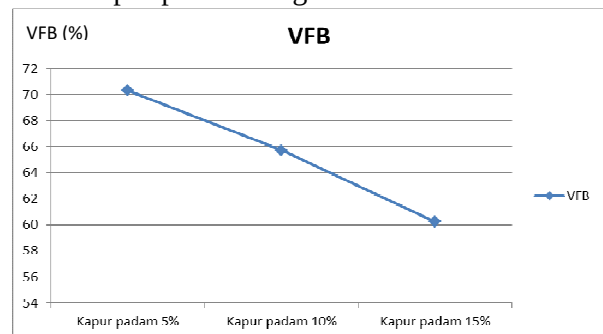
Grafik 4.2 Hubungan antara kadarkapur padam terhadap nilai VMA



4.5. Hubungan Kadar Aspal Minyak dengan VFB (Void Filled Bitumen)

Grafik 4.3 memperlihatkan hubungan kandungan kadar kapur padam dengan nilai VFB. Berdasarkan Spesifikasi umum 2010, Revisi 3, Divisi 6 tentang Perkerasan Aspal, persyaratan VFB dalam campuran beraspal adalah minimal 65%. Hasil pengujian volumetrik campuran beraspal menggunakan kapur padam sebagai agregat dan aspal minyak sebagai bahan pengikat berupa parameter VFB memperlihatkan nilai sebesar 58,88%, 56,61%, 54,35% oleh karena itu, semua kapur padam memenuhi spesifikasi umum 2010, revisi 3 divisi 6 tentang perkerasan aspal kecuali kadar kapur padam 15%.

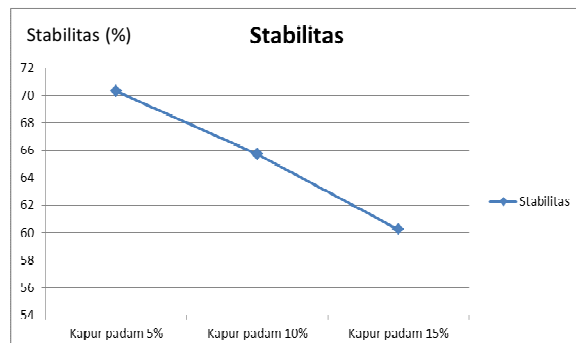
Grafik 4.3 Hubungan kandungan kadarkapur padam dengan nilai VFB



4.6. Hubungan Kadar Aspal Minyak dengan Stabilitas

Berdasarkan hasil pengujian *Marshall*, hubungan antara kadar kapur padam dengan nilai stabilitas ditunjukkan dengan Grafik 4.4. Hasil pengujian memperlihatkan ketika kandungan kapur padam menurun maka nilai stabilitas juga menurun hingga mencapai nilai minimum

Grafik 4.4. Hubungan antara kadarkapur padam terhadap stabilitas

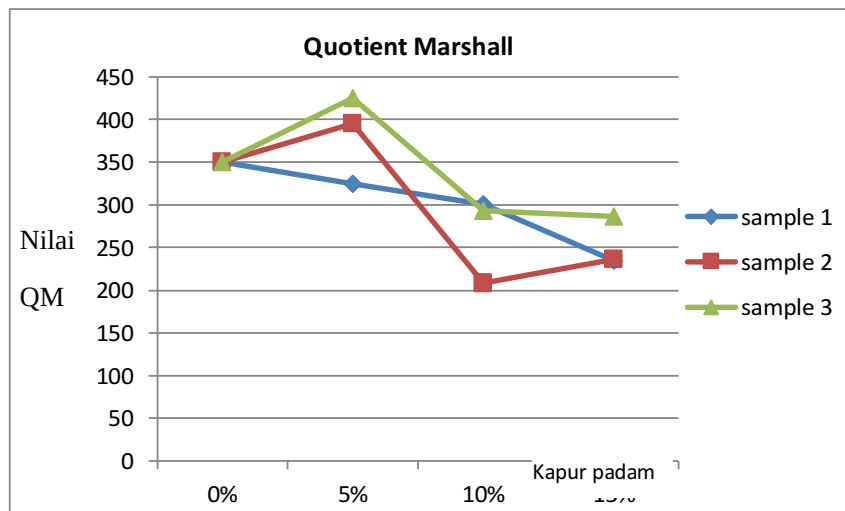


Berdasarkan grafik diatas nilai stabilitas didapat belum dikatakan memenuhi spesifikasi yang telah ditetapkan oleh 2010, revisi 3 binamarga yaitu sebesar ≥ 800 kg. nilai stabilitas terendah diperoleh pada campuran kapur padam 15% yaitu 675 kg dan nilai stabilitas tertinggi terdapat pada campuran kapur padam 5% yaitu sebesar 880 kg. dengan ini dapat disimpulkan

bahwa kapur padam yang optimum berkisar diantara 1-3%.

4.7 Kadar kapur padam optimum dengan menggunakan Quotient Marshall

Pada grafik dibawah ini dapat dilihat berapa kadar optimum kapur padam apabila digunakan untuk campuran aspal beton



Grafik 4.5. Quotient Marshall Kapur padam