

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

^{1*} Candra Yulianto, ² Yosef Cahyo, ³ Ahmad Ridwan, ⁴Agata Iwan Candra
Fakultas Teknik Universitas Kediri

email: ^{1*} cacangyuli@gmail.com, ² yosef.cs@unik-kediri.ac.id, ³ ahmad_ridwan@unik-kediri.ac.id, ⁴ iwan_candra@unik-kediri.ac.id

Abstract

In the construction of highways, people generally often use concrete asphalt as material for road construction. Asphalt concrete mix (Hotmix) usage in Indonesia from year to year is higher. The coefficient of production of asphalt concrete (hotmix) can be made from locally available materials and has good weather resistance. The purpose of this study is how to influence the addition of extinguished lime to the mixture on asphalt concrete (hotmix) and Know what percentage of the extinguished lime mixture to reach the optimum point of asphalt concrete. From the calculation results it can be concluded from the addition of 5%, 10%, and 15% in the stability value of 778 Kg, 645 Kg, 534 Kg; VIM of 8.17%, 7.51% and 6.85%; VMA of 19.87%, 18.55% and 17.73%; VFB of 58.88%, 56.61% and 54.35%; MQ of 297 Kg / mm, 230 Kg / mm, and 198 Kg / mm.

Keywords : Concrete Asphalt, Hydrated Lime, Marshall Test, Filler

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. Koefisien 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 dapat disimpulkan dari penambahan 5%, 10%, dan 15% pada Nilai stabilitas sebesar 778 Kg, 645 Kg, 534 Kg; VIM sebesar 8.17%, 7.51%, dan 6.85%; VMA sebesar 19.87 %, 18.55 %, dan 17.73 %; VFB sebesar 58.88%, 56.61%, dan 54.35%; MQ sebesar 297 Kg/mm, 230 Kg/mm, dan 198 Kg/mm.

Kata Kunci : Aspal Beton, Kapur Padam, Marshall Test, Filler

1. 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[1][2][3]. 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 [4][5]. Kekuatan utama aspal beton ada pada agregat yang saling mengunci dan sedikit pada pasir/ *filler*/ bitumen sebagai mortar[6][7]. 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)[8][9][10]. 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[11][12]. Kebanyakan bahan pengisi, maka campuran akan sangat kaku dan mudah retak selain itu memerlukan aspal yang banyak untuk memenuhi *workability*[13][14]. Sebaliknya jika kekurangan bahan pengisi campuran menjadi sangat lentur dan mudah terdeformasi oleh roda kendaraan sehingga menghasilkan jalan yang bergelombang[15][16][17]. Pada penelitian ini bahan pengisi dibatasi antara 2% hingga 8% dari berat total campuran aspal beton[18][19][20].

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 *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 Kediri, 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[21][22].

2. Penentuan Suhu Pencampuran dan Pematatan

2.2 *Persiapan JMF (Job Mix Formula)*

Dalam penelitian kali ini menggunakan JMF (Job Mix Formula) yang sudah ada[23].

Tabel 1. Proporsi Campuran Agregat Pada Laston /AC-(L).

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

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

Tabel 2. Penyesuaian Proporsi Campuran Laston/AC-(L)

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

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

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 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 tabel 3.

3.1.1 Gradasi agregat beton aspal

Gradasi agregat adalah susunan butir agregat sesuai ukurannya. Ukuran butir dapat diperoleh melalui pemeriksaan analisa saringan. Gradasi agregat dinyatakan dalam presentase lolos atau tertahan, yang dihitung berdasarkan berat agregat.

Tabel 3. 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

Sumber: Pedoman SNI Perkerasan Jalan Raya

Tabel 4. 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
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 5. 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 6. Uji Karakteristik Marshall

Gradasi	Campuran	Tertahan				
	Lolos	(%)				
Saringan	(%)	(%)				
3/4"	100,00	0,00				0,00 Gr
1/2"	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

Sumber: Pedoman SNI Perkerasan Jalan Raya

3.1.2 Hasil pengujian karakteristik

A. 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 rongga di antara agregat(VMA), rongga terisi aspal (VFB), dan rongga dalam campuran (VIM) juga merupakan karakteristik *Marshall*. Tabel 7. memperlihatkan hasil pengujian karakteristik *Marshall*.

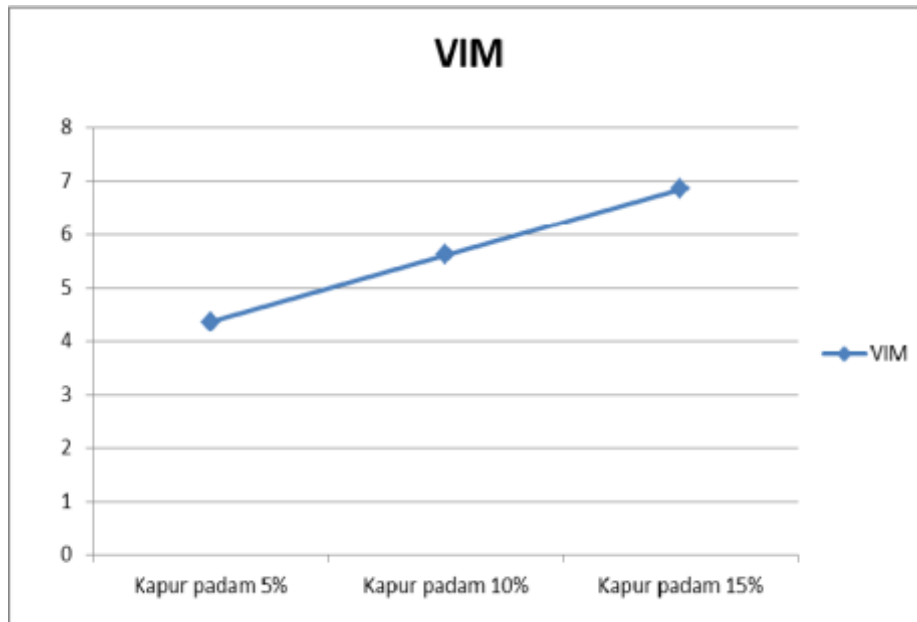
Tabel 7. Hasil pengujian karakteristik *Marshall* untuk seluruh parameter

no	Kadar Aspal %	Kadar Kapur padam %	VMA %	VIM %	VFB %	Stabilitas	Flow	MQ
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

Sumber: Pengolahan Data Uji Laboratorium

B. Hubungan Kadar Aspal Minyak Dengan VIM (*Void In Mix*)

Rongga udara dalam campuran atau VIM dalam campuran perkerasan beraspal terdiri atas ruang udara diantara partikel agregat yang terselimuti aspal. VIM dinyatakan dalam persentase terhadap volume beton aspal padat. Berdasarkan hasil pengujian volumetrik, terlihat pada Grafik 1. 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.

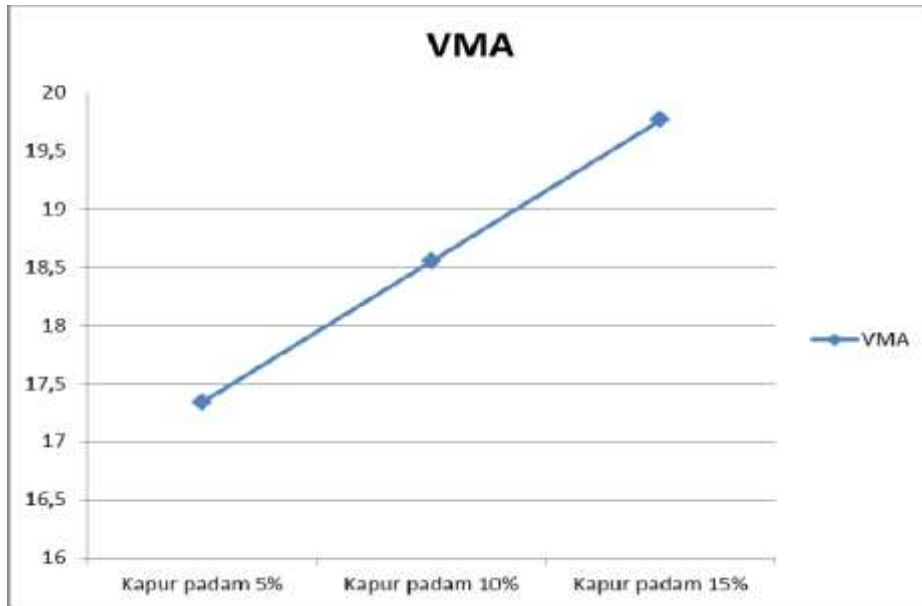


Grafik 1. Hubungan Antara Kadar Batu Kapur Padam Dengan Nilai VIM

Sumber : Analisa Perhitungan

C. 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). VMA dihitung berdasarkan $BJ_{Bulk}(Gsb)$ agregat dapat dinyatakan sebagai persen volume Bulk campuran yang sudah dipadatkan. Spesifikasi umum 2010 Revisi 3 Divisi 6 tentang Perkerasan Aspal mensyaratkan bahwa nilai VMA dalam campuran beraspal adalah minimal 15%. Grafik 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 syartkan oleh spesifikasi umum 2010, revisi 3, divisi 6 tentang perkerasan aspal.

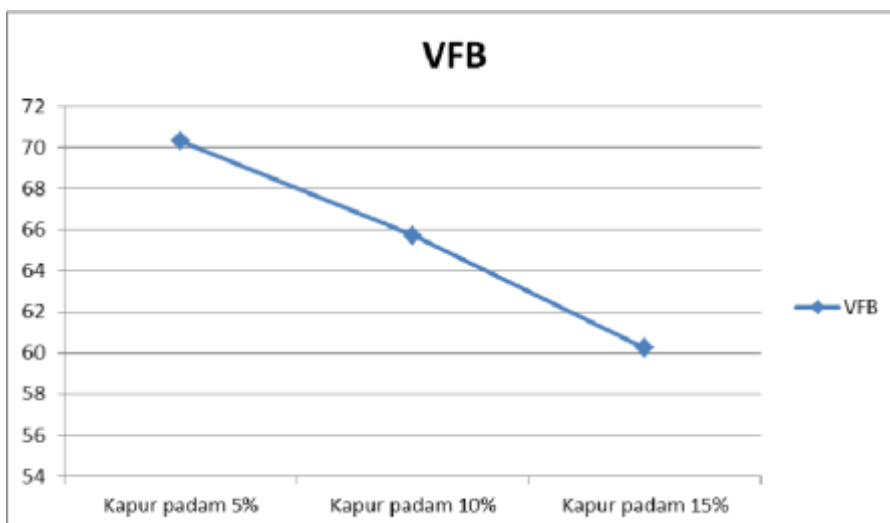


Grafik 2. Hubungan Antara Kadar Kapur Padam Terhadap Nilai VMA

Sumber : Analisa Perhitungan

D. Hubungan Kadar Aspal Minyak Dengan VFB (Void Filled Bitumen)

Grafik 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%.

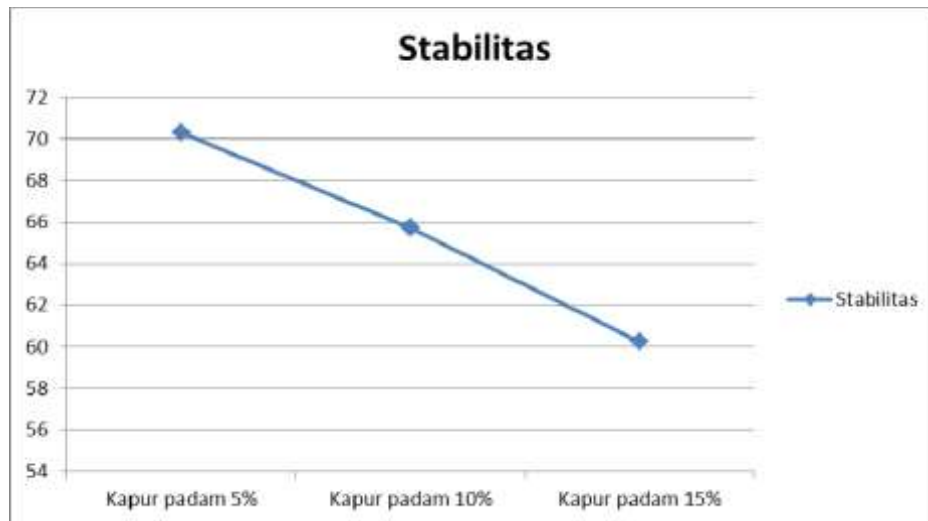


Grafik 3. Hubungan Kandungan Kadar Kapur Padam Dengan Nilai VFB

Sumber : Analisa Perhitungan

E. Hubungan Kadar Aspal Minyak dengan Stabilitas

Berdasarkan hasil pengujian Marshall, hubungan antara kadar kapur padam dengan nilai stabilitas ditunjukkan dengan Grafik 4. Hasil pengujian memperlihatkan ketika kandungan kapur padam menurun maka nilai stabilitas juga menurun hingga mencapai nilai minimum



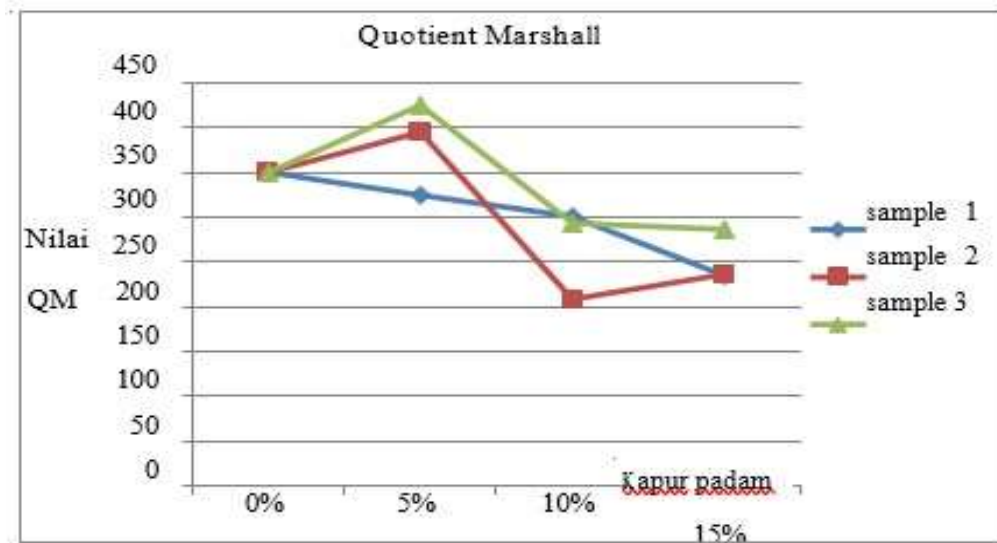
Grafik 4. Hubungan Antara Kadar Kapur Padam Terhadap Stabilitas

Sumber : Analisa Perhitungan

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%.

F. 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 5. Quotient Marshall Kapur Padam

Sumber : Analisa Perhitungan

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Dari hasil perhitungan, 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.

4.2 Saran

Saran yang bisa diberikan penulis adalah perlu adanya perhatian lebih lagi dari pemerintah setempat untuk memaksimalkan sumberdaya terbaharuan yang ada didaerahnya, sehingga bisa mengurangi penggunaan bahan dari luar daerah.

UCAPAN TERIMAKASIH

Dalam penyusunan artikel ini, penulis ucapkan terimakasih kepada dosen pembimbing dan Universitas Kadiri. Penulis berharap agar artikel ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. S. T. A. Sta, D. Satriawan, and E. Rita, "LENTUR DI RUAS JALAN LUBUK SELASIH – SURIAN KABUPATEN THE MAIN ROAD GEOMETRY PLAN AND FLEXIBLE AT SPACE BETWEEN LUBUK SELASIH – SURIAN SOLOK REGENCY (STA 23 +," 2013.
- [2] B. C. Fambella, R. Sulaksitaningrum, M. Z. Arifin, and H. Bowoputro, "Evaluasi dan Perencanaan Geometrik Jaringan Jalan di Dalam Universitas Brawijaya Malang," *J. Mhs. Jur. Tek. Sipil*, vol. 1, no. 3, p. pp-1146, 2015.
- [3] E. Gardjito, A. I. Candra, and Y. Cahyo, "Pengaruh Penambahan Batu Karang Sebagai Substitusi Agregat Halus Dalam Pembuatan Paving Block," *UKaRsT*, vol. 2, no. 1, p. 35, 2018, doi: 10.30737/ukarst.v2i1.374.
- [4] S. Silvia, "Dasar-dasar Perencanaan Geometrik Jalan," *Penerbit Nova. Bandung*, 1994.
- [5] A. R. Fauzi, A. D. Limantara, and Y. Cahyo, "PEMANFAATAN LIMBAH HASIL PEMBUATAN ANYAMAN BERBAHAN BAMBU SEBAGAI CAMPURAN STANDARD MIXDESIGN PAVING BLOCK," *Jurmateks*, vol. 1, no. 1, pp. 137–147, 2018.
- [6] B. Marga, "Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota," *Direktorat Pembina. Jalan Kota. Jakarta*, 1997.
- [7] D. P. U. SKBI–2.3. 26. 1987, UDC: 625.73 (02), "Petunjuk Perencanaan Komponen Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya Dengan Metode Analisa Jalan," *Peratur. Perenc. Geom. Jalan Raya*, no. 13, 1970.
- [8] D. Pribadi, M. J. Paransa, T. K. Sendow, and L. J. Undap, "Tinjauan geometrik jalan pada ruas Jalan Airmadidi-Tondano menggunakan alat bantu GPS," *J. Sipil Statik*, vol. 1, no. 7, 2013.
- [9] D. D. B. Marga, "Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota," *Dirjen DPU Bina Marga*, 1997.
- [10] Pusjata - Balitbang PU, "Metode Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Airagregat Kasar," *Sni 03-1969-1990*, pp. 2–5, 1990.
- [11] D. P. Umum, "SNI 03-1969-1990," *Metod. Penguji. Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agreg. Kasar*, 1990.
- [12] V. Ayan, M. C. Limbachiya, J. R. Omer, and S. M. N. Azadani, "Compaction assessment of recycled aggregates for use in unbound subbase application," *J. Civ. Eng. Manag.*, vol. 20, no. 2, pp. 169–174, 2014, doi: 10.3846/13923730.2013.801882.
- [13] G. Sugiyanto, "Marshall test characteristics of asphalt concrete mixture with scrapped tire rubber as a fine aggregate," *J. Teknol.*, vol. 79, no. 2, pp. 55–64, 2017, doi:

10.11113/jt.v79.6965.

- [14] Departemen Pekerjaan Umum, “Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya Dengan Metode Analisa Komponen,” 1987.
- [15] R. Ananda and D. P. Retno, “Evaluasi Perencanaan Geometrik Pada Ruas Jalan Lubuk Sakat–Teluk Petai Pada km 2–km 4, 8 Kabupaten Kampar,” *J. Saintis*, vol. 14, no. 2, pp. 54–65, 2014.
- [16] S. L. Hendarsin, “Perencanaan Teknik Jalan raya,” *Politek. Negeri Bandung*, 2000.
- [17] A. Badrujaman, “Perencanaan Geometrik Jalan dan Anggaran Biaya Ruas Jalan Cempaka–Wanaraja Kecamatan Garut Kota,” *J. Konstr.*, vol. 14, no. 1, 2016.
- [18] J. McNulty, “PEMANFAATAN LIMBAH BETON SEBAGAI PENGGANTI AGREGAT KASAR PADA CAMPURAN ASPHALT CONCRETE-WEARING COURSE GRADASI KASAR Arys,” vol. 66, no. 1997, pp. 37–39, 2013.
- [19] A. F. Setya Budi, F. N. Liem, and K. Alokabel, “STUDI KOMPARASI PENGARUH VARIASI PENGGUNAAN NILAI KONSTANTA ASPAL RENCANA TERHADAP NILAI STABILITAS PADA CAMPURAN ASPAL BETON (HRS-WC) TERHADAP KARAKTERISTIK UJI MARSHALL,” *JUTEKS - J. Tek. Sipil*, 2017, doi: 10.32511/juteks.v2i1.124.
- [20] R. T. Bethary and M. F. Pradana, “PERENCANAAN GEOMETRIK JALAN ALTERNATIF PALIMA-CURUG ((Studi Kasus: Kota Serang),” *J. Fondasi*, vol. 5, no. 2, 2016.
- [21] Dinas Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, *Manual Perkerasan Jalan Dengan Alat Benkelmen Beam No. 01/MN/BM/83*. Jakarta: Yayasan Badan Penerbit PU, 1983.
- [22] Departemen Pekerjaan Umum, *Metode AASTHO 1972*. Jakarta: Yayasan Badan Penerbit PU, 1972.
- [23] H. Fithra, “PENGARUH JUMLAH TUMBUKAN PADA CAMPURAN ASPHALT CONCRETE WEARING COURSE (AC-WC) TAMBAHAN LATEKS TERHADAP SIFAT MARSHALL,” *Teras J.*, 2017.