

PEMANFAATAN LIMBAH PECAHAN BATU MARMER SEBAGAI PENGANTI AGREGAT 10/10 PADA CAMPURAN AC- WC (ASPHALT CONCRETE – WEARING COURSE) TERHADAP NILAI KARAKTERISTIK MARSHALL

Gilang Trianugrah S.¹, Bambang Wedyantadji², Togi H. Nainggolan³

¹⁾ Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil S-1 ITN Malang

²⁾³⁾ Dosen Program Studi Teknik Sipil S-1 ITN Malang

Email : 1621150.gilangtrianugrahsukoco@gmail.com

ABSTRAK

Keterbatasan material batu kali untuk campuran perkerasan lama kelamaan akan mengalami pengurangan. Dalam penelitian ini mengambil alternatif pemanfaatan limbah batu marmer sebagai pengganti agregat 10/10 pada campuran AC-WC. Di Kabupaten Tulungagung khususnya Desa Gamping Rejo mempunyai limbah batu marmer dari hasil pengolahan kerajinan yang hanya digunakan sebagai timbunan jalan berlubang dan kurang bernilai secara ekonomis. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh limbah batu marmer sebagai pengganti agregat 10/10 ditinjau dari nilai karakteristik *Marshall* dan juga kelayakan dari limbah batu marmer. Kemudian melakukan pembuatan benda uji berjumlah 45 buah dilanjutkan dengan pengujian menggunakan metode *Marshall Test* di laboratorium bahan konstruksi Teknik Sipil Institut Teknologi Nasional Malang. Dari hasil pengujian *Marshall* sebelum dan sesudah menggunakan batu marmer didapatkan nilai Kadar Aspal Optimum sebesar (5,80%) dan (5,81%). Untuk kadar limbah pecahan batu marmer yang baik didapatkan pada variasi 25% dengan nilai karakteristik *Marshall* : Stabilitas (973,63 Kg), *Flow* (3,00 mm), *VIM* (3,99%), *VMA* (16,88%), *VFA* (76,36%), *MQ* (328,19 Kg/mm). Berdasarkan hasil pengujian batu marmer layak digunakan sebagai pengganti agregat 10/10 pada lapis AC-WC dengan nilai : *Flakiness* (20,04 %), *Impact* (12,98 %), *Abrasi* (27,26 %), *Berat jenis* (2,58), *Penyerapan* (1,43 %).

Kata kunci : AC-WC (*Asphalt Concrete – Wearing Course*), Aspal Beton (*Laston*), Nilai Karakteristik *Marshall*, Kadar Marmer.

ABSTRACT

The limitation of river stone material for the pavement mixture will gradually decrease. In this study, an alternative use of marble stone waste as a substitute for the 10/10 aggregate in the AC-WC mixture. In Tulungagung Regency, especially Gamping Rejo Village, there are marble stone waste from handicraft processing which is only used as piles of potholes and less economically valuable. This study aims to determine the effect of marble stone waste as a substitute for aggregate 10/10 in terms of the Marshall characteristic value and also the feasibility of marble stone waste. Then make 45 test objects, followed by testing using the Marshall Test method in the construction materials laboratory of Civil Engineering, National Institute of Technology Malang. From the Marshall test results before and after using marble stone, the optimal asphalt content values were obtained (5.80%) and (5.81%). For good levels of waste marble stone fragments obtained at a variation of 25% with Marshall characteristic values: Stability (973.63 Kg), Flow (3.00 mm), VIM (3.99%), VMA (16.88%), VFA (76.36%), MQ (328.19 Kg / mm). Based on the test results, marble is suitable for use as a substitute for 10/10 aggregate on the AC-WC layer with the following values: Flakiness (20.04%), Impact (12.98%), Abrasion (27.26%), Density (2, 58), Absorption (1.43%).

Keywords : AC-WC (*Asphalt Concrete – Wearing Course*), Asphalt Concrete (*Laston*), Marshall Characteristics, Marble Content.

PENDAHULUAN

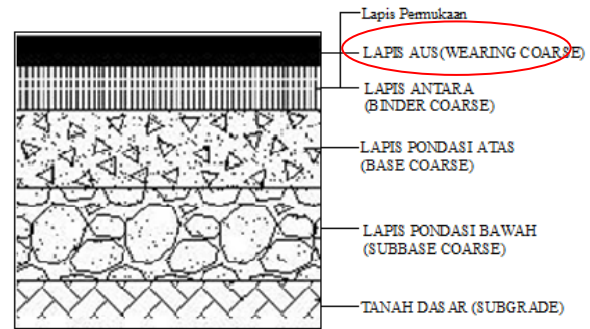
Aspal beton sebagai bahan konstruksi perkerasan jalan sudah lama dikenal dan digunakan secara luas dalam pembuatan jalan raya, aspal beton sendiri terdiri dari campuran agregat, bahan pengisi (filler) dengan aspal sebagai bahan pengikat, dimana dalam penggunaan dilapangan masih sering menggunakan batu kali / alami. Keterbatasan material batu kali untuk campuran perkerasan lama kelamaan akan mengalami pengurangan. Dalam penelitian ini mengambil alternatif pemanfaatan limbah batu marmer sebagai pengganti agregat 10/10 pada campuran AC-WC dengan pesentase limbah marmer 25%, 50%, 75% dan 100%, dimana limbah marmer dari Desa Gamping Kecamatan Campurdarat Kabupaten Tulungagung hanya digunakan sebagai timbunan jalan berlubang dan kurang bernilai secara ekonomis.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai kadar aspal optimum sebelum dan sesudah penggunaan batu marmer, lalu nilai kadar optimum batu marmer yang baik dilihat dari uji marshall dan untuk mengetahui pengaruh limbah batu marmer pada campuran laston. Jenis perkerasan aspal yang digunakan adalah *Asphalt Concrete – Wearing Course (AC-WC)* yang merupakan lapisan permukaan jalan.

LANDASAN TEORI

Dilihat dari penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Muhammad Reza Hamdani, 2015, “Studi Pemanfaatan Limbah Marmer Sebagai Agregat Kasar Campuran Aspal Berpori”, disimpulkan bahwa campuran aspal porus dengan limbah batu marmer sebagai agregat kasar memiliki pengaruh kualitas campuran terhadap karakteristik *marshall* dan kadar aspal optimum.

AC-WC ialah lapisan permukaan perkerasan jalan yang berfungsi sebagai lapis aus atau menerima beban lalu lintas dan menyebarkan kelapisan dibawahnya berupa muatan kendaraan (gaya vertikal), gaya rem (gaya horizontal) dan pukulan kendaraan (getaran), selain itu AC-WC dirancang sebagai lapisan permukaan yang kedap air dan nilai stabilitas yang tinggi dengan ketebalan minimum 4 cm.



Gambar 1 Lapis Perkerasan

Tabel 1 Persyaratan sifat campuran untuk *Asphalt Concrete – Wearing*

Sifat Campuran		Spesifikasi
		AC
Kadar Aspal Efektif	Min	—
Kadar Penyerapan Aspal	Max	1,7
Kadar Aspal Total (% terhadap berat total)	Min	6
Kadar Rongga Udara Dari Campuran Padat (% terhadap volume total campuran)	Min	3
	Max	5
Rongga Diantara Mineral Agregat (VMA) (%)	Min	15
Rongga Terisi Aspal (VFA) (%)	Min	65
Stabilitas <i>Marshall</i> (SNI-06-2489-1991)	Min	800
Pelelehan (<i>Flow</i>) mm	Min	2
	Max	4
<i>Marshall Quotient</i> (SNI-06-2489-1991) (kg/mm)	Min	—

(Sumber Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga 2018)

Course (AC-WC)

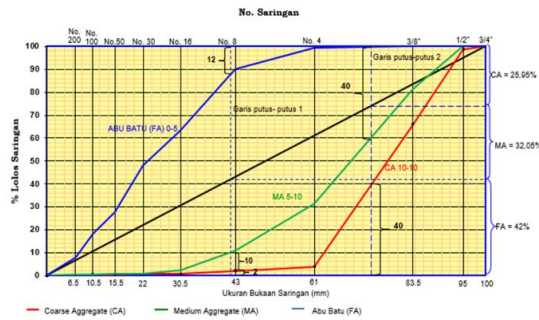
Sumber : Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga 2018

Tabel 2 Gradasi Agregat untuk Campuran Aspal

Ukuran Ayakan	(mm)	% Berat Yang Lolos terhadap Total Agregat							
		Stone Matrix Asphalt (SMA)			Laston (HRS)		Laston (AC)		
		Tipis	Halus	Kasar	WC	Base	WC	BC	Base
1 1/2"	37.5								100
1"	25			100				100	90 - 100
3/4"	19		100	90 - 100	100	100	100	90 - 100	76 - 90
3/8"	12.5	100	90 - 100	50 - 88	90 - 100	90 - 100	90 - 100	75 - 90	60 - 78
3/16"	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 Prov. Jatim 2018.

METODE PENELITIAN



Penelitian ini berupa pengamatan dan pemeriksaan perbandingan nilai karakteristik campuran AC-WC sebelum dan sesudah menggunakan limbah batu marmer sebagai pengganti agregat 10/10. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Institut Teknologi Nasional Malang. Berikut rancangan beda uji dapat dilihat pada tabel 3 berikut :

Tabel 3 Rencana Pembuatan Benda Uji

Pengujian	Variasi Kadar Aspal (%)						Jumlah Sampel
	P-1	P-0,5	P	P+0,5	P+1	P+1,5	
Penentuan Kadar Aspal Optimum (100% Batu Alami)	3	3	3	3	3	3	18
Pengujian	Variasi Kadar Aspal (%)						Jumlah Sampel
	P-1	P-0,5	P	P+0,5	P+1	P+1,5	
Penentuan Kadar Aspal Optimum (100% Batu Marmer)	3	3	3	3	3	3	18
Pengujian	Variasi Kadar Limbah Marmer (%)						Jumlah Sampel
	25%	50%	75%				
Pengujian Marshall untuk Beberapa Variasi Kadar Agregat Batu Marmer	3	3	3				9
Total Jumlah Sampel							45

Bahan-Bahan Material

Bahan-bahan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah :

1. Menggunakan aspal Pertamina penetrasi 60/70.
2. Agregat 10/10, agregat 5/10, dan agregat 0/5 diambil dari AMP PT SRIWIJAYA 87, di Kabupaten Malang, Provinsi Jawa Timur.
3. Limbah batu marmer diambil dari Desa Campur Darat, Tulungagung, Jawa Timur.
4. Filler menggunakan semen gresik.

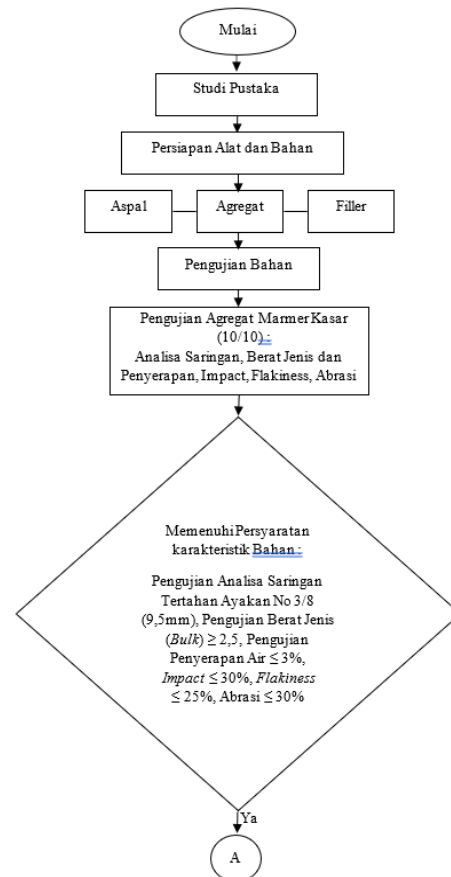
Perhitungan Persentase Agregat dengan Metode Grafis

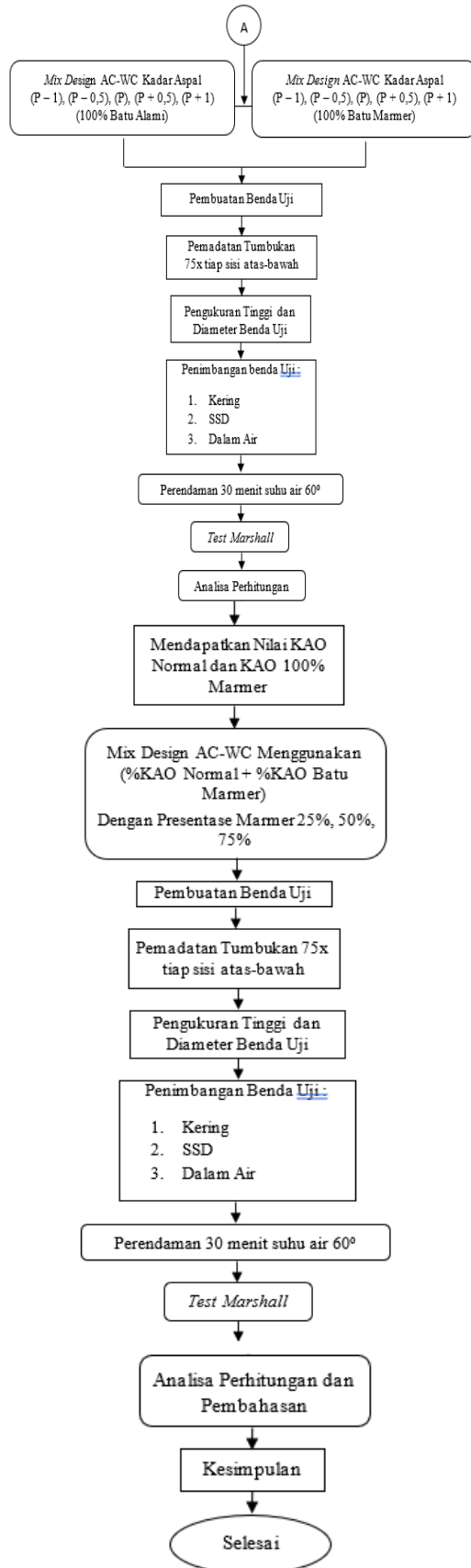
Untuk mencapai resep komposisi campuran dengan melakukan penggabungan material agregat 10/10, agregat 5/10, agregat 0/5 agar menjadi suatu campuran yang homogen dan mempunyai susunan butir yang kita harapkan atau sesuai standar spesifikasi yang disyaratkan maka dilakukan dengan menggunakan metode grafis diagonal seperti pada grafik dibawah ini :

Gambar 1. Grafik Diagonal Komposisi Keterangan :

- Garis putus – putus biru vertikal 1 : $FA (0/5) = MA (5/10) + CA (10/10)$
- Garis putus – putus biru vertikal 2 : $MA (5/10) = CA (10/10)$

Diagram Alir Penelitian





PEMBAHASAN

Pengujian Aspal dan Agregat

Tabel 4 Hasil Pengujian Agregat Batu Kali

No.	Pengujian	Hasil	Spesifikasi Umum Bina Marga 2018	Keterangan
1	Berat Isi Agregat 10/10	1,43 gr/cm ³		
		1,48 gr/cm ³		
		1,49 gr/cm ³		
2	Berat Isi Agregat 5/10	1,34 gr/cm ³		
		1,42 gr/cm ³		
		1,43 gr/cm ³		
3	Berat Isi Agregat 0/5	1,64 gr/cm ³		
		1,72 gr/cm ³		
		1,74 gr/cm ³		
4	Selang Angka Angularitas Kasar	2,27	Min 95/90	Memenuhi
5	Berat Jenis Agregat 10/10	2,65	Min. 2,5	Memenuhi
	Penyerapan Agregat 10/10	2,15 %	Maks. 3%	Memenuhi
6	Berat Jenis Agregat 5/10	2,60	Min. 2,5	Memenuhi
	Penyerapan Agregat 5/10	2,65 %	Maks. 3%	Memenuhi
7	Berat Jenis Agregat 0/5	2,70	Min. 2,5	Memenuhi
	Penyerapan Agregat 0/5	2,32 %	Maks. 3%	Memenuhi
8	Flakiness Kasar	19,90 %	Maks 25%	Memenuhi
9	Impact Value	9,39 %	Maks. 30%	Memenuhi
10	Keausan Agregat Kasar	23,72 %	Maks. 40%	Memenuhi

Tabel 5 Hasil Pengujian Agregat Batu Marmer

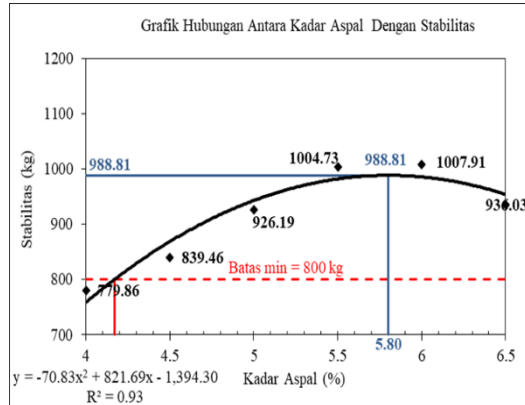
No.	Pengujian	Hasil	Spesifikasi Umum Bina Marga 2018	Keterangan
1	Berat Isi Agregat 10/10	1,32 gr/cm ³		
		1,39 gr/cm ³		
		1,38 gr/cm ³		
2	Berat Jenis Agregat 10/10	2,58	Min. 2,5	Memenuhi
	Penyerapan Agregat 10/10	1,43 %	Maks. 3%	Memenuhi
3	Flakiness Kasar	20,04 %	Maks 25%	Memenuhi
4	Impact Value	12,98 %	Maks. 30%	Memenuhi
5	Keausan Agregat Kasar	27,26 %	Maks. 30%	Memenuhi

Dari hasil pengujian agregat batu kali yang diambil dari AMP PT. Sriwijaya 87 serta limbah batu marmer dari desa Gamping Rejo Kab. Tulungagung layak digunakan sebagai campuran perkerasan jalan karena telah memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018.

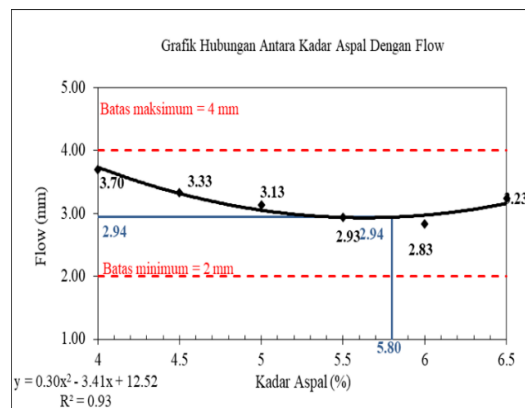
Hasil Pengujian Interval Kepercayaan

Dari data – data yang diperoleh setelah melakukan penelitian, selanjutnya diuji dengan menggunakan metode Interval Kepercayaan, dengan harapan data – data tersebut bisa mendekati angka valid

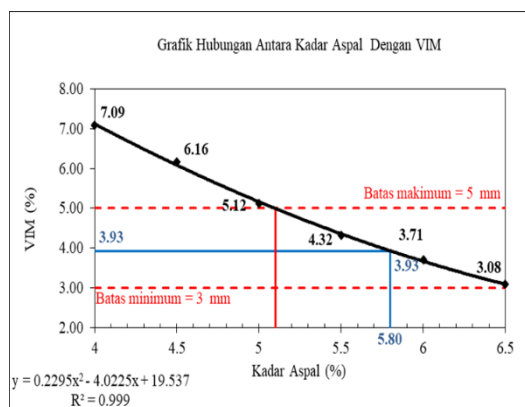
(95%). Hal ini berarti bahwa angka toleransi kesalahan yang diijinkan hanya sebesar 5%, sedangkan 95% adalah data – data yang valid.



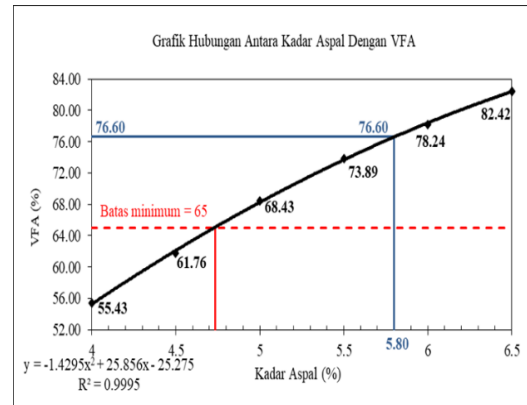
Gambar 1. Hubungan Kadar Aspal Dengan Stabilitas Dengan Agregat Alami



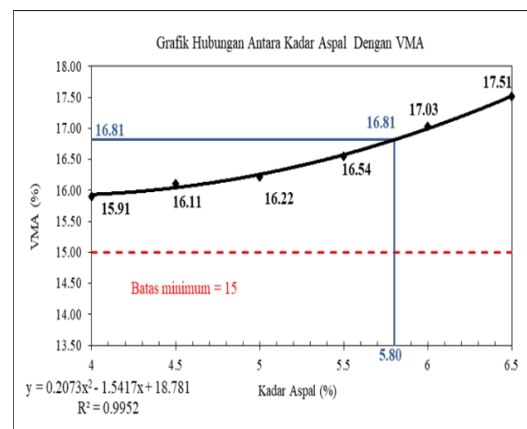
Gambar 2. Hubungan Kadar Aspal Dengan Flow Dengan Agregat Alami.



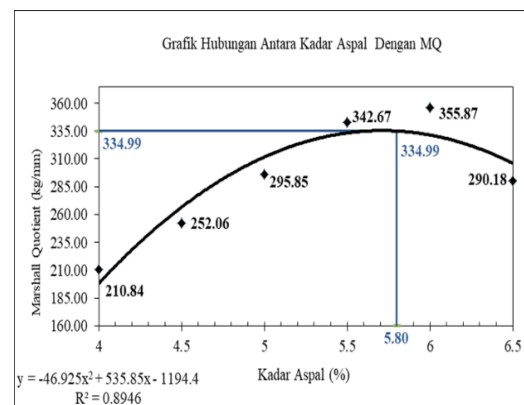
Gambar 3. Hubungan Kadar Aspal Dengan VIM Dengan Agregat Alami.



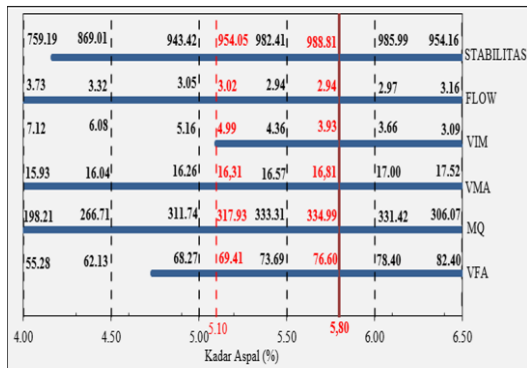
Gambar 4. Hubungan Kadar Aspal Dengan VMA Dengan Agregat Alami.



Gambar 5. Hubungan Kadar Aspal Dengan VFA Dengan Agregat Alami.

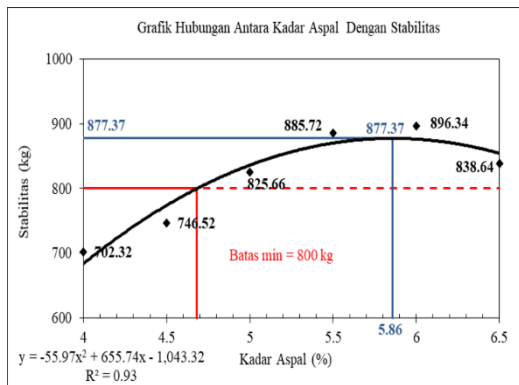


Gambar 6. Hubungan Kadar Aspal Dengan MQ Dengan Agregat Alami.

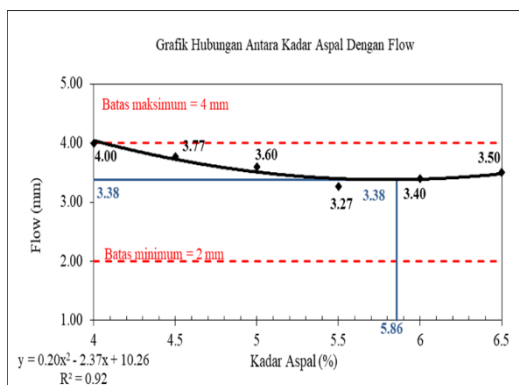


Gambar 7. Diagram Batang Kadar Aspal Optimum

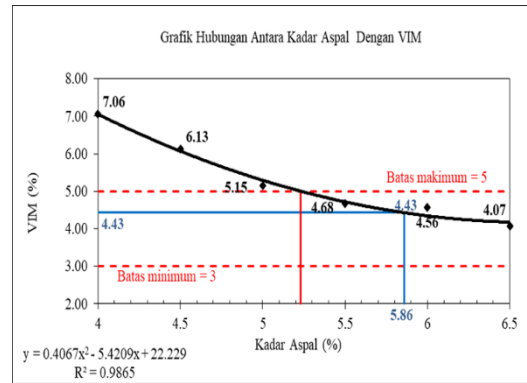
Dari semua hasil yang telah diperoleh, maka didapatkan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) sebesar 5,80%.



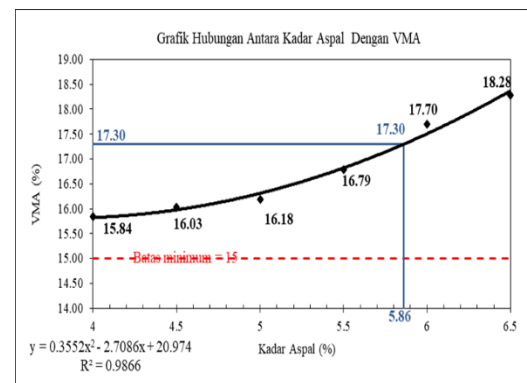
Gambar 8. Hubungan Antara Kadar Aspal Terhadap Stabilitas dengan Limbah Marmer.



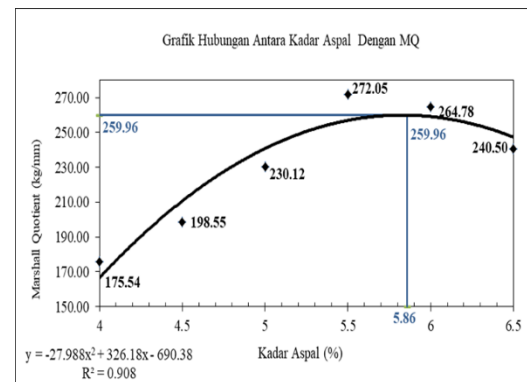
Gambar 9. Hubungan Antara Kadar Aspal Terhadap Flow dengan Limbah Marmer.



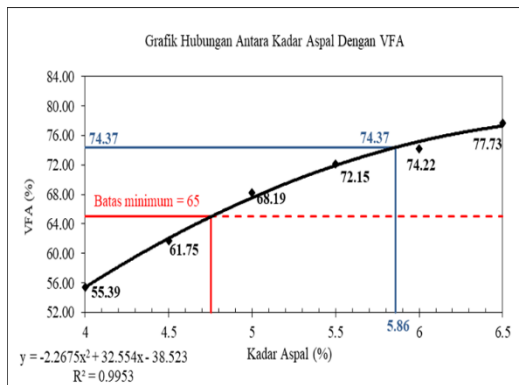
Gambar 10. Hubungan Antara Kadar Aspal Terhadap VIM dengan Limbah Marmer.



Gambar 11. Hubungan Antara Kadar Aspal Terhadap VMA dengan Limbah Marmer.



Gambar 12. Hubungan Antara Kadar Aspal Terhadap MQ dengan Limbah Marmer.



Gambar 13. Hubungan Antara Kadar Aspal Terhadap VFA dengan Limbah Marmer.

Perhitungan Koefisien Korelasi

Contoh perhitungan koefisien korelasi untuk stabilitas adalah sebagai berikut:

Pengujian	Hasil Korelasi	Hasil penafsiran posisi	Ketentuan	
			Besar r	Kriteria Hubungan
Stabilitas	-0.947	Korelasi kuat / erat	0	Tidak ada korelasi
Flow	0.960	Korelasi kuat / erat	0 - 0,5	
VIM	0.941	Korelasi kuat / erat	0,5 - 0,8	
VMA	0.954	Korelasi kuat / erat	0,8 - 1	
MQ	-0.955	Korelasi kuat / erat	1	Korelasi kuat/erat
VFA	-0.935	Korelasi kuat / erat		Korelasi sempurna

Tabel 5 Data Uji Korelasi Stabilitas

STABILITAS					
No.	X	Y	XY	X ²	Y ²
1	0	988.81	0	0	977741.6720
2	25	979.63	24490.70732	625	959671.5917
3	50	967.61	48380.56365	2500	936271.5758
4	75	899.80	67484.97857	5625	809639.5259
5	100	877.37	87737.22385	10000	769782.0448
Σ	250	4713	228093	18750	4453106
	X	Y	XY	X ²	Y ²

Dengan menggunakan rumus :

$$r = \frac{n \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{\{n \sum x^2 - (\sum x)^2\} \{n \sum y^2 - (\sum y)^2\}}}$$

$$r = \frac{5 (228093) - (250) x (4713)}{\sqrt{(5 x 18750 - (250)^2) x (5 x 4453106 - (4713)^2)}}$$

$$r = -0,947$$

Untuk hasil dari perhitungan selengkapanya dapat dilihat pada table dibawah ini :

Tabel 6 Data Uji Korelasi

Korelasi Positif (+)

Perubahan salah satu nilai Variabel diikuti perubahan Nilai Variabel yang lainnya secara teratur dengan arah yang sama. Jika Nilai Variabel X mengalami kenaikan, maka variabel Y akan ikut naik. Jika Nilai Variabel X mengalami penurunan, maka Variabel Y akan ikut turun.

Apabila Nilai Koefisien Korelasi mendekati +1 (Positif Satu) berarti pasangan data Variabel X dan Variabel Y memiliki Korelasi Positif yang kuat/erat.

Korelasi Negatif (-1)

Perubahan salah satu Nilai Variabel diikuti perubahan Nilai Variabel yang lainnya secara teratur dengan arah yang berlawanan. Jika Nilai Variabel X mengalami kenaikan, maka Variabel Y akan turun. Jika Nilai Variabel X mengalami penurunan, maka Nilai Variabel Y akan naik.

Apabila Nilai Koefisien Korelasi mendekati -1 (Negatif Satu) maka hal ini menunjukkan pasangan data Variabel X dan Variabel Y memiliki Korelasi Negatif yang kuat/erat.

Pengujian Hipotesis

Untuk menguji hipotesis penelitian maka dilakukan uji Analisa Varian Satu Arah untuk melihat apakah ada pengaruh nilai parameter yang ditimbulkan oleh penggunaan variasi Limbah Marmer.

Tabel 7 Hasil Uji Hipotesis

No.	Parameter	Fhitung	<>	Ftabel	Ho	Ha
1	Stabilitas	39.25	>	3.48	Ditolak	Diterima
2	Flow	4.369	>	3.48	Ditolak	Diterima
3	VIM	65.627	>	3.48	Ditolak	Diterima
4	VMA	79.144	>	3.48	Ditolak	Diterima
5	MQ	14.354	>	3.48	Ditolak	Diterima
6	VFA	60.502	>	3.48	Ditolak	Diterima

Dari uji hipotesis untuk Stabilitas, Flow, VIM, VMA, MQ dan VFA didapatkan $F_{hitung} > F_{tabel}$ maka H_0 ditolak dan H_a diterima dan dapat dinyatakan adanya pengaruh yang signifikan dengan penambahan variasi batu marmer.

Tabel 8 Rekapitulasi Hasil Analisis Karakteristik Campuran Limbah Batu Marmer dengan Kadar Aspal 25%, 50%, 75% dan 100%.

Parameter Karakteristik	Variasi Agregat Batu Marmer (%)					Persyaratan
	0	25	50	75	100	
Stabilitas (kg)	988,81	979,63	967,61	899,80	877,37	> 800
Flow (mm)	2,94	3,00	3,07	3,33	3,38	2 – 4
VIM (%)	3,93	3,99	4,08	4,15	4,43	3 – 5
VMA (%)	16,81	16,88	16,97	17,04	17,30	> 15%
VFA (%)	76,61	76,36	75,97	75,67	74,37	> 65
Marshall Quotient (kg/mm)	334,99	328,19	316,14	270,42	259,96	-

Dari hasil yang telah diperoleh, dinyatakan bahwa benda uji lapis AC-WC menggunakan limbah marmer sebagai bahan pengganti sebagian agregat 10/10 dengan Persentase limbah marmer 25%, 50%, 75% dan 100% telah memenuhi Speksifikasi Bina Marga tahun 2018.

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan tentang Pengaruh Limbah Batu Marmer Sebagai Pengganti Agregat 10/10 pada lapis Asphalt Concrete – Wearing Course (AC-WC) terhadap Nilai Karakteristik Marshall, maka dapat ditarik kesimpulan seperti berikut ini :

1. Dari hasil pengujian Marshall persentase Kadar Aspal Optimum pada campuran AC-WC sebelum menggunakan batu marmer didapatkan sebesar 5,80% dengan hasil uji Marshall : Stabilitas (988,81 Kg), Flow (2,94 mm), VIM (3,93%), VMA (16,81%), VFA (76,60%), MQ (334,99 Kg/mm). Sedangkan persentase Kadar Aspal

Optimum sesudah penggunaan limbah batu marmer didapatkan sebesar 5,81% dengan hasil uji Marshall : Stabilitas (973,63 Kg), Flow (3,00 mm), VIM (3,99%), VMA (16,88%), VFA (76,36%), MQ (328,19 Kg/mm).

2. Dari hasil pengujian Marshall persentase nilai optimum pada campuran AC-WC dengan menggunakan batu marmer yang baik didapatkan pada kadar variasi batu marmer 25% dengan hasil uji Marshall : Stabilitas (973,63 Kg), Flow (3,00 mm), VIM (3,99%), VMA (16,88%), VFA (76,36%), MQ (328,19 Kg/mm).
3. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, maka didapatkan data yang menyatakan bahwa limbah batu marmer layak digunakan sebagai pengganti agregat 10/10 pada lapis AC-WC karena telah memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan sebagai berikut : Flakiness (20,04 %), Impact (12,98 %), Abrasi (27,26 %), Berat jenis (2,58), Penyerapan (1,43 %).

Saran

Untuk penelitian lebih lanjut, disarankan untuk :

1. Mengganti seluruh agregat menggunakan limbah marmer agar dapat lebih mempengaruhi nilai karakteristik pada lapis AC-WC.
2. Melakukan pengujian Soundness Test / pelapukan agregat batu marmer untuk mengetahui kekekalan agregat terhadap pengaruh cuaca.
3. Untuk proses pembuatan sampel saat pencampuran seluruh komponen, suhu pencampuran dan

suhu pemdatan lebih di perhatikan karena akan sangat berpengaruh terhadap nilai Karakteristik Marshall.

4. Untuk penelitian selanjutnya perlu dicek dengan cara eksperimental apa benar nilai KAO kombinasi dari batu alami dan variasi limbah marmer sesuai dengan cara penentuan secara matematik.

Daftar Pustaka

- AASHTO T – 27,82 ASTM C – 136 – 46.
- Aly, M.A., 2004. *Teknologi Perkerasan Beton Semen*, Yayasan Pengembangan Teknologi dan Manajemen Jakarta.
- Andi Syaiful, A. & Chairil, S. (2015). *Pemanfaatan Limbah Batu Marmer Sebagai Pengganti Agregat Kasar pada Campuran Aspal Beton Terhadap Karakteristik Marshall*. Malang.
- Anonim. *Buku Panduan Praktikum Bahan Jalan Institut Teknologi Nasional Malang*. Malang.
- Anonim. 2018. *Spesifikasi Umum Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga Provinsi Jawa Timur*. Surabaya.
- Arif Rizky Andika Pratama, 2018. *Pengaruh Penambahan Limbah Plastik Polipropilena (Banner) Pada Campuran (Asphalt Treated Base) ATB Dengan Menggunakan Filler Abu Batu Ditinjau Dari Nilai Parameter Marshall Test*. Malang.
- Direktorat Jendral Bina Marga. 1987. *Departemen Pekerjaan Umum RI Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton Untuk Jalan Raya SKBI-2.3.26 PU*. Jakarta.
- Frianggi, S. D. M. (2019). *Analisa Kelayakan Penggunaan Material Quarry Sumili Sebagai Agregat Campuran Perkerasan Flexible Asphalt Concrete-Wearing Course / AC-WC Pada Proyek Preservasi Rekonstruksi Jalan Lingkar Luar Kota Kupang*. Malang
- Muhammad Maulidi. (2019). *Studi Alternatif Penggunaan Batu Putih Bukit Jeddih Bangkalan Madura Sebagai Agregat 10/10 Dan 10/20 Pada Campuran Asphalt Treated Base (ATB)*
- Muhammad, R. H. (2013). *Studi Pemanfaatan Limbah Marmer Sebagai Agregat Kasar Campuran Aspal Berpori*. Malang.
- Paskalis Ngita. (2013). *Alternatif Penggunaan Batu Putih Lokal Sebagai Bahan Perkerasan Jalan*.
- Risafa Ismi Maulida. (2018). *Penggunaan Agregat Kasar Batu Hijau Dari Kabupaten Paser Kalimantan Timur Sebagai Campuran Aspal Beton Lapis Aus (Asphalt Concrete Wearing Course, AC-WC)*.
- Sukirman, S. 1993. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Nova. Bandung.
- Sukirman, S. 1999. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Nova. Bandung.
- Sukirman, S. 2003. *Beton Aspal Campuran Panas*. Granit. Jakarta.
- Sukirman, S. 2007. *Agregat*. Granit. Jakarta.
- Sugiyono. 2017. *Statistika Untuk Penelitian*. Alfabeta. Bandung
- www.tekmira.esdm.go.id, Diakses pada 23 Mei 20