

# PREBANDINGAN STABILITAS ASPAL MENGUNAKAN AGREGAT KASAR BATU BELAH DAN BATU GAMPING

<sup>1</sup>Agung Guncoro, <sup>2</sup>Ahmad Ridwan, <sup>3</sup>Yosef Cahyo,

<sup>1,2,3</sup>Civil Engineering Department, Kadiri University, Jl. Selomangleng 1 Kediri  
Indonesia Email: <sup>1</sup>[Agungguncoro29@gmail.com](mailto:Agungguncoro29@gmail.com), <sup>2</sup>[ahmad\\_ridwan@unik-kediri.ac.id](mailto:ahmad_ridwan@unik-kediri.ac.id) <sup>3</sup>[yosef.cs@gmail.com](mailto:yosef.cs@gmail.com)

## Abstract

Adanya perubahan suhu yang tidak menentu menyebabkan perubahan kekuatan pada lapis perkerasan. Suhu merupakan salah satu faktor yang dapat menyebabkan terjadinya kerusakan pada jalan, apalagi pada jalan antar kota antar provinsi yang notabene jalur dengan lalu lintas padat dan dilalui oleh kendaraan yang bermuatan berat. Sehingga disamping adanya tekanan akibat beban kendaraan itu sendiri juga dari pengaruh suhu, baik itu suhu cuaca, suhu dari mesin kendaraan. Maka dari itu perlu adanya kajian lebih lanjut bagaimana jika pada lapis perkerasan tersebut diuji dengan suhu perendaman yang berbeda serta sebagai perbandingan digunakan agregat alternatif yang ekonomis yakni batu gamping. Maksud tujuan ini adalah melihat hasil perbandingan antara penggunaan agregat batu gamping dengan batu belah, mana yang bisa bertahan dari pengaruh deformasi akibat adanya perubahan suhu. Dari hasil penelitian didapatkan hasil bahwa penggunaan material batu gamping lebih memiliki kekuatan terhadap adanya perubahan suhu dibandingkan penggunaan agregat batu belah dengan hasil pada perubahan nilai stabilitasnya dimana pada batu belah nilai stabilitasnya berubah dari 1346Kg menjadi 1238Kg sedangkan pada batu gamping pada nilai stabilitas dari 1447Kg menjadi 1364Kg. Ini membuktikan bahwa bahwa batu gamping lebih tahan terhadap deformasi akibat pengaruh suhu.

Kata Kunci :batu belah dan batu gamping, nilai stabilitas, variasi suhu rendaman, Uji Marshall

## Abstract

Temperature is one of the factors that can cause damage to the road, especially on inter-city roads between provinces which in fact are lanes with heavy traffic and are traversed by heavily loaded vehicles. So that besides the pressure due to the burden of the vehicle itself also from the influence of temperature, both the weather temperature, the temperature of the vehicle engine. So from that it is necessary to further study what if the pavement layer is tested with different immersion temperatures and as a comparison used economical alternative aggregates namely limestone. The purpose of this goal is to see the results of a comparison between the use of limestone aggregates with split stones, which can survive the effects of deformation due to changes in temperature. The results showed that the use of limestone material has more strength than temperature changes compared to the use of split stone aggregates with results in changes in the value of stability where the value of the rock changes from 1346Kg to 1238Kg while the limestone values from 1447Kg to 1364Kg . This proves that limestone is more resistant to deformation due to the influence of temperature.

Keywords: split stone and limestone, stability value, soaking temperature variation, Marshall Test

## 1. Pendahuluan

Pada kasus di lapangan rata-rata rusaknya jalan akibat material, ini karena pada proses pemilihan material tidak sesuai bina marga atau kurang layak sehingga banyak

terjadi kerusakan sebelum umur penggunaan. Sehingga perlu adanya suatu upaya dalam memperbaiki jalan sehingga jalan itu bisa menjadi kuat dan tahan lama[1]. Mengacu pada penelitian sebelumnya dari [2] M. Zaenuri yang berjudul “penelitian penggunaan batu gamping sebagai agregat kasar dan filler pada aspal campuran ac-bc ”. Pada kesempatan kali dicoba untuk membandingkan antara penggunaan agregat kasar dari batu belah dengan penggunaan agregat kasar batu gamping dengan pengaruh perubahan suhu yang disesuaikan dengan keadaan lapangan. Tujuan dari penelitian ini adalah guna mencari agregat terbaik guna memperbaiki kualitas dari lapis perkerasan jalan, sehingga mampu memperkecil akan adanya kerusakan jalan sebelum umur rencana.

## 2. Metode Penelitian

### 2.1 Kepustakaan

Ada tiga lapis perkerasan yang sering digunakan pada pengerjaan lapis perkerasan aspal beton jalan yaitu lapis atas (WC), lapis antara (BC), dan lapis pondasi (Base). Pada lapis atas/*Wearing Course* (WC) ini terletak paling atas pada lapis perkerasan aspal beton, pada lapis ini struktur penyusunnya lebih banyak agregat halus dipakai landasan roda kendaraan yang melintasi jalan tersebut[3]. Lapis tengah/antara (*Binder Course/BC*) terletak pada tengah campuran aspal beton tepatnya diantara lapisan *Wearing Course* dan *Base*, lapisan ini berfungsi untuk menahan serta meneruskan beban yang diterima pada lapis atas ke lapisan pondasi pada lapis perkerasan aspal beton. Pada lapis terakhir yaitu lapis pondasi/ *Base* adalah lapis paling bawah yang fungsinya sudah jelas yaitu sebagai fondasi dari suatu lapis perkerasan jalan, dimana lapis ini didominasi agregat kasar dengan diameter besar[4].

#### 2.1.1 Aspal

Merupakan suatu bahan plastis yang memiliki kelekatan yang besar sehingga menjadi bahan utama dalam pembuatan lapis perkerasan jalan. Aspal/*Bitumen* ini memiliki sifat *thermoplastis* yang dimana jika terjadi peningkatan suhu maka bentuk dari aspal ini akan menjadi cair begitu pula sebaliknya jika terjadi penurunan suhu maka aspal menjadi keras[5].

#### 2.1.2 Agregat

Dalam penggunaan agregat dalam perkerasan aspal ini adalah agregat kasar yang dimana akan diperbandingkan yakni antara penggunaan agregat kasar menggunakan

batu belah dan penggunaan agregat kasar menggunakan batu gamping, untuk agregat halusnya menggunakan pasir, filler, dan aspal sebagai bahan pengikatnya[6][7].

### *2.1.3 Batu Belah Dan Batu Gamping*

Batu belah merupakan hasil dari pengolahan pemecah batu atau stone crush serta ada juga yang menggunakan cara konvensional, biasanya pada home industri kecil-kecilan[8]. Untuk batu gampingnya sendiri didapat dari daerah cerme, gamping, campurdarat, kabupaten Tulungagung dikarenakan bahannya mudah didapatkan serta memiliki kekuatan yang baik [9][2].

### *2.1.4 Pengujian aspal dengan metode Marshall*

Secara garis besar proses penelitian ini adalah untuk mencari nilai dari KAO yang dimana untuk mencari nilai tersebut harus mengetahui dahulu nilai VIM, VMA, VFB, Stabilitas, Flow, dan MQ[10]. Dalam mencari nilai tersebut adalah menghitung volumetrik dan karakteristik Marshall yang dimana nilai tersebut harus sesuai dengan petunjuk dari SNI 06-2489-1991 dan AASHTO T 245-90 mengenai uji marshall.[11].

## *2.2 Metode Penelitian*

Runtutan penelitian Pengaruh Penambahan Kombinasi Antara Oli Dan Ban Bekas Pada Campuran Aspal Beton ini yakni dengan mencari referensi terkait perkerasan aspal porus, lalu mempersiapkan agregat dan aspal dan diuji di laboratorium teknik universitas kadiri. Pada uji agregat yaitu meliputi keausan, porositas, saringan, berat jenis, sedangkan pada aspal yang diuji yaitu daktilitas, penetrasi, titik nyala dan bakar, titik lembek, serta penetrasi aspal [12]. Setelah semua uji dilakukan maka Langkah selanjutnya dilakukan perencanaan mix design lalu dilanjutkan dengan pembuatan benda uji, sebelumnya ditentukan dulu kadar aspal awal (Pb) sebagai acuan untuk membuat benda uji. kadar aspal awal (Pb) didapatkan dari rumus:

$$Pb=0,035(\%CA)+0,045(\%FA)+0,18(\%FF)+konstanta(0,5-1,0)$$

## **4. Hasil dan Pembahasan**

Dari hasil pengujian didapatkan hasil uji agregat kasar dari dua batuan yakni batu belah dan batu gamping. Hasilnya dapat dilihat pada tabel 1.

**Tabel 1:** hasil pengujian agregat kasar batu belah

No	Pemeriksaan	Hasil Uji	Spesifikasi		Satuan
			Min	Max	
1	<b>Penyerapan air</b>				
	Batu pecah 0,5-1 cm	2,016	-	3	%
	Batu pecah 1-2 cm	2,016	-	3	%
2	<b>Berat jenis</b>				
	Batu pecah 0,5-1 cm				
	Berat jenis bulk	2,624	2,5	-	-
	Berat jenis SSD	2,54	2,5	-	-
	Berat jenis Semu	2,568	2,5	-	-
	Batu pecah 1-2 cm				
	Berat jenis bulk	2,623	2,5	-	-
Berat jenis SSD	2,622	2,5	-	-	
Berat jenis Semu	2,57	2,5	-	-	
3	<b>Indeks Kepipihan</b>				
	Batu pecah 0,5-1 cm	0,5	-	25	%
	Batu pecah 1-2 cm	0,7	-	25	%
4	<b>Keausan agregat</b>				
	Batu pecah 0,5-1 cm	27,25	-	40	%
	Batu pecah 1-2 cm	24,2	-	40	%
5	<b>Kelekatan Agregat Terhadap Aspal</b>				
	Batu pecah 0,5-1 cm	>95	-	>95	%
	Batu pecah 1-2 cm	>95	-	>95	%
6	<b>Kekuatan Agregat Terhadap Tumbukan</b>				
	Batu pecah 0,5-1 cm	17	10	30	%
	Batu pecah 1-2 cm	14	10	30	%

Sumber: Hasil pemeriksaan agregat di lab teknik sipil univ. Kadiri

**Tabel 2 :** hasil pengujian agregat kasar batu gamping

No	Pemeriksaan	Hasil Uji	Spesifikasi		Satuan
			Min	Max	
1	<b>Penyerapan air</b>				
	Batu kapur 0,5-1 cm	2,018	-	3	%
	Batu kapur 1-2 cm	2,018	-	3	%
2	<b>Berat jenis</b>				
	Batu kapur 0,5-1 cm				
	Berat jenis bulk	2,645	2,5	-	-
	Berat jenis SSD	2,56	2,5	-	-
	Berat jenis Semu	2,583	2,5	-	-
	Batu kapur 1-2 cm				
	Berat jenis bulk	2,654	2,5	-	-
Berat jenis SSD	2,641	2,5	-	-	
Berat jenis Semu	2,584	2,5	-	-	
3	<b>Indeks Kepipihan</b>				
	Batu kapur 0,5-1 cm	0,4	-	25	%
	Batu kapur 1-2 cm	0,6	-	25	%
4	<b>Keausan agregat</b>				
	Batu kapur 0,5-1 cm	24,45	-	40	%
	Batu kapur 1-2 cm	22,35	-	40	%
5	<b>Kelekatan Agregat Terhadap Aspal</b>				
	Batu kapur 0,5-1 cm	>95	-	>95	%
	Batu kapur 1-2 cm	>95	-	>95	%
6	<b>Kekuatan Agregat Terhadap Tumbukan</b>				
	Batu kapur 0,5-1 cm	19	10	30	%
	Batu kapur 1-2 cm	16	10	30	%

Sumber: Hasil pemeriksaan agregat di lab teknik sipil univ. Kadiri

Setelah didapatkan hasil uji agregat, maka langkah selanjutnya yaitu pengujian karakteristik aspal. Dalam pengujian aspal ini karakteristik pengujian meliputi: uji berat jenis, uji tingkat penetrasi aspal, uji titik nyala dan bakar, serta uji kelekatan aspal dengan agregat. Hasil dari pengujian ini tertulis dalam tabel 3.

**Tabel 3:** uji aspal pen 60/70

uji	hasil	kriteria
uji tingkat penetrasi	kehilangan berat 61,39 tanpa kehilangan berat 68,36	pen 60/70
uji berat jenis aspal	1,013	1,01-1,04
uji titik nyala dan bakar	nyala: 295° bakar: 310°	-
tingkat kelekatan	96%	≥ 95%

Sumber: hasil pengujian di lab teknik sipil Univ. Kadiri

Setelah mendapatkan hasil pengujian agregat dan juga aspal, selanjutnya melakukan pengujian karakteristik Marshall, pada uji Marshall ini hanya dilakukan uji nilai stabilitas, flow, dan MQ karena pada nilai dari volumetrik aspal (VIM, VMA, VFB) sudah dianggap memenuhi.

**Tabel 4:** Hasil Uji Marshall pada Benda Uji Menggunakan Batu Belah Pada Suhu 65°C

Dari tabel diatas terlihat bahwa adanya pengaruh suhu rendaman pada

pengujian pada suhu 65°C			
Kadar aspal batu belah	Stabilitas kg	Flow mm	MQ kg/mm
4%	1125	2,49	452
5,00%	1273	2,94	433
6%	1346	3,25	414
6,50%	1388	4,11	338

penggunaan agregat batu belah membuat nilai stabilitas pada campuran semakin meningkat seiring meningkatnya penggunaan kadar aspal, dengan nilai tertinggi pada kadar aspal 6,5% senilai 1388 Kg. Hal yang sama juga terjadi pada nilai kelelahan (flow) yang juga semakin naik dengan nilai tertinggi pada kadar aspal 6,5% senilai 4,11 mm. Namun nilai MQ mengalami penurunan dari setiap penambahan kadar aspal, meski mengalami penurunan nilai MQ tetap masih melebihi nilai minimal syarat dari bina marga yakni lebih dari 250 Kg/mm. Dengan demikian pada pengujian menggunakan agregat kasar batu belah dengan pengaruh suhu rendam 65°C ini semua kriteria memenuhi spesifikasi bina marga.

**Tabel 5:** Hasil Uji Marshall Untuk Benda Uji Menggunakan Batu Gamping Pada Suhu 65°C

pengujian pada suhu 65°C			
Kadar aspal gamping	Stabilitas kg	Flow mm	MQ kg/mm
4%	1258	3,15	399
5,00%	1325	3,79	350
6%	1447	4,26	340
6,50%	1512	4,57	331

Dari tabel diatas terlihat bahwa adanya pengaruh suhu rendaman pada penggunaan agregat batu kapur membuat nilai stabilitas pada campuran semakin meningkat seiring meningkatnya penggunaan kadar aspal, dengan nilai tertinggi pada kadar aspal 6,5% senilai 1512 Kg yang dimana nilai ini lebih tinggi dari penggunaan batu belah dengan suhu rendam dan kadar aspal yang sama yakni nilainya 1388 Kg. Pada nilai kelelahan (flow) ada perbedaan dari penggunaan agregat kasar menggunakan batu belah, yakni pada penggunaan batu gamping ini terjadi peningkatan mulai dari kadar aspal 4% dengan nilai 3,15 mm sedangkan pada batu belah hanya 2,49 mm. Dengan berbedanya nilai kelelahan (flow) yang besar mengakibatkan nilai MQ

mengalami perubahan nilai yang besar pula, dimana nilai tertinggi MQ dengan menggunakan batu gamping hanya 399 Kg/mm sedangkan pada batu belah 452 Kg/mm. Ini menunjukkan bahwa pada penggunaan batu gamping memiliki kestabilan baik dari stabilitas dan kelelahan yang lebih baik dari batu belah pada pengaruh suhu yang sama yakni 65°C.

**Tabel6:** HasilUji Marshall Untuk Benda UjiMenggunakan Batu BelahPadaSuhu75° C

Dari tabel diatas terlihat bahwa adanya pengaruh penambahan suhu rendaman

pengujian pada suhu 75°C			
Kadar aspal batu belah	Stabilitas kg	Flow mm	MQ kg/mm
4%	1022	3,05	335
5,00%	1104	3,44	321
6%	1238	4,13	300
6,50%	1219	4,73	258

menjadi 75° membuat perubahan pada nilai karakteristik marshall. Pada nilai stabilitas terjadi penurunan jika dibandingkan dengan saat pengujian pada suhu 65°, terlihat dari nilai tertinggi stabilitas pada kadar aspal 6,5% di suhu 65° adalah 1388 Kg sedangkan di suhu 75° adalah 1219 Kg. Namun berbeda pada nilai kelelahan (flow) yang justru semakin naik dengan nilai tertinggi pada kadar aspal 6,5% senilai 4,11 mm pada suhu 65° dan 4,73 mm pada suhu 75°. Namun nilai MQ mengalami penurunan dari yang sebelumnya di suhu 65° adalah 338 Kg/mm menjadi 258 Kg/mm pada suhu 75°, meski mengalami penurunan nilai MQ tetap masih melebihi nilai minimal syarat dari bina marga yakni lebih dari 250 Kg/mm. Dari hasil pengamatan diatas dapat disimpulkan bahwa dengan adanya penambahan suhu membuat campuran aspal panas menggunakan agregat kasar batu belah mengalami perubahan pada nilai stabilitas, flow, dan MQ.

**Tabel7:** HasilUji Marshall Untuk Benda UjiMenggunakan Batu Gamping PadaSuhu75° C

pengujian pada suhu 75°C			
Kadar aspal gamping	Stabilitas kg	Flow mm	MQ kg/mm
4%	1179	3,85	306
5,00%	1239	4,29	289
6%	1364	4,77	286
6,50%	1432	5,17	277

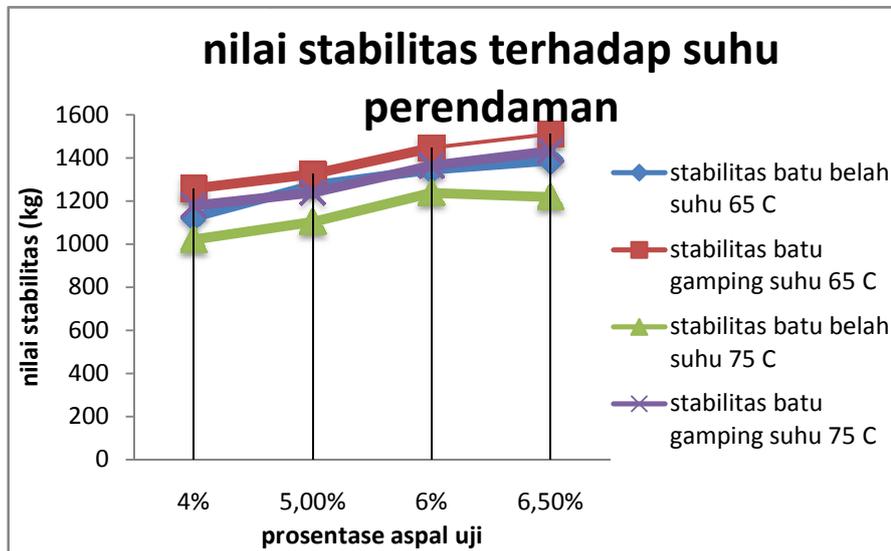
Pada nilai stabilitas terjadi penurunan jika dibandingkan dengan saat pengujian pada suhu 65°, terlihat dari nilai tertinggi stabilitas pada kadar aspal 6,5% di suhu 65° adalah 1512 Kg sedangkan di suhu 75° adalah 1432 Kg. Namun berbeda pada nilai kelelahan (flow) yang justru semakin naik dengan nilai tertinggi pada kadar aspal 6,5% senilai 4,57 mm pada suhu 65° dan 5,17 mm pada suhu 75°. Namun nilai MQ

mengalami penurunan dari yang sebelumnya di suhu 65° adalah 331 Kg/mm menjadi 277 Kg/mm pada suhu 75°, meski mengalami penurunan nilai MQ tetap masih melebihi nilai minimal syarat dari bina marga yakni lebih dari 250 Kg/mm. Dari hasil pengamatan diatas dapat disimpulkan bahwa dengan adanya penambahan suhu membuat campuran aspal panas menggunakan agregat kasar batu gamping mengalami perubahan pada nilai stabilitas, flow, dan MQ.

*4.1 hubungan antara nilai stabilitas dengan campuran yang dipengaruhi oleh suhu perendaman.*

Dari gambar grafik dibawah dapat disimpulkan bahwa dengan adanya perubahan suhu perendaman dapat mempengaruhi suatu nilai stabilitas dari perkerasan campuran beraspal panas, karena dengan adanya penambahan suhu mengakibatkan adanya suatu perubahan pada kekuatan dari agregat penyusunnya tersebut. Walaupun terjadi penurunan pada nilai stabilitasnya, akan tetapi semua nilai stabilitasnya masih melebihi persyaratan minimal dari bina marga yakni batas minimal nilai stabilitas pada campuran beraspal panas adalah minimal 800 Kg.

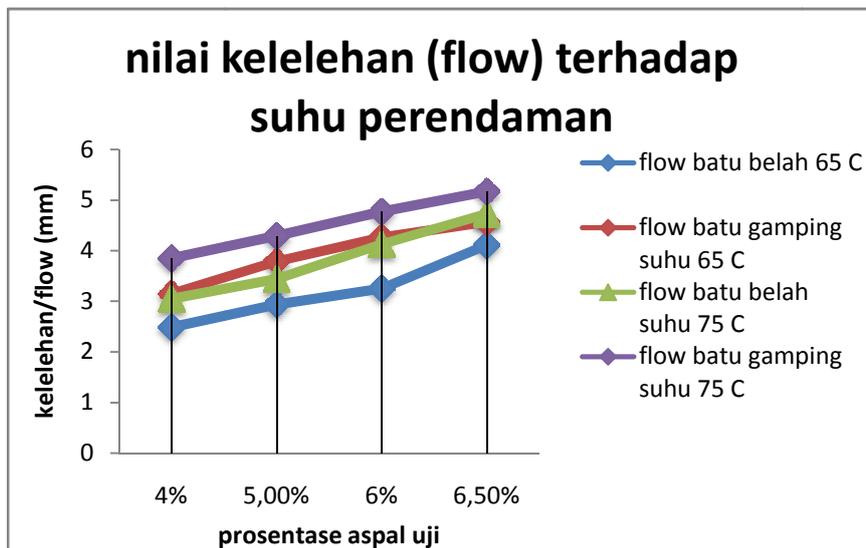
**Grafik**



1: Hubungan pengaruh nilai stabilitas menggunakan agregat kasar dari batu belah dan batu gamping terhadap variasi suhu perendaman

*4.2 hubungan antara nilai Flow dengan campuran yang dipengaruhi oleh suhu perendaman.*

Dari gambar grafik diatas dapat disimpulkan bahwa dengan adanya perubahan suhu perendaman dapat mempengaruhi suatu nilai kelelehan (flow) dari perkerasan campuran beraspal panas, karena dengan adanya penambahan suhu mengakibatkan tingkat elastisitas pada aspal meningkat sehingga mempengaruhi pada tingkat keplastisan/kelelehan pada campuran beraspal panas. Walaupun terjadi peningkatan pada nilai kelelehan (flow), akan tetapi semua nilai kelelehan (flow) masih masuk persyaratan dari bina marga yakni antara 3-5 mm kecuali pada penelitian dengan kadar 4% = 2,49 mm dan kadar 5% = 2,94 mm dengan suhu rendam 65°C yang dimana nilainya dibawah spesifikasi, serta pada kadar 6,5% = 5,17 mm dengan suhu rendam 75°C yang dimana nilainya lebih tinggi dari persyaratan bina marga. Dari hasil penelitian yang dilakukan mendapatkan hasil yang ditunjukkan pada grafik 2.

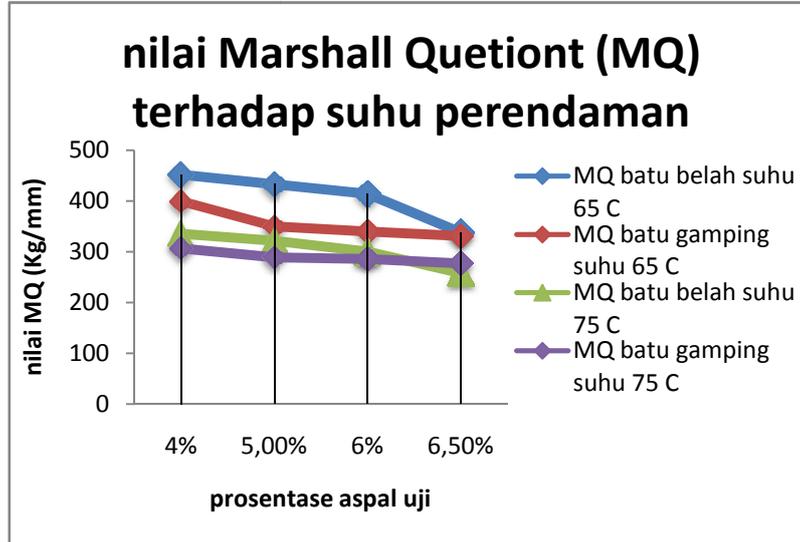


**Grafik 2:** Hubungan Flow menggunakan agregat kasar dari batu belah dan batu gamping terhadap variasi suhu rendaman

*4.3 hubungan antara nilai MQ dengan campuran yang dipengaruhi oleh suhu perendaman.*

bahwa dengan adanya penambahan suhu rendaman menyebabkan nilai MQ dari masing-masing benda uji menggunakan agregat kasar dari batu belah dan batu gamping dengan kadar aspal yang sama yaitu 4%, 5%, 6%, 6,5% menurun, pada penggunaan batu gamping penurunan nilai MQ adalah dari penelitian terendah pada kadar aspal 4% dari 399 Kg/mm (suhu 65°) menjadi 306 Kg/mm (suhu 75°) serta dari penelitian tertinggi pada kadar aspal 6,5% adalah 331 Kg/mm (suhu 65°) menjadi 277 Kg/mm (suhu 75°). Sedangkan pada penggunaan batu belah penurunan nilai MQ dari pengujian

kadar aspal terendah 4% yakni 452 Kg/mm (suhu 65°) menjadi 335 Kg/mm (suhu 75°) dan dari penelitian menggunakan kadar aspal tertinggi 6,5% yakni 338 Kg/mm (suhu 65°) menjadi 258 Kg/mm (suhu 75°).



**Grafik 3:** Hubungan MQ menggunakan agregat kasar dari batu belah dan batu gamping terhadap variasi suhu rendaman

#### 4. Simpulan

1. Pada hasil penelitian ini hasil yang optimal yakni pada benda uji menggunakan agregat kasar batu belah pada kadar aspal 6% yang dimana pada pengujian dengan suhu 65°C didapat nilai stabilitas 1346Kg, nilai Flow 3,25mm, nilai MQ 414Kg/mm serta pada suhu 75° didapat nilai 1238Kg, nilai Flow 4,13mm, nilai MQ 300Kg/mm. Pada pengujian dengan menggunakan agregat kasar batu gamping pada kadar aspal 6% yang dimana pada pengujian dengan suhu 65°C didapat nilai stabilitas 1447Kg, nilai Flow 4,26mm, nilai MQ 340Kg/mm serta pada suhu 75° didapat nilai 1364Kg, nilai Flow 4,77mm, nilai MQ 286Kg/mm.
2. Dari data diatas menunjukkan bahwa penggunaan material batu gamping sudah sesuai dengan spesifikasi bina marga karena memiliki kekuatan terhadap adanya perubahan suhu dibandingkan penggunaan agregat batu belah.

#### 5. Saran

Dari hasil penelitian yang diperoleh, makasaran yang bisa disampaikan yaitu : penelitian ini dapat digunakan untuk sebagai inovasi baru terutama dalam hal pengaruh

kerusakan jalan akibat adanya perubahan suhu serta hasil dari penelitian ini guna mendukung pembangunan infrastruktur nasional berbasis penggunaan material lokal, khususnya di kabupaten Tulungagung.

### Ucapan Terima Kasih

Penulis ingin berterima kasih kepada Universitas Kadiri, khususnya Fakultas Teknik yang telah memberi kesempatan untuk melakukan penelitian dan menyusun laporan.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. I. Candra, E. Gardjito, Y. Cahyo, and G. A. Prasetyo, "Pemanfaatan Limbah Puntung Rokok Filter Sebagai Bahan Campuran Beton Ringan Berpori," *UKaRsT*, vol. 3, no. 1, pp. 82–89, 2019.
- [2] M. Zaenuri, R. Romadhon, A. Gunarto, and A. Cahyono, "PENELITIAN PENGGUNAAN BATU GAMPING SEBAGAI AGREGAT KASAR DAN FILLER PADA ASPAL CAMPURAN AC-BC," *UKaRsT*, vol. 2, no. 1, pp. 24–35, 2018.
- [3] A. I. C. K. April Gunarto, "Penelitian Campuran Aspal Beton Dengan Menggunakan Filler Bunga Pinus," *UKaRsT*, vol. 3, no. 1, p. 37, 2019.
- [4] T. M. Suprpto, "Bahan dan Struktur Jalan Raya," *Biro Penerbit Tek. Sipil Univ. Gadjah Mada. Yogyakarta*, 2004.
- [5] S. Sukarman, *Beton Aspal Campuran Panas*. Yayasan Obor Indonesia, 2003.
- [6] S. Sukirman, "Perkerasan lentur jalan raya," *Nova, Bandung*, vol. 2, 1999.
- [7] A. I. Candra, A. Yusuf, and A. R. F, "STUDI ANALISIS DAYA DUKUNG PONDASI TIANG PADA PEMBANGUNAN GEDUNG LP3M," vol. 3, no. 2, pp. 166–171, 2018.
- [8] G. S. Muaya, O. H. Kaseke, and M. R. E. Manoppo, "Pengaruh Terendahnya Perkerasan Aspal oleh Air Laut yang Ditinjau Terhadap Karakteristik Marshall," *J. Sipil Statik*, vol. 3, no. 8, pp. 562–570, 2015.
- [9] B. Marga, "Perkerasan Aspal, Spesifikasi Umum Divisi VI Revisi 3." Jakarta, 2010.
- [10] A. Ridwan and Y. C. S. Poernomo, "PEMANFAATAN LIMBAH BATU GRANIT SEBAGAI CAMPURAN AGREGAT PADA AC-L," *J. CIVILA*, vol. 3, no. 2, pp. 180–185, 2018.
- [11] D. P. Umum, "Metode pengujian campuran aspal dengan alat Marshall," SNI 06-2489-1991, 1991.
- [12] S. U. B. M. Divisi, "6, 2010," *Perkerasan Aspal*.