

Tersedia online di  
<http://ojs.unik-kediri.ac.id/index.php/ukarst/index>

U KaRst

<http://dx.doi.org/10.30737/ukarst.v4i1>

## Alternatif Penggunaan Agregat Halus Batu Kapur Mantup Dalam Campuran Aspal Panas Ac-Wc

M. D. I. Budianto <sup>1</sup>, Z. Lubis <sup>2</sup>.<sup>1,2</sup>Fakultas Teknik Universitas Islam Lamongan.email: [Deny6498@gmail.com](mailto:Deny6498@gmail.com)

### ARTICLE INFO

#### Article History :

Artikel masuk : 03-03-2020

Artikel revisi : 17-03-2020

Artikel diterima : 23-03-2020

#### Keywords :

Fine Aggregates, Asphalt,  
AC - WC, Limestone.

#### Style IEEE dalam mensitasi artikel ini: [6]

C. Khairani, S. M. Saleh, and S. Sugiarto, "Uji Marshall Pada Campuran Asphalt Concrete Binder Course (Ac-Bc) Dengan Tambahan Parutan Ban Bekas," *J.Tek. Sipil*, vol. 1, no. 3, pp. 559-570, 2018.

### ABSTRACT

Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC) is a stringent streak which located on the top and the function of it as the outside streak that the thick is 4 centimeters. AC – WC material consists of soft aggregate, crude aggregate, filter, and asphalts. The materials must be tested for identifying the feature. This research is using the Marshall Test method, VIM (%), VMA (%), VIMA (%), VFWA (%), Stabilities (kg), Flow, and Marshall Quotient (%). This research was carried out at Lamongan Moslem University's laboratory. The purpose of this research is to compare the results that have been obtained in research with the existing terms and specifications. The conclusion of this research is the addition of variation in smooth limestone blend 25%, 50%, 75% from the aggregate weight. The top-level increment of Marshall Stability's showed 33.07% based on the compound 75%; the highest Flow is 3.57% based on the compound 50%, Void in the Mix which was included into the highest specification is 7.49% based on the compound 0%, the top-level increment Void Filled with Asphalt is 85.22% based on the compound 75%, the advance of Marshall Quotient is 29.63% based on compound 75%.

### ABSTRAK

Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC) merupakan lapisan perkerasaan yang terletak paling atas dan berfungsi sebagai lapisan aus dengan tebal biasanya 4 cm. Bahan AC –WC terdiri dari Agregat halus, Agregat kasar, bahan pengisi (*filler*) dan aspal. Bahan – bahan tersebut harus di uji terlebih dahulu untuk mengetahui sifat – sifatnya. Dalam penelitian ini metode yang di gunakan adalah metode marshall : VIM (%), VMA (%), VIMA (%), VFWA (%), Stabilitas (kg), *Flow* dan *Marshall Quotien*. adapun penelitian di laksanakan pada Laboratorium Universitas Lamongan. Kesimpulan penelitian ini adalah Penambahan variasi campuran batu kapur halus sebesar 25%, 50%, 75% dari berate agregat halus pada penelitian ini menunjukkan kenaikan nilai stabilitas Marshall (*Marshall Stability*) tertinggi sebesar 33,07% pada campuran 75%, kelelahan plastis (*Flow*) tertinggi sebesar 3,57% pada campuran 50%, rongga dalam campuran (*Void in the Mix*) yang masuk dalam spesifikasi angka tertinggi sebesar

7,49% pada campuran 0%, rongga terisi aspal (*Void Filled With Asphalt*) kenaikan tertinggi sebesar 85,22% pada campuran 75%, rongga dalam agregat (*Void In Mineral Aggregate*) menurun sebesar 16,11% pada campuran 75%, serta *Marshall Quotient* meningkat sebesar 29,63% pada campuran 75%.

## 1. Pendahuluan

Perkerasan jalan merupakan lapisan perkerasan yang terletak di antara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan.[1] Perkerasan jalan berfungsi untuk menyediakan layanan fasilitas transportasi dan selama periode layanan diharapkan tidak terjadi kerusakan yang berarti. Pengetahuan tentang sifat, pengadaan, dan pemrosesan blok bangunan bahan perkerasan sangat penting agar perkerasan sesuai dengan kualitas yang diharapkan.[2] Jenis-jenis perkerasan jalan, yaitu perkerasan lentur, perkerasan kaku, dan perkerasan komposit. Bahan pengikat yang umumnya dipakai adalah aspal dan beton. Perkerasan lentur memakai aspal sebagai bahan pengikatnya.

Menurut perkerasan jalan di bagi menjadi 3 yaitu perkerasan lentur, perkerasan kaku dan perkerasan komposit.[3] Perkerasan lentur semakin berkembang dengan dibuatnya perkerasan aspal beton campuran panas. Laston memiliki tiga pembagian lapisan yaitu lapisan pondasi ( AC – Base ), Lapis antara (AC – BC).[4] Kebutuhan bahan atau material untuk pelaksanaan pembangunan jalan baru dan pemeliharaan jalan di setiap wilayah Indonesia terus meningkat seiring dengan meningkatnya pembangunan infrastruktur lainnya harus didatangkan dari tempat lain sehingga membutuhkan waktu lama dan biaya yang cukup besar.[5]

Keawetan dan kekuatan untuk perkerasan jalan itu sendiri sangat ditentukan oleh daya dukung tanah, karena jenis aspal yang digunakan dan serta agregat – agregat sebagai bahan utama dalam pembuatan perkerasan lentur.[6] Namun karena terbatasnya sumber daya alam tersebut membuat harganya kian mahal, dengan mahalnya harga agregat tersebut otomatis akan berdampak kepada tingginya harga pembangunan sebuah jalan.[7] Oleh karena itu setiap penulis ingin meneliti alternative agregat lain yaitu batu-batu perbukitan yang ada di Desa Mantup Kabupaten Lamongan, khususnya Batu Putih.

Seiring perkembangan zaman perlu adanya inovasi untuk pembaharuan bahan konstruksi. Batu kapur merupakan suatu bahan yang tidak begitu memiliki nilai ekonomis dan tidak bermanfaat. Fleksibilitas Campuran AC-WC (Asphalt Concrete Wearing Course) dengan bahan tambah kapur dan belerang karakteristik Penggunaan Batu Kapur Puger sebagai

Agregat Kasar pada Campuran AC-BC.[8] Pada penelitian ini, menggunakan lapisan aus AC-BC.[9] Tujuan Penelitian Untuk mengetahui pengaruh campuran batu kapur terhadap aspal panas (AC-WC).[10]

## 2. Tinjauan Pustaka

### 2.1 Pengertian Aspal.

Aspal atau bitumen merupakan material yang berwarna hitam kecoklatan yang bersifat viskoelastis sehingga akan melunak dan mencair bila mendapat cukup pemanasan dan sebaliknya. Temperatur pencampuran ditentukan berdasarkan jenis aspal yang akan digunakan.[12] Jika semen aspal digunakan, suhu pencampuran umumnya antara 145 ° C dan 155 ° C.



**Gambar 1.** Aspal.

### 2.2 Agregat Kasar.

Fraksi agregat kasar untuk agregat kasar ini adalah yang tertahan di atas saringan 2,36 mm (No.8), menurut saringan ASTM.[13] Agregat ini menjadikan perkerasan lebih stabil dan mempunyai *skid resistance* (tahanan terhadap selip) yang tinggi sehingga lebih menjamin keamanan berkendara.[14]

**Tabel 1.** Agregat Kasar.

Jenis Pemeriksaan	Standar	Syarat maks/min
Abrasi dengan mesin los Angeles	SNI 03 – 3407 – 1994	Maks. 12%
Abrasi dengan mesin Los Angeles	SNI 03 – 2417 – 1991	Maks. 40%
Kelekatan Agregat terhadap aspal	SNI 03 – 2439 – 1991	Min. 95%
Agularitas	SNI 03 – 6887 – 2002	95/90 (*)
Partikel Pipih dan Lonjong	RSNI T – 01 – 2005	Maks. 10%
Material lolos saringan No.200	SNI 03 – 4142 – 1996	Maks. 1%

*Sumber : Rancangan Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan, Divisi VI Perkerasan Beraspal, Dep. PU. Edisi April 2007.*



**Gambar 2.** Agregat Kasar.

### 2.3 Filler.

Bahan pengisi yang ditambahkan bisa dari semen Portland atau debu batu. Bahan tersebut harus bebas dari bahan yang tidak dikehendaki dan tidak menggumpal.[15] Debu batu (*stonedust*) dan bahan pengisi yang ditambahkan harus kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan dan bila diuji dengan penyaringan sesuai SNI 03-4142-1996 harus mengandung bahan yang lolos saringan No.200 (75 micron) tidak kurang dari 75% dari yang lolos saringan No. 30 (600 micron) dan mempunyai sifat non plastis.[16]

**Tabel 2.** Spesifikasi Filler Untuk Campuran Laston.

Saringan (mm)	% Lolos
0,600 (No. 30)	100
0,300 (No. 50)	90-100
0,075 (No. 200)	75-100

*Sumber :* Rancangan Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan, Divisi VI Perkerasan Beraspal, Dep. PU. Edisi April 2007.



**Gambar 3.** Semen Sebagai Filler.

## 2.4 Agregat Halus.

Agregat halus merupakan mineral alami yang berfungsi untuk bahan pengisi dalam campuran aspal beton yang memiliki ukuran butiran kurang dari 2.36 mm atau lolos saringan no.8. Sesuai SNI 03-6819-2002.[18] Agregat halus menggunakan pasir sungai brantas, saringan yang digunakan adalah tertahan saringan no. 16, 30, 50, 100, dan 200. Sumber bahan menapun harus terdiri dari pasir atau pengayakan batu pecah dan terdiri dari bahan yang lolos ayakan No. 8 (2,36 mm) sesuai SNI 03-6819-2002.[19]



**Gambar 4.** Agregat Halus.

**Tabel 3.** Agregat Halus.

Jenis Pemeriksaan	Standar	Syarat Maks/Min
Nilai setara pasir	SNI 03-4428-1997	Maks. 50%
Material Lolos saringan No.200	SNI 03-4142-1996	Maks. 8%
Angularitas	SNI 03-6877-2002	Maks. 45%

*Sumber : Rancangan Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan, Divisi VI Perkerasan Beraspal, Dep. PU. Edisi April 2007.*

## 2.5 Analisa Kimia Batu Kapur Mantup.

Batu kapur adalah jenis batuan sedimen yang mengandung senyawa karbonat. Pada umumnya batu kapur yang terdapat di alam adalah batu kapur yang mengandung kristal kalsit. Batu kapur memiliki warna putih, putih kekuningan, abu-abu hingga hitam. Pembentukan warna ini tergantung dari campuran yang ada dalam batu kapur tersebut, misalnya lempung, kwarts, oksida besi, mangan dan unsur organik.[20] Batu kapur terbentuk dari sisa-sisa kerang di laut dan dari proses presipitasi kimia. Kepadatan batu kapur berkisar dari 2,6 hingga 2,8 gr / cm<sup>3</sup>, dalam keadaan murni dalam bentuk kristal kalsit (CaCO<sub>3</sub>), sedangkan berat volume berkisar 1,7 hingga 2,6 gr / cm<sup>3</sup>.



**Gambar 5.** Batu Kapur.

## 2.6 Metode Marshall.

Desain pada campuran berdasarkan metode Marshall ditemukan oleh Bruce Marshall. Prinsip dasar metode Marshall adalah studi tentang stabilitas atau kelelahan (aliran), serta analisis kerapatan pori dari campuran padat yang terbentuk hasil pengujian Marshall adalah sifat campuran beraspal.[22] Maksud dari pengujian ini untuk menentukan stabilitas terhadap kelelahan plastis (*flow*) dari campuran aspal dan agregat.[23] Dengan uraian metode sebagai berikut :

### ➤ Stabilitas (*Stability*)

Stabilitas adalah kemampuan maksimal suatu benda uji campuran beton aspal menahan beban sampai terjadi kelelahan plastis. [24] Nilai stabilitas diperoleh dari persamaan :

$$S = p \times g$$

Keterangan :

S = Angka stabilitas sesungguhnya.

p = Pembacaan arloji stabilitas x kalibrasi alat.

q = Angka koreksi benda uji.

### ➤ *Void in Mix* (VIM)

Rongga udara dalam campuran (VIM) dalam campuran perkerasan beraspal terdiri atas ruang udara diantara partikel agregat yang terselimuti aspal.[12] Volume rongga udara dalam campuran dapat ditentukan dengan rumus berikut:

$$VIM = 100 - \frac{100 \times \text{berat volume b. u}}{B. J \text{ maksimum teoritis}}$$

Berat jenis maksimum teoritis :

$$VIM = 100 \% \frac{100}{\frac{\% \text{ Agregat}}{B. J \text{ Agregat}} + \frac{\% \text{ Aspal}}{B. J \text{ Aspal}}}$$

➤ *Void in Mineral Aggregates (VMA)*

Rongga antar mineral agregat (VMA) adalah ruang rongga diantara partikel agregat pada suatu perkerasan, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif (tidak termasuk volume aspal yang diserap agregat).[25] VMA dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$VMA = 100 - \frac{(100 - \%Aspal) \times \text{berat volume b. u}}{B. J \text{ Agregat}}$$

Keterangan :

VMA : Rongga udara pada mineral agregat (%).

% Aspal : Kadar aspal terhadap campuran (%).

B.J. Agregat : Berat jenis efektif.

➤ *Void Filled With Asphalt (VFWA)*

Rongga terisi aspal atau *Void Filled with Asphalt (VFWA)* adalah persen rongga yang terdapat diantara partikel agregat (VMA) yang terisi oleh aspal, tidak termasuk aspal yang diserap oleh agregat".[26] Rumus adalah sebagai berikut:

$$VFWA = 100 \times \frac{(VMA - VIM)}{VMA}$$

Keterangan :

VFWA : Rongga udara terisi aspal (%).

VMA : Rongga udara pada mineral agregat (%).

VIM : Rongga udara pada campuran setelah pemadatan (%).

➤ *Kelelehan (Flow)*

Nilai *flow* ditunjukkan oleh jarum arloji pembacaan flow pada alat Marshall. Untuk arloji pembacaan *flow*, nilai yang didapat sudah dalam satuan mm, sehingga tidak perlu dikonversi lebih lanjut.[27]

➤ *Marshall Quotient (MQ)*

*Marshall Quotient* adalah perbandingan antara nilai stabilitas dengan *flow*.[28] *Marshall Quotient* merupakan indikator dalam menentukan nilai fleksibilitas kelenturan terhadap keretakan. Nilai MQ diperoleh dengan persamaan sebagai berikut :

$$C MQ = \frac{MS}{MF}$$

Keterangan :

MQ = *Marshall Quotient*, (Kg/mm).

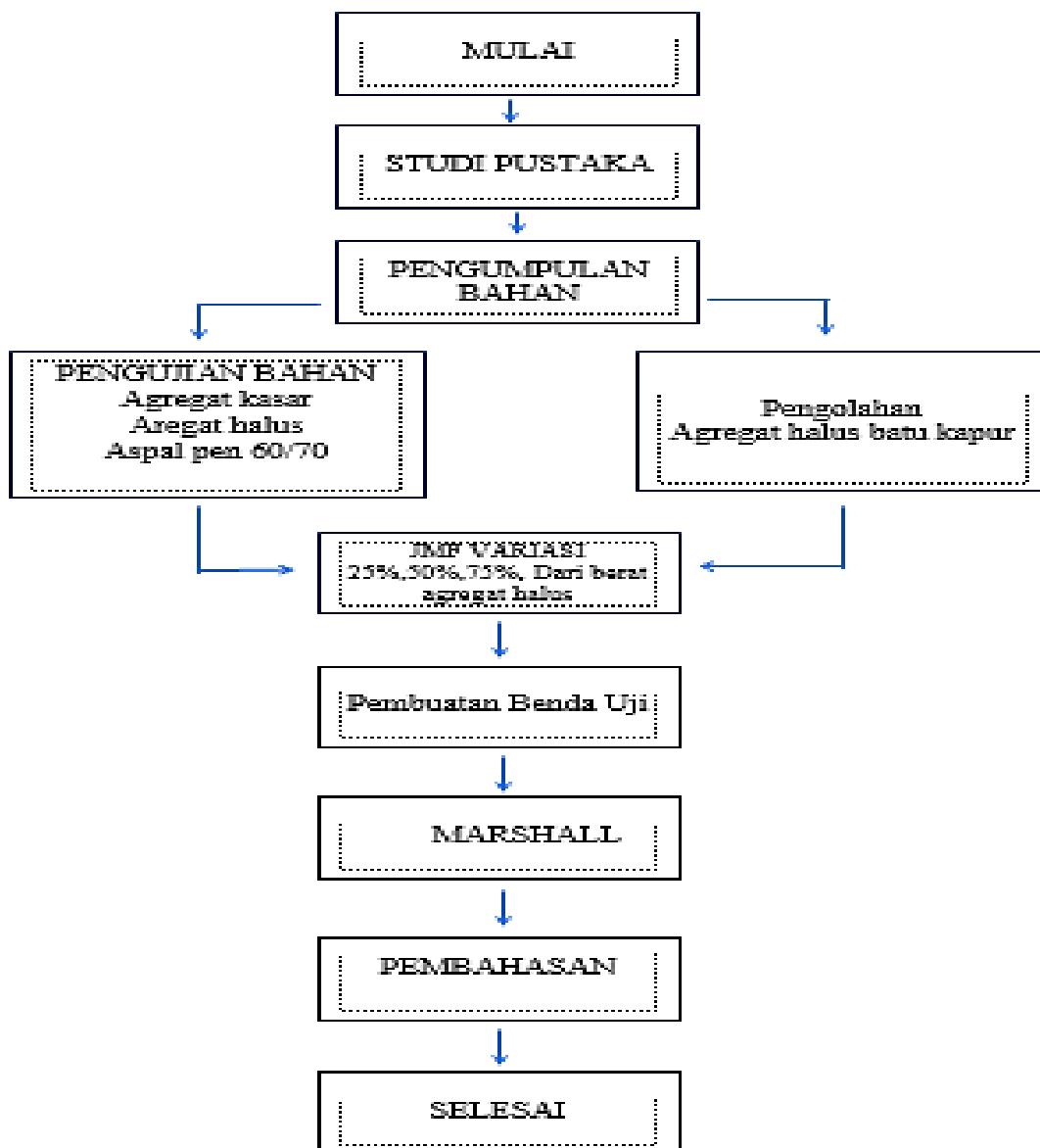
MS = *Marshall stability*, (Kg).

MF = *Flow Marshall*, (mm).

### 3. Metodologi Penelitian

Pada pelaksanaan penelitian seperti pembuatan benda uji, perawatan dan pengujian benda uji di lakukan di laboratorium program studi Teknik Sipil Fakultas Teknuk Universitas Islam Lamongan. Penelitian yang di uji pada *Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)* adalah Marshall test dengan campuran batu kapur sebagai agregat halus. Semua bahan yang di gunakan pada penelitian ini mengacu pada spesifikasi umum yang di keluarkan.[11]

#### 3.1 Tahapan Penelitian.

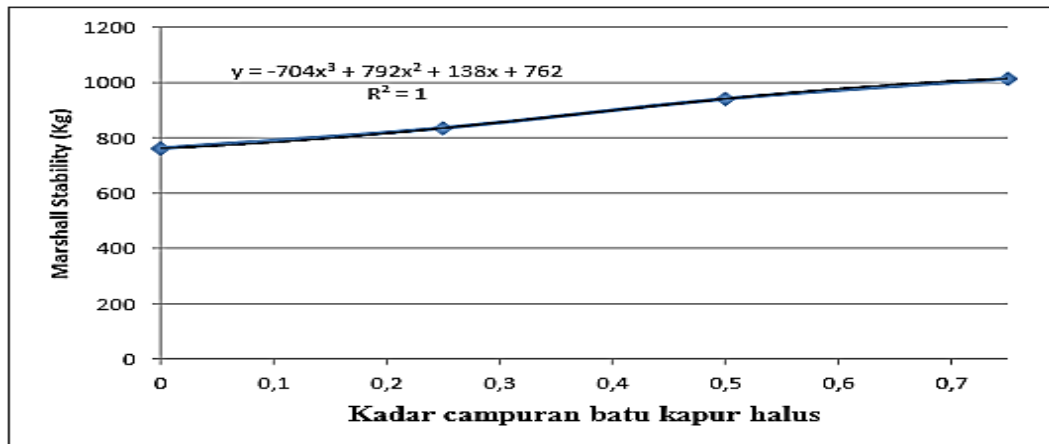


Gambar 6. Diagram Alur Penelitian.



## 4. Pembahasan

### 4.1 Campuran Batu Kapur Pada Nilai Stabilitas.

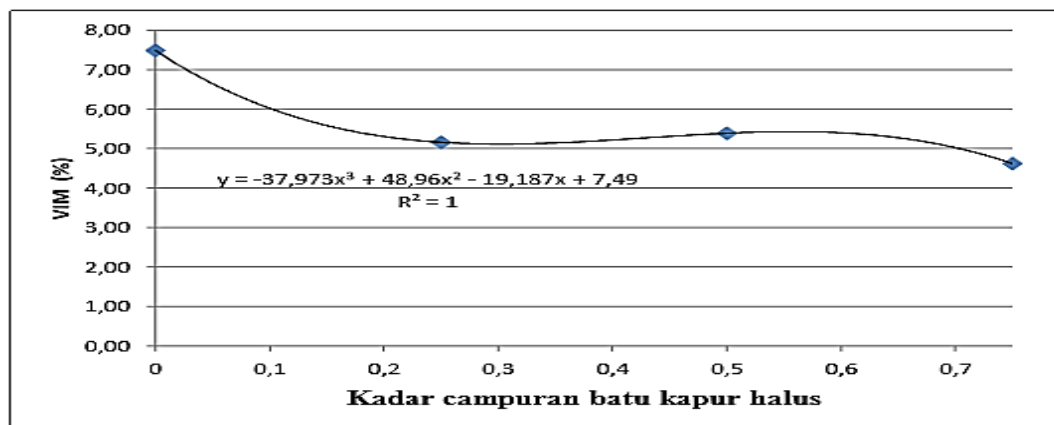


Sumber : Grafik Hasil Penelitian.

**Gambar 7.** Grafik Nilai Stabilitas.

Penambahan batu kapur halus dengan variasi 25%, 50%, dan 75% dari berat agregat halus pada campuran, secara umum memperlihatkan kenaikan nilai stabilitas seiring dengan kenaikan kadar batu kapurnya. Nilai stabilitas tertinggi mencapai 1014 Kg pada penambahan batu kapur halus sebesar 75%. Hal ini berarti stabilitas mengalami kenaikan ketika ditambahkan dengan batu kapur halus.

### 4.2 Campuran Batu Kapur VIM.

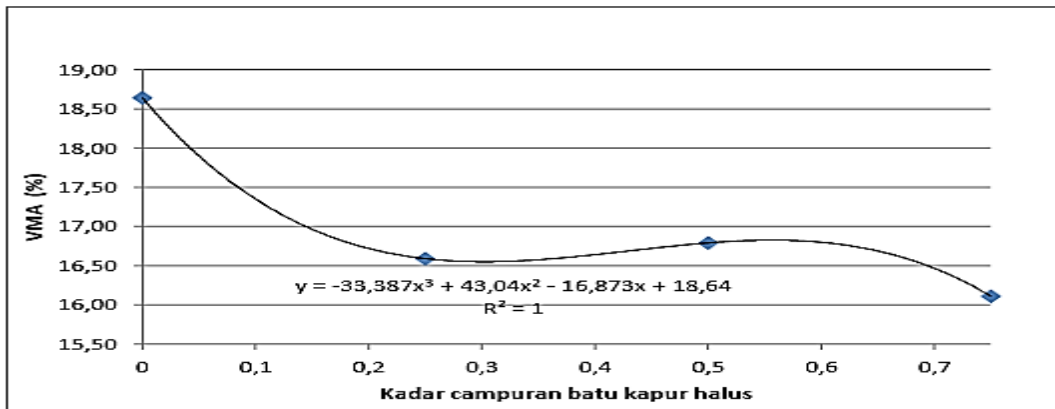


Sumber: Grafik Hasil Penelitian.

**Gambar 8.** Grafik Nilai VIM.

Penambahan batu kapur halus dengan variasi 25%, 50%, dan 75% dari berat agregat halus pada campuran, secara umum memperlihatkan kenaikan nilai VIM seiring dengan kenaikan kadar batu kapurnya. Nilai VIM tertinggi mencapai 7,49% pada penambahan batu kapur halus sebesar 0%.

### 4.3 Campuran Batu Kapur Pada Nilai VMA.

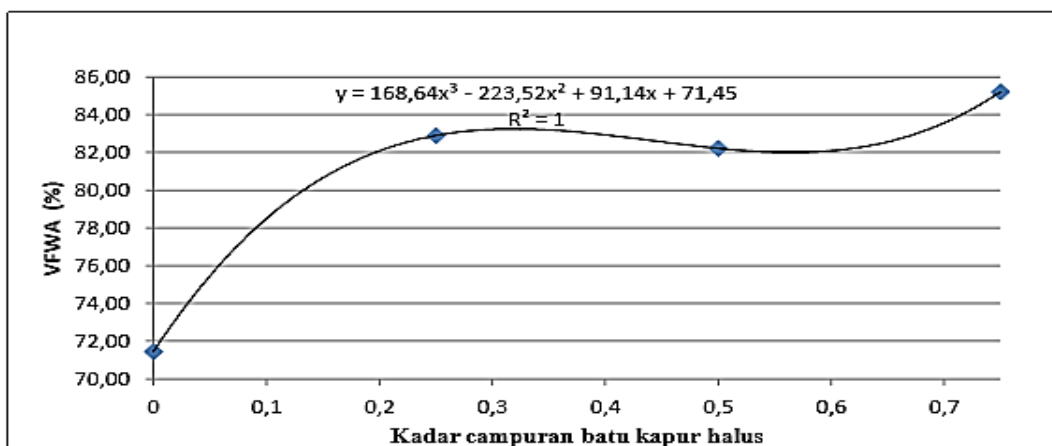


Sumber : Grafik Hasil Penelitian.

**Gambar 9.** Grafik Nilai VMA.

Penambahan batu kapur menjadikan nilai void in mineral aggregate mengalami penurunan seiring dengan peningkatan kadar batu kapur halus.[8] Hal ini disebabkan karena semakin banyak kadar batu kapur halus yang digunakan, rongga-rongga dalam agregat akan menjadi kecil sampai tertutup penuh sehingga aspal mengikat agregat dengan baik.

### 4.4 Campuran Batu Kapur Pada Nilai VFWA.

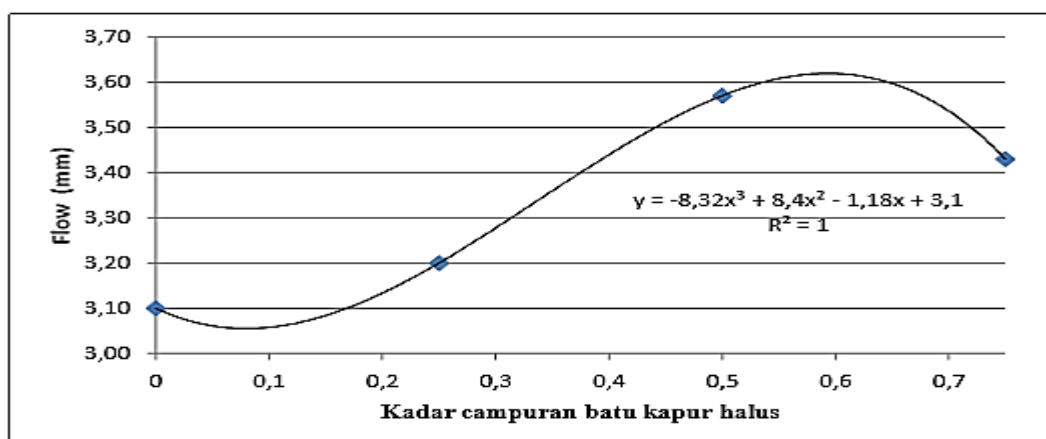


Sumber : Grafik Hasil Penelitian.

**Gambar 10.** Grafik Nilai VFWA.

Penambahan batu kapur menjadikan nilai void filled with asphalt mengalami penurunan seiring dengan peningkatan batu kapur halus. Hal ini disebabkan karena semakin banyak batu kapur halus yang digunakan, rongga-rongga yang ada dalam campuran akan tertutup oleh bahan tambah sehingga agregat terikat kuat oleh aspal dan menyebabkan aspal mengikat fraksi kasar dengan baik. Nilai void filled with asphalt tertinggi terjadi pada penambahan batu kapur halus 0,3% sebesar 83,23 %.

#### 4.5 Campuran Batu Kapur Pada *Flow*.

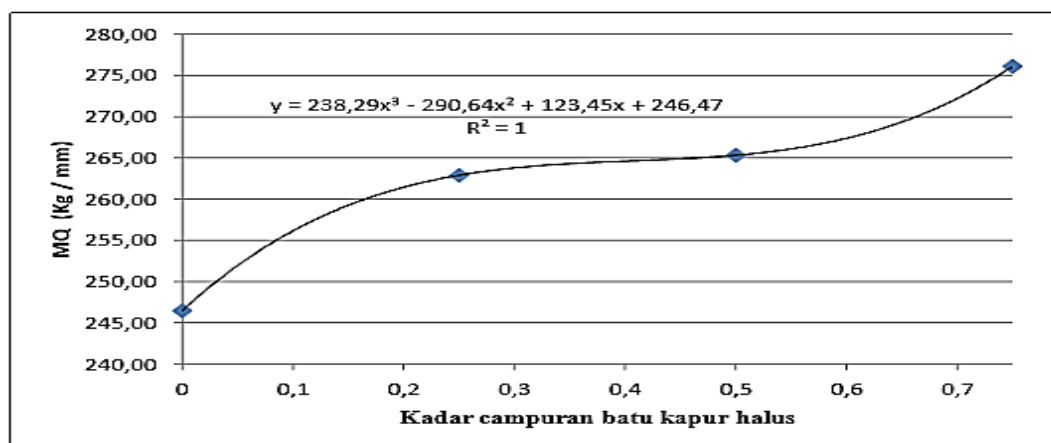


Sumber: Grafik Hasil Penelitian.

**Gambar 11.** Grafik Nilai *Flow*.

Penambahan batu kapur halus membuat nilai *Flow* secara umum mengalami kenaikan pada penambahan batu kapur halus 25%, 50% dan 7,5%. *Flow* mengalami kenaikan jika dibandingkan dengan nilai *Flow* pada kadar aspal optimum atau tanpa penambahan batu kapur halus. Nilai *Flow* tertinggi diperoleh pada penambahan batu kapur sebesar 0,6 % yakni sebesar 3,62 mm.

#### 4.6 Campuran Batu Kapur Pada Nilai Marshall *Qoutient* (MQ).



Sumber : Grafik Hasil Penelitian.

**Gambar 12.** Grafik Nilai MQ.

Penambahan batu kapur terhadap berat agregat halus ke Marshall Quotient umumnya menunjukkan peningkatan dengan meningkatnya kadar batu kapur halus dalam campuran.[29] Marshall Quotient tertinggi terjadi pada penambahan batu kapur halus 75 % yakni sebesar 276,10 Kg/mm atau mengalami kenaikan sebesar 12,02%.

## 5. Kesimpulan dan Saran

### 5.1 Kesimpulan.

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai pemanfaatan batu kapur sebagai bahan tambah pada campuran agregat halus Laston type, VII SNI 03 – 1737 – 1989 yang dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Islam Lamongan dapat disimpulkan sebagai berikut. :

1. Material batu kapur yang diambil dari Mantup Lamongan dapat digunakan sebagai bahan tambah campuran aspal panas campuran Laston Tipe VII SNI 03-1737-1989.
2. Dari hasil penambahan variasi campuran batu kapur halus sebesar 25%, 50%, 75% dari berat agregat halus pada penelitian ini menunjukkan kenaikan nilai stabilitas Marshall (*Marshall Stability*), tertinggi sebesar 33,07% pada campuran 75%, kelelahan plastis (*Flow*) tertinggi sebesar 3,57% pada campuran 50%, rongga dalam campuran (*Void in the Mix*) yang masuk dalam spesifikasi angka tertinggi sebesar 7,49% pada campuran 0%, rongga terisi aspal (*Void Filled With Asphalt*) kenaikan tertinggi sebesar 85,22% pada campuran 75%, rongga dalam agregat (*Void In Mineral Aggregate*) menurun sebesar 16,11% pada campuran 75%, serta *Marshall Quotient* meningkat sebesar 29,63% pada campuran 75%.

### 5.2 Saran.

Dari hasil penelitian yang didapat, maka saran untuk kedepannya yang bisa disampaikan yaitu :

- Diharapkan pada penelitian ini kita semua dapat memakai atau menerapkan dari hasil uji di lapangan dengan menggunakan Laston campuran limbah pecahan genteng, dan adanya ini kita dapat memanfaatkan batu kapur sebagai bahan tambah pada agregat halus pada campuran laston .
- Untuk penelitian selanjutnya diharapkan untuk memakai aspal minyak dengan menggunakan kualitas yang berbeda dan dan bisa diterapkan di jalan raya.

## Daftar Pustaka

- [1] S. Jalalul Akbar, “HUBUNGAN NILAI CBR DAN SAND CONE LAPISAN PONDASI BAWAH PADA PERKERASAN LENTUR JALAN,” *Teras J.*, 2015.
- [2] E. P. Simanjuntak *et al.*, “STUDI PENGARUH PENGGUNAAN VARIASI FILLER SEMEN , SERBUK BENTONIT , dan ABU TERBANG BATUBARA TERHADAP KARAKTERISTIK ( AC-BASE ),” pp. 1–10, 2010.
- [3] A. Gunarto and A. D. Cahyono, “Penelitian Penggunaan Batu Gamping Sebagai,” pp. 24–34, 1991.
- [4] M. Zaenuri and A. Gunarto, “e ISSN 2581-0855 PENELITIAN MENGGUNAKAN BATU GAMPING SEBAGAI AGREGAT KASAR DAN FILLER PADA ASPAL CAMPURAN AC-BC Fakultas Teknik Universitas Kadiri,” vol. 2, no. 1, pp. 28–37, 2018.
- [5] B. A. Razak and A. Erdiansa, “Karakteristik Campuran AC-WC dengan Penambahan Limbah Plastik Low Density Polyethylene (LDPE),” *INTEK J. Penelit.*, vol. 3, no. 1, p. 8, 2016.
- [6] C. Khairani, S. M. Saleh, and S. Sugiarto, “Uji Marshall Pada Campuran Asphalt Concrete Binder Course (Ac-Bc) Dengan Tambahan Parutan Ban Bekas,” *J. Tek. Sipil*, vol. 1, no. 3, pp. 559–570, 2018.
- [7] N. Ramadhan, “Pengaruh Penambahan Additive Gilsonite Hma Modifier Grade Terhadap Kinerja Aspal Porus,” pp. 1–12, 2014.
- [8] NURUL WAHYUNINGSIH, “Studi penggunaan batu kapur tuban sebagai agregat aspal beton.”
- [9] I. Gusti Raka Puranto and I. Nyoman Sapta Nugraha, “Studi Karakteristik Campuran Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC) Menggunakan Aspal Penetrasi 60/70 dengan Penambahan Lateks I,” vol. 22, no. 2, pp. 77–86, 2016.
- [10] P. Gunawan, S. Prayitno, and A. Cahyadi, “Pengaruh Penambahan Serat Galvalum Az 150 Pada Beton Ringan Dengan Teknologi Foam Terhadap Modulus Elastisitas, Kuat Tarik Dan Kuat Tekan,” vol. 2, no. September, pp. 213–220, 2013.
- [11] P. Harian, *Spesifikasi umum 2010*, vol. 2010, no. Revisi 1. 2010.

- [12] A. Gunarto, "Penelitian Campuran Aspal Beton Dengan Menggunakan Filler Bunga Pinus," *UKaRsT*, vol. 3, no. 1, p. 37, 2019.
- [13] A. F. Ahmad, A. R. Razali, I. S. M. Razelan, S. S. A. Jalil, M. S. M. Noh, and A. A. Idris, "Utilization of polyethylene terephthalate (PET) in bituminous mixture for improved performance of roads," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2017.
- [14] S. Hadiwisastra, "Kondisi Aspal Alam dalam Cekungan Buton," *J. Ris. Geol. dan Pertamb.*, vol. 19, no. 1, p. 49, 2009.
- [15] M. Manoppo, "Pemanfaatan Tras Sebagai Filler Dalam Campuran Aspal Panas Hrs - Wc," *J. Ilm. Media Eng.*, vol. 1, no. 2, 2011.
- [16] S. N. Indonesia and B. S. Nasional, "Metode uji bahan yang lebih halus dari saringan 75 m ( No . 200 ) dalam agregat mineral dengan pencucian," no. 200, 2012.
- [17] G. Qian, K. Hu, J. Li, X. Bai, and N. Li, "Compaction process tracking for asphalt mixture using discrete element method," *Constr. Build. Mater.*, vol. 235, p. 117478, 2020.
- [18] N. Aesara, I. H. Puspito, and N. Tinumbia, "ANALISIS PERBANDINGAN MATERIAL AGREGAT TERHADAP KARAKTERISTIK CAMPURAN ASPHALT CONCRETE WEARING COURSE (AC-WC)," *J. Infrastruktur*, 2019.
- [19] S. Sumiati, M. Mahmuda, and P. Puryanto, "KEUNGGULAN ASBUTON PRACAMPURAN DAN ASPAL SHELL PADA CAMPURAN ASPAL BETON (AC-BC)," *J. Poli-Teknologi*, 2019.
- [20] L. A. Kadir, "Komposisi Kimia Batu Kapur Alam dari Indutri Kapur Kabupaten Kolaka Sulawesi Tenggara," vol. 5, no. 2, pp. 104–108, 2019.
- [21] 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.
- [22] A. B. Pohan and J. Jimmi, "OPTIMASI PARAMETER MARSHALL STABILITY PADA ASPAL BETON MENGGUNAKAN PENDEKATAN HYBRID NEURAL NETWORK – GENETIC ALGORITHM," *Proceeding Semnasvoktek*, 2017.

- [23] W. A. Gul and M. Guler, "Rutting susceptibility of asphalt concrete with recycled concrete aggregate using revised Marshall procedure," *Constr. Build. Mater.*, vol. 55, pp. 341–349, 2014.
- [24] M. K.R, D. Kumar N, and T. G.S, "Performance and Evaluation on Marshall Stability Properties of Warm Mix Asphalt Using Evotherm and Cecabase Rt®-A Chemical Additive," *Int. J. Eng. Trends Technol.*, vol. 12, no. 8, pp. 406–410, 2014.
- [25] P. Jitsangiam, P. Chindapasirt, and H. Nikraz, "An evaluation of the suitability of SUPERPAVE and Marshall asphalt mix designs as they relate to Thailand's climatic conditions," *Constr. Build. Mater.*, vol. 40, pp. 961–970, 2013.
- [26] S. J. Akbar, J. Teknik, and S. Universitas, "Stabilitas Lapis Aspal Beton Ac-Wc," vol. 2, no. 4, pp. 310–320, 2012.
- [27] A. E. Modupe, O. D. Atoyebi, O. E. Oluwatuyi, O. J. Aladegboye, A. A. Busari, and A. O. Basorun, "Dataset of mechanical, marshall and rheological properties of crumb rubber – Bio-oil modified hot mix asphalt for sustainable pavement works," *Data Br.*, vol. 21, pp. 63–70, 2018.
- [28] M. Karami, J. T. Sipil, U. Lampung, and B. Lampung, "Evaluasi terhadap penggunaan aspal buton sebagai bahan tambah terhadap karakteristik dan parameter campuran beraspal modifikasi," no. Vim, 2017.
- [29] L. Arlia, S. M. Saleh, and R. Anggraini, "KARAKTERISTIK CAMPURAN ASPAL PORUS DENGAN SUBSTITUSI GONDORUKEM PADA ASPAL PENETRASI 60/70," *J. Tek. Sipil*, 2018.