

# KAJIAN PETROGRAFI AGREGAT TERHADAP STABILITAS MARSHALL CAMPURAN LASTON

Roni Abdullah<sup>1)</sup>, Ary Setyawan<sup>2)</sup>, Djumari<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Mahasiswa Program S1 Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret

<sup>2) 3)</sup> Pengajar Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret  
Jalan Ir. Sutami No.36A Surakarta 57126. Telp: 0271647069. Email : roneyabdulloh@gmail.com

## **Abstract**

*Aggregate is the main component of pavement layer that ranges between 90-95% based on percentage of weight. The carrying capacity and stability of the road surface layer is determined by its properties, grain shape and aggregate gradation. However, to obtain a qualified aggregate is difficult to do if the aggregate is taken directly from nature (quarry). So it is necessary to identify the early rocks using petrographic analysis method before processing in stone crusher.*

*In this research, the tests are weight density, water absorption, abrasion, aggregate impact value, aggregate soundness test, and aggregate petrography which then made laston mix to find marshall stability with variation of asphalt mix 4; 4,5; 5; 5,5; 6.*

*From the rock aggregate petrography study from quarry Ampel Boyolali is a basalt rock type that has mineral content of plagioclase (40%), pyroxene (8%), hornblende (2%), calcium feldspar (5%), opaque mineral (10%) and mass base of volcanic glass (35%). While Kramat Kramat quarry is a type of andesite rock which has mineral content of plagioclase (40%), pyroxene (15%), opaque mineral (3%) and base mass of volcanic glass (42%). According to the mineral content of the constituents of the rocks at the optimum bitumen content of Marshall Test, the basalt rock type from the Ampel Boyolali quarry in optimum asphalt content has a stability of 996, 720 Kg, 11.05% porosity, 3.61 mm flow, 2.201 g / cm<sup>3</sup> density, with Marshall Quotien 295,389 kg / mm. While the type of Andesite rock from Kramat quarry on optimum asphalt content has 898,852 Kg stability, 10,5% porosity, flow 3,52 mm, density 2,224 g / cm<sup>3</sup>, with Marshall Quotien 298,943 kg / mm..*

**Keywords:** *petrography, aggregate, stability*

## **Abstrak**

Agregat merupakan komponen utama dari lapisan perkerasan jalan yaitu berkisar antara 90-95% berdasarkan prosentase beratnya. Daya dukung dan stabilitas lapisan permukaan jalan ditentukan dari sifat – sifat, bentuk butir, dan gradasi agregatnya. Namun untuk mendapatkan agregat yang memenuhi syarat sulit dilakukan jika agregat di ambil langsung dari alam (*quarry*). Sehingga perlu identifikasi awal batuan dengan menggunakan metode analisis petrografi sebelum dilakukan pengolahan di *stone crusher*.

Dalam penelitian ini pengujian yang dilakukan adalah berat jenis, penyerapan air, abrasi, *aggregate impact value*, *soundness test* agregat, dan petrografi agregat yang kemudian dibuat campuran laston untuk mencari stabilitas *marshall* dengan variasi campuran aspal 4; 4,5; 5; 5,5; 6.

Dari kajian petrografi agregat batuan dari *quarry* Ampel Boyolali merupakan jenis batuan basalt yang mempunyai kandungan mineral plagioklas (40%), piroksen (8%), hornblende (2%), Kalsium feldspar (5%), mineral opak (10%) dan massa dasar berupa gelas volkanik (35%). Sedangkan *quarry* Kramat Kramat merupakan jenis batuan andesit yang mempunyai kandungan mineral plagioklas (40%), piroksen (15%), mineral opak (3%) dan massa dasar berupa gelas volkanik (42%). Menurut kandungan mineral penyusun batuan tersebut pada kadar aspal optimum pengujian *Marshall Test* jenis batuan basalt dari *quarry* Ampel Boyolali pada kadar aspal optimum memiliki stabilitas 996, 720 Kg, porositas 11,05 %, *flow* 3,61 mm, densitas 2,201 g/cm<sup>3</sup>, dengan *Marshall Quotien* 295,389 kg/mm. Sedangkan jenis Batuan andesit dari *quarry* Kramat pada kadar aspal optimum memiliki stabilitas 898,852 Kg, porositas 10,5 %, *flow* 3,52 mm, densitas 2,224 g/cm<sup>3</sup>, dengan *Marshall Quotien* 298,943 kg/mm.

**Kata Kunci :** petrografi, agregat, stabilitas

## **PENDAHULUAN**

Agregat merupakan komponen utama dari lapisan perkerasan jalan yaitu berkisar antara 90 - 95 % berdasarkan prosentase beratnya. Daya dukung dan stabilitas lapisan permukaan jalan ditentukan dari sifat-sifat, bentuk butir, dan gradasi agregatnya. Namun untuk mendapatkan agregat yang memenuhi syarat sulit dilakukan jika agregat di ambil langsung dari alam (*quarry*). Sehingga perlu identifikasi awal batuan dengan menggunakan metode analisis petrografi sebelum dilakukan pengolahan di *stone crusher*.

Setiap jenis batuan akan memiliki perilaku dan karakteristik keteknikan yang spesifik. Dalam rangka efektifitas pemakaian batuan sebagai agregat maka dibutuhkan suatu kajian yang cukup detail untuk mengetahui berbagai kendala dalam penggunaannya. Salah satu metode yang cukup handal dan umumnya dilakukan dalam tahap evaluasi awal suatu agregat yaitu melalui studi petrografi (Hudec, 1984). Dengan demikian maka studi petrografi

pada agregat sangat penting dilakukan guna menunjang efektivitas pemilihan bahan baku yang baik dan memiliki kualitas yang tinggi.

Daya lekat terhadap aspal tergantung pada keadaan pori dan jumlah pori dalam agregat. Agregat yang tidak mudah dilekati aspal akan mengakibatkan terjadinya *stripping*, yaitu terkelupasnya butiran dari perkerasan beraspal. Daya lekat aspal terhadap agregat dipengaruhi oleh sifat agregat terhadap air. Pada agregat yang bersifat *hydrophilic*, yaitu agregat yang mudah diresapi air, ikatan antara agregat dan aspal menjadi mudah lepas. Sebaliknya agregat yang tidak mudah diresapi air, *hydrophobic*, seperti *diorit*, *andesit*, akan lebih mudah terikat dengan aspal. Agregat yang digunakan sebagai lapis permukaan harus memiliki daya lekat terhadap aspal lebih dari 95%. Agregat yang mengandung silika seperti batu kuarsa dan jenis batuan granit tertentu mempunyai daya lekat terhadap aspal yang rendah. Batu kapur, dolomit mempunyai daya lekat yang tinggi terhadap aspal.

Kandungan mineral agregat akan mempengaruhi ketahanan terhadap pecah, ketahanan terhadap abrasi, ketahanan terhadap poles, ketahanan terhadap *stripping* dan ketahanan terhadap cuaca. Misalnya proses mineral plagioklas yang akan menghasilkan kapur/ karbonat akan berpengaruh terhadap porositas. Dekomposisi kimia plagioklas akibat HCL akan mengakibatkan lapuk sehingga meningkatkan abrasivitas. Agregat yang mengandung mineral – mineral sekunder akan lebih mudah mengalami pelapukan dibandingkan agregat yang memiliki mineral – mineral primer lebih banyak seperti *quartz*, *feldspar* dsb sehingga mempengaruhi nilai poles agregat. Akibat mineral *feldspar* pada batuan beku asam akan menurunkan kelekatan pada aspal sehingga akan mempengaruhi ketahanan terhadap *stripping*. Air yang mengandung asam dapat mengubah *feldspar* menjadi lempung yang akan merusak perkerasan. Sehingga perlu pengujian petrografi untuk mengidentifikasi mineral – mineral yang terkandung pada agregat sebagai bahan perkerasan.

## TINJAUAN PUSTAKA

Berube dan Fournier pada tahun 1993 menerangkan bahwa penyelidikan petrografi pada skala mikroskopis agregat memungkinkan menemukan keberadaan substansi dan jumlah konstituen reaktif yang dapat menyebabkan kerusakan yang merugikan. (Berube, dkk., 1993).

Identifikasi terhadap karakter agregat berdasarkan sifat fisik, pengujian petrografi, dan sifat teknis merupakan hal yang sangat penting untuk keperluan konstruksi di Pakistan. Tiga aspek utama penentu karakter agregat, yaitu sumber agregat, proses pemecahan, dan properti dasar yang diperoleh dari pengujian dipadukan untuk dianalisis. Analisis kualitatif terhadap agregat dari berbagai sumber dan sifat petrografi digabung dengan hasil pengujian akan sifat-sifat agregat. (Zaidi et al, 2008).

Pernyataan Fistic didukung oleh Kondelchuk dan peneliti lainnya pada tahun 2005. Mereka mengemukakan bahwa perbedaan parameter petrografi dari batuan-batuan granit sangat mempengaruhi sifat mekanis dari batuan yang bersangkutan, sehingga sifat-sifat fisik dan mekanis dari batuan merupakan fungsi dari parameter petrografi dari batuan tersebut. Ketahanan batuan terhadap abrasi akan bertambah seiring dengan bertambahnya kandungan quartz dan feldspar. Sementara kandungan mika dalam batuan justru akan memberi efek yang sebaliknya, yaitu ketahanan terhadap abrasi makin melemah. Ketahanan batuan terhadap impact atau beban kejut akan bertambah jika kandungan mika bertambah dan kandungan feldspar berkurang (Kondelchuk, dkk., 2005).

Sifat teknis agregat yang dari Banten, Jawa Barat yang merupakan batuan andesite, dibandingkan dengan olivine basalt yang diambil dari Irlandia Utara. Sejarah geologi batuan di kedua negara sangat mempengaruhi properti fisik, mekanis dan kekekalan batuan yang bersangkutan. Batuan mengalami iklim yang berbeda, tropis pada batuan di Banten dan Irlandia merupakan daerah beriklim dingin, sehingga mengalami pelapukan yang berbeda pula. Korelasi antara data fisik dan data mekanis batuan dari kedua negara menunjukkan bahwa batuan basalt dari Irlandia mempunyai kerapatan dan kekuatan yang lebih tinggi daripada batuan dari Banten. Terdapat korelasi antara berat jenis dan penyerapan air, dimana batuan dengan porositas tinggi (lebih menyerap air) akan mengurangi berat jenis. Angka penyerapan air batuan dari kedua negara kurang dari 5%. Disamping itu terdapat korelasi antara penyerapan air dan nilai abrasi Los Angeles, dimana dengan tingkat penyerapan air yang bertambah akan menaikkan nilai abrasi Los Angeles, dengan kata lain agregat dengan tingkat penyerapan air yang tinggi akan lebih mudah mengalami degradasi. Dapat dikatakan bahwa nilai abrasi Los Angeles dapat diprediksi apabila nilai penyerapan air diketahui (Widajat, 2005).

Batu kapur asal Tuban secara teknis tidak layak digunakan sebagai bahan lapis perkerasan aspal beton. Kinerja dari batu kapur pada campuran laston menunjukkan bahwa campuran memiliki nilai *Marshall Quotient* (MQ) yang tinggi (>350 kg/mm). Tingginya nilai MQ berarti campuran memiliki nilai stabilitas yang tinggi, namun

fleksibilitas rendah. Penyerapan aspal yang tinggi oleh batu kapur Tuban menyebabkan nilai VIM (*Void in Mix* – rongga dalam campuran) menjadi sangat tinggi (> 5%), yaitu rongga antar agregat menjadi besar karena aspal lebih banyak yang terserap ke dalam agregat (Arifin, et al, 2008).

## LANDASAN TEORI

### Petrografi Agregat Batuan Beku (*Igneous Rock*)

Jenis batuan ini berasal dari material cair atau magma cair dari dalam perut bumi yang keluar dan membeku di permukaan bumi. Batuan jenis ini masih dibedakan atas batuan beku luar (*extrusive igneous rock*) dan batuan beku dalam (*intrusive igneous rock*). Batuan beku luar dibentuk dari material yang keluar dari permukaan bumi disaat gunung berapi meletus dan akibat pengaruh cuaca sehingga mengalami pendinginan dan membeku. Umumnya batuan beku berbutir halus, seperti misalnya batu apung, andesit, basalt, obsidian, dan sebagainya. Batuan beku dalam dibentuk dari magma yang tidak dapat keluar ke permukaan bumi. Magma mengalami pendinginan dan membeku secara perlahan-lahan. Batuan yang memiliki tekstur kasar ini dapat ditemui di permukaan bumi karena erosi dan gerakan bumi. Seperti misalnya batu granit, *granodiorit*, *gabbro* dan *diorit*. Karakteristik petrografi batuan menjelaskan kandungan mineral batuan, struktur dan tekstur mineral batuan. Kandungan mineral penyusun batuan dan tekstur batuan di jelaskan pada tabel 1 dan tabel 2

**Tabel 1. Mineral penyusun batuan**

Jenis Mineral	Mineral Penyusun
Mineral Utama	<p>A. Mineral Mafik            Kelompok Olivin: Forsterite, fayalite, monticellite;            Kelompok Piroksen:  <i>Ortopiroksen</i>: enstatite, hyperstene;  <i>Klinopiroksen</i>: augit, diopsid, pigeonite, aegirine;            Kelompok Amphibol:            Hornblende, Riebeckkrite;            Kelompok Mika:            Biotit;            B. Mineral Felsik            Kelompok Feldspar:            Plagioklas, K. Feldspar (sanidin, ortoklas, mikroklin), Feldspatoid (leusit, nefelin, sodalit, cancrinit)            Kelompok Mika:            Muskovit; kuarsa, tridimit, kristobalit.</p>
Mineral Sekunder	Serpentin, idingsit, limonit, antofilit, tremolit-aktinolit, hornblende, klorit, kalsit, kaolin, epidot, serisit, anelcite, natrolite.
Mineral Asesori	Apatit, beryl, fluorit, perovskite, spinel, turmalin, zircon, magnetit, ilmenit.

**Tabel 2. Tekstur Batuan**

Tekstur Mineral	Tekstur batuan
Tekstur Umum	<p>1. <i>Derajat kristalisasi</i>:            a. Holokristalin berupa granular, mukrolit, kristali;            b. Hipokristalin terdiri dari kristal dan massa gelas;            c. Holohialin tersusun atas massa gelas saja            2. <i>Kemas</i>            a. Ewuigranular: panidiomorfik, granular, hipidiomorfik, granular, allotriomorfik;            b. Inequigranular: porfiritik, vitroverik, perfiroafanitik, dan felsifelik.</p>
Tekstur Khusus	<p>1. <i>Tekstur intergrowth</i>            Grafik, granoferik, mirmekitik, intergranular, diabasik, ofitik, subofitik, intersertal, poiklitik, porfiritik, corona, pertit, dan antipertit.            2. <i>Tekstur aliran</i>            Pilotaksitik, trakitik dan hialopolitik</p>

### Kekerasan (*hardness*)

Penilaian kekerasan mineral berdasarkan skala yang direka oleh Friedrich Mohs (1812) yang dikenal dengan Mohs Scale. Secara berurutan Mohs menyusun 10 mineral dari yang paling lunak ke material yang paling keras, seperti tersaji pada Tabel 3.

**Tabel 3. Skala Kekerasan Mohs**

Jenis mineral	Skala Kekerasan
<i>Talc</i>	1
<i>Gypsum</i>	2
<i>Calcite</i>	3
<i>Fluorite</i>	4
<i>Apatite</i>	5
<i>Feldspar</i>	6
<i>Quartz</i>	7
<i>Topaz</i>	8
<i>Corundum</i>	9
<i>Diamond</i>	10

**Berat Jenis**

Kerapatan batuan dapat dinyatakan sebagai “berat jenis”, dimana kerapatan batuan relatif terhadap kerapan air. Meski demikian, batuan dengan jenis sama bisa memiliki berat jenis yang berlainan, tergantung dari perbedaan kandungan mineral dan pori/ruang. Pada Tabel 4 berikut ini tersaji berat jenis beberapa mineral utama penyusun batuan beku.

**Tabel 4. Berat Jenis Mineral**

Jenis Mineral	Berat jenis
<i>Albite</i>	2,6-2,63
<i>Andesine</i>	2,6-2,63
<i>Bytownine</i>	2,72-2,74
<i>Hornblende</i>	2,9-3,4
<i>Pyroxene</i>	3,18

**Agregat**

ASTM (1974) mendefinisikan agregat/batuan sebagai suatu bahan yang terdiri dari mineral padat, berupa massa berukuran besar atau berupa fragmen-fragmen. Agregat/batuan merupakan komponen utama dari perkerasan jalan yang mengandung 90 – 95% agregat berdasarkan prosentase berat atau 75 – 85% berdasarkan prosentase volume. Dengan demikian, sifat-sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material lain menentukan daya dukung, mutu dan keawetan perkerasan jalan.

**Pengujian Petrografi**

Hasil analisis petrografi tidak lepas dari peran mikroskop polaroid yang ditunjukkan pada Gambar 1 di bawah ini. Melalui mikroskop ini sayatan tipis agregat dapat dilihat dengan jelas hingga terlihat mineral apa saja yang menyusun agregat.

**Laston**

Laston atau aspal beton merupakan campuran aspal panas yang mempunyai agregat kasar, pasir, bahan pengisi (*filler*) dan aspal.

**METODE**

Dalam pengumpulan data menggunakan metode percobaan di laboratorium. Data laboratorium meliputi pengujian sifat petrografi, berat jenis dan penyerapan air agregat, pengujian abrasi, pengujian *aggregate impact value* dan sifat – sifat marshal campuran agregat. Objek penelitian adalah agregat *quarry* Ampel Boyolali dan Kramat Magelang.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Pengujian Sifat Fisik Agregat

Agregat yang digunakan sebagai bahan pengujian sifat fisik agregat adalah agregat yang berasal dari *quarry* Ampel Boyolali dan *quarry* Kramat Magelang.

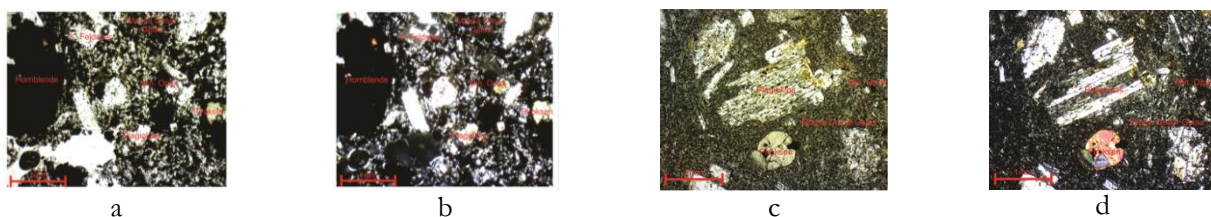
**Tabel 5. Hasil Pengujian Sifat Fisik Agregat**

No.	Jenis Pemeriksaan	Acuan	Syarat		Agregat eks. Ampel	Agregat eks. Kramat
			Min.	Maks.		
1	Berat jenis curah kering (bulk)		2,5 gr	-	2,5 gr	2,39 gr
	Berat jenis curah (jenuh kering permukaan)	SNI 1969 : 2008	-	-	2,51 gr	2,44 gr
	Berat jenis semu (apparent)		-	-	2,52 gr	2,52 gr
2	Penyerapan air	SNI 1969 : 2008		3%	0,4%	2,93%
3	Abrasi dengan mesin Los Angeles	SNI 2417:2008	-	40%	16,38 %	38,55 %
4	Ketahanan Terhadap Tumbukan ( <i>impact</i> )	SNI 03-4426-1997	-	30%	20 %	30 %

Sesuai dengan yang telah disajikan pada Tabel 5 dapat dilihat hasil pengujian berat jenis agregat yang berasal dari *quarry* Ampel Boyolali memiliki nilai yang lebih baik daripada agregat yang diambil dari *quarry* Kramat. Disamping itu, nilai penyerapan air agregat eks. Ampel juga lebih baik daripada eks. Kramat. Selain itu, pada pengujian abrasi menggunakan mesin Los Angeles, agregat eks. Kramat tidak memiliki nilai yang lebih baik daripada agregat eks. Ampel. Begitu pula dengan hasil pengujian ketahanan agregat terhadap tumbukan (*impact*), yang menunjukkan bahwa agregat eks. Ampel lebih kuat ketimbang eks. Kramat.

### Hasil Pengujian Petrografi

Hasil pengamatan sayatan petrografis dan analisa lebih lanjut untuk mengetahui petrografi asgregat disajikan pada Gambar 1 dan Tabel 6 di bawah ini.



Gambar 1. (a) Nikol Sejajar dan (b) Nikol Silang Sayatan Agregat Eks. *Quarry* Ampel; (c) Nikol Sejajar dan (d) Nikol Silang Sayatan Agregat Eks. *Quarry* Kramat

**Tabel 6. Hasil Pengujian Petrografi**

No	Asal agregat	Ampel	Kramat
1	Nama	<i>Basalt</i>	<i>Andesit</i>
2	Jenis batuan	Batuan beku basa vulkanik	Batuan beku intermediet vulkanik
3	Warna	Hitam abu - abu	Hitam abu - abu
4	Indeks warna	10%	15%

5	Derajat kristalinitas	Hipokristalin	Hipokristalin
6	Derajat granularitas	Fanerik sedang - afanitik	Fanerik sedang - afanitik
7	Bentuk kristal	Subhedral - anhedral	Subhedral - anhedral
8	Ukuran kristal	0,25 – 1,3 mm	0,25 – 2 mm
9	Relasi	Inequigranular vitroverik	Inequigranular vitroverik dengan tekstur khusus pilotaksitik
10	Komposisi	Plagioklas (40%), piroksen (8%), K. Feldspar (5%), Homblende (2%), opak mineral (10%), dan massa dasar gelas (35%)	Plagioklas (40%), piroksen (15%), opak mineral (3%), dan massa dasar gelas (42%)
11	Ukuran fenokris pada plagioklas	0,25 – 1 mm	0,4 – 1,5 mm

Hasil  
Pen-

### gujian *Marshall Test*

#### Kadar Aspal Optimum

Kadar aspal optimum adalah kadar aspal yang akan menghasilkan sifat karakteristik terbaik pada suatu campuran aspal. Kadar aspal optimum ini akan digunakan sebagai dasar dalam perhitungan kadar aspal untuk pembuatan benda uji berikutnya. Kadar aspal optimum ditentukan berdasarkan nilai stabilitas yang terbesar atau lebih tepatnya dengan penurunan /diferensial ( $y'=0$ ) persamaan regresi polinomial dari grafik hubungan kadar aspal dengan stabilitas. Dengan hasil tersaji pada tabel 7 dibawah ini.

**Tabel 7. Hasil Pengujian Pengujian Marshall Test Pada Kadar Aspal Optimum**

Campuran AC	Kadar Aspal Optimum (%)	Stabilitas (kg)	Porositas (%)	Flow (mm)	Densitas (gr/cm <sup>3</sup> )	Marshall Quotient (kg/mm)
Ampel	5,24	996,720	11,05	3,61	2,201	295,389
Kramat	5,24	898,852	10,5	3,52	2,224	298,943

### Pengaruh Komposisi Mineral Terhadap Hasil Uji Marshall

**Tabel 8. Hasil Pengujian Pengujian Marshall Test Pada Kadar Aspal Optimum**

Campuran AC	Kadungan Massa Dasar Gelas (%)	Kadar Aspal Optimum (%)	Stabilitas (kg)	Porositas (%)	Flow (mm)	Densitas (gr/cm <sup>3</sup> )	Marshall Quotient (kg/mm)
Ampel	35	5,24	996,720	11,05	3,61	2,201	295,389
Kramat	42	5,24	898,852	10,5	3,52	2,224	298,943

Berdasarkan perbandingan kadungan massa dasar gelas dengan nilai hasil uji marshall pada tabel 8 diatas bahwa kadungan massa dasar gelas memperlemah campuran laston.

## SIMPULAN

Berdasar pengujian sifat fisik, mekanik dan kajian petrografi batuan dari *quarry* Ampel Boyolali merupakan jenis batuan basalt yang mempunyai kandungan mineral plagioklas (40%), piroksen (8%), *hornblende* (2%), Kalsium *feldspar* (5%), mineral opak (10%) dan massa dasar berupa gelas vulkanik (35%). Sedangkan *quarry* Kramat Magelang merupakan jenis batuan andesit yang mempunyai kandungan mineral plagioklas (40%), piroksen (15%), mineral opak (3%) dan massa dasar berupa gelas vulkanik (42%).

Menurut pengujian *Marshall Test* jenis batuan basalt dari *quarry* Ampel Boyolali pada kadar aspal optimum memiliki stabilitas 996, 720 Kg, porositas 11,05 %, *flow* 3,61 mm, densitas 2,201 g/cm<sup>3</sup>, dengan *Marshall Quotient* 295,389 kg/mm. Sedangkan jenis Batuan andesit dari *quarry* Kramat Magelang pada kadar aspal optimum

memiliki stabilitas 898,852 Kg, porositas 10,5 %, *flow* 3,52 mm, densitas 2,224 g/cm<sup>3</sup>, dengan Marshall Quotien 298,943 kg/mm.

Keberadaan mineral seperti massa dasar gelas pada batuan berpengaruh terhadap nilai stabilitas, porositas, *flow*, densitas, dan *Marshall Quotien* akibat dari penyerapan aspal oleh mineral – mineral penyusun batuan

## REKOMENDASI

Perbanyak sampel benda uji selain menggunakan agregate jenis batuan basalt dan andesit.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih kepada Ir. Ary Setyawan, M.Sc., Ph.D dan Ir. Djumari, MT yang telah membimbing, memberi arahan dan masukan dalam penelitian ini.

## REFERENSI

- Fistic, M., Tomasic, I., dan Vrkljan, M., 2002. *Influence of Petrographic Characteristics of Silicate Rocks on the Quality of Aggregates*, Rudarsko-geolosko-naftni zbornik, Vol. 14, Zagreb
- Hudec, dan Peter, P., 1984. Quantitative petrographic analysis of aggregate, *Bull. Int. Assoc. Eng. Geology*, 29: 381-385.
- Hudec, P., Arthur, F., Hogan, F., dan Pidwerbesky, B., 2008. *Case Study of How An Environmental Protection Activity Adversely Affected the Performance of A High Quality Pavement Aggregate*, dari the 23<sup>rd</sup> ARRB Conference, Research Partnering with Practitioners, Adelaide, Australia.
- Kondelchuk, D., dan Novikov, E., 2005. *Study of the Mechanical Properties of the Granitoid Rocks dan the Influence of Blasting Parameters on the Quality of Aggregates*, Literature Research, Department of Civil Engineering, Lulea University of Technology
- Malewski, J. A., 1984. A comparison of particle shape characteristics of crushed basalt and granite rocks, , *Bull. Int. Assoc. Eng. Geology*, 29: 401-406.
- Zaidi, S.M., Rafeeqi, S.F.A., Ali, M.S., dan Khan, A.M., 2008. *Aggregate Characterization - An Important Step towards Addressing Construction Issues in Pakistan*, dari First International Conference on Construction In Developing Countries (ICCIDC-I), Pakistan