

PEMANFAATAN *FILLER* KAPUR CANGKANG KERANG SEBAGAI PENGGANTI *FILLER* ABU BATU UNTUK MENINGKATKAN DURABILITAS BETON ASPAL TERHADAP PERENDAMAN

Risma Masniari Simanjuntak¹⁾ Gatto Kijo Abugau²⁾

¹⁾Jurusan Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia

Email: rismasimanjuntak@gmail.com

²⁾Jurusan Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia

Email: abugauk@gmail.com

Masuk:28-02-2020, revisi: 9-03-2020, diterima untuk diterbitkan: 22-04-2020

ABSTRAK

Upaya untuk meminimalisir kerusakan jalan akibat genangan air dapat dilakukan dengan alternatif penggantian sebagian material pembentuk perkerasan jalan beton aspal yaitu dengan mengganti sebagian atau seluruh *filler* standar berupa abu batu dengan kapur cangkang kerang yang mengandung $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Dengan mengacu pada pemanfaatan *hydrated lime* dari batuan kapur sebagai *filler* yang dapat meningkatkan durabilitas campuran beraspal, maka limbah cangkang kerang yang diolah menjadi *hydrated lime* dapat dianalogikan mempunyai manfaat yang sama. Penelitian ini dilakukan dengan metode pengujian Marshall pada campuran beraspal yang menggunakan *filler* abu batu dengan mengganti abu batu dengan *filler* kapur cangkang dengan persentase yang bervariasi untuk mendapatkan nilai perbandingan nilai Marshall serta melakukan perbandingan penurunan nilai-nilai tersebut bila dilakukan uji proses basah kering berulang dengan variasi perendaman menggunakan air hujan dengan pH 4,9 sebanyak 2 kali, 3 kali, dan 4 kali. Dari analisis hasil uji tersebut didapatkan peningkatan nilai stabilitas pada peningkatan persentase *filler* kapur cangkang dan penurunan nilai Marshall yang lebih kecil akibat perendaman berulang dibandingkan dengan penggunaan abu batu..

Kata-kata kunci: *filler* kapur cangkang, abu batu, *hydrated lime*(CaOH_2), nilai Marshall, perendaman

ABSTRACT

Efforts to minimize the damage to the road due to rainwater can be done by alternative replacement of some of the asphalt concrete pavement forming material by replacing part or all of the standard filler in the form of rock ash with shell lime containing $\text{Ca}(\text{OH})_2$. With reference to the use of hydrated lime from limestone as a filler that can increase the durability of asphalt mixtures, the waste of shells processed into hydrated lime can be analogous to the same benefit. This research was conducted by Marshall testing method on asphalt mixtures using stone ash filler by replacing stone ash with shell lime filler with a variation ratio to get a comparison of Marshall values and make a comparison of the decrease in these values if the repeated dry wet process is tested using rainwater that has a pH 4,9 and will be done 2 times, 3 times, and 4 times immersion. From the analysis of the test results it was found that an increase in the stability value in increasing the percentage of shell lime filler and a smaller decrease in Marshall value due to repeated immersion compared to the use of rock ash.

Keywords: *shell lime filler, rock ash, hydrated lime (CaOH_2), Marshall value, immersion*

1. PENDAHULUAN

Struktur perkerasan jalan merupakan struktur yang tidak terlindungi dan sangat dipengaruhi oleh kondisi iklim pada lokasi dimana perkerasan tersebut dibangun. Kondisi iklim pada suatu lokasi, terutama kelembaban dan temperatur akan mempengaruhi kinerja struktur jalan dalam jangka panjang terutama dalam hal respon struktur perkerasan jalan dalam menahan beban kendaraan. Akibat panas yang tinggi pada iklim tropis, pengerasan aspal akibat penuaan pada beton aspal akan lebih cepat terjadi terutama karena permukaan beton aspal terekspos langsung terhadap lingkungan sehingga keretakan permukaan jalan beraspal di daerah tropis akan lebih cepat terjadi (R. Anwar Yamin dan Herman, 2005). Secara keseluruhan kondisi jalan rusak di Indonesia mencapai 3.800 kilometer atau 10% jika dibandingkan dengan total panjang jalan nasional yang mencapai 38.500 kilometer dengan pertumbuhan jalan 0,6% per tahun. Hampir setiap wilayah di Indonesia, tidak terlepas dari

persoalan jalan rusak (Arief Zulkarnaen, 2012). dan penyebab utama yang menjadikan kerusakan itu sebagian besar adalah karena adanya genangan air, proses oksidasi, sifat tanah yang tidak stabil dan jumlah kendaraan dengan beban yang terus meningkat melampaui kapasitas angkutnya.

Adanya genangan air pada permukaan jalan akan mempengaruhi kinerja perkerasan jalan beraspal khususnya dalam masalah ketahanan atau keawetan jalan (durabilitas) apalagi jika genangan air hujan bersifat asam karena mempunyai nilai $\text{pH} < 5,6$. Semakin lama perkerasan jalan terendam air maka sifat durabilitas aspal ini akan berkurang sehingga lambat laun perkerasan jalan akan mengalami kegetasan (rapuh). Pada umumnya penelitian yang telah dilakukan melihat kondisi penggenangan yang semakin lama, namun dalam kenyataannya permukaan jalan mengalami masalah penggenangan dan pengeringan yang secara berulang terjadi, dengan demikian pengaruh basah kering inilah yang perlu diselidiki dalam kaitannya dengan penurunan kinerja perkerasan jalan. Potensi kegagalan campuran beraspal akibat genangan air dapat dikurangi dengan salah satu alternatif penambahan atau penggantian sebagian bahan material jalan beraspal dengan bahan lain, antara lain dengan mengganti material bahan pengisi (*filler*) dengan material yang diharapkan akan mampu menambah durabilitas dan stabilitas aspal. Salah satu alternatif penggantian bahan pengisi untuk peningkatan durabilitas dan keawetan jalan beraspal adalah dengan menggunakan kapur cangkang kerang.

Indonesia merupakan negara kepulauan yang memiliki garis pantai terpanjang nomor dua di dunia dengan panjang 99.093 km. Bila di sepanjang pantai sering ditemukan adanya cangkang kerang yang berserakan, maka limbah cangkang kerang di pantai bersama dengan limbah cangkang kerang hasil buangan sisa makanan akan dapat menghasilkan kapur cangkang yang dapat dimanfaatkan sebagai *filler* bagi campuran perkerasan jalan beraspal. Hal ini dapat mendorong penyelamatan ekosistem alam dengan mengurangi banyaknya limbah cangkang kerang yang terbuang sia-sia. Cangkang kerang pada kenyataannya mengandung senyawa kapur CaO dengan presentase 66,70 %. Senyawa CaO ini merupakan salah satu senyawa kimia utama penyusun semen (Shinta Marito Siregar, 2009). Cangkang kerang yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis *Polysesoda Erosa* atau cangkang kepah yang sudah diproses lebih dulu menjadi bubuk kapur. Bubuk kapur yang digunakan sebagai bahan pengganti *filler* pada campuran beton aspal dalam penelitian ini berasal pembakaran cangkang kerang laut yang mengandung kalsium karbonat (CaCO_3) menjadi CaO , kemudian ditambahkan air sehingga terjadi reaksi sebagai berikut: $\text{CaO} + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2$. Kapur cangkang termasuk jenis kapur terhidrasi (*hydrated lime*) dalam siklus kapur.

Dallas N. Little dan Jon A Epps (2001) dalam jurnal *National Lime Association* membuktikan bahwa *hydrated lime* atau kalsium hidroksida dari batuan kapur mampu memperlambat kerusakan aspal akibat kelembaban, mereduksi penuaan aspal dan oksidasi, dan mencegah *rutting*. Kalsium hidroksida juga memberikan pengaruh yang positif terhadap campuran beton aspal sebagai mineral pengisi yang mampu meningkatkan kekakuan campuran beraspal sehingga membantu mendistribusikan dan mereduksi tegangan dan tekanan akibat beban kendaraan, sehingga deformasi permanen dapat dicegah. Selain itu, secara menguntungkan dapat berinteraksi dengan penyebab oksidasi untuk mereduksi efek kerusakan akibat oksidasi. Dengan menganalogikan kapur cangkang kerang dengan kapur terhidrasi yang berasal dari batuan kapur maka penelitian ini dilakukan dengan harapan peningkatan kualitas dari campuran beton aspal dengan mengganti sebagian atau seluruh *filler* abu batu yang menjadi standar campuran beton aspal lapis permukaan antara (*Asphalt Concrete Binder Course*) terhadap karakteristik uji Marshall dan uji perendaman dalam hal ini peningkatan pada stabilitas dan durabilitas dapat dicapai.

2. METODOLOGI

Penelitian dimulai dengan mempelajari literatur dan standar serta spesifikasi yang dibutuhkan dalam penelitian menggunakan alat di laboratorium perkerasan jalan. Penetapan gradasi agregat berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga tahun 2010 untuk tipe Lapis Aspal Beton (Laston) dengan mengambil Spesifikasi No. Campuran IV dengan ketebalan padat 25-50 cm seperti tercantum pada Tabel 1.

Tabel 1. Persentase agregat No. Campuran IV Bina Marga 2010

No. Saringan	Tertahan (%)	Berat (gr)
1/2 "	9,40	105,5
3/8 "	9,90	111,1
No. 4	18,60	208,7
No. 8	21,70	243,5
No. 30	17,20	193,0
No. 50	5,50	61,7
No. 100	4,70	52,7
No. 200	6,40	71,8
Filler	6,60	74,1

Selanjutnya penelitian dilakukan dengan proses pelaksanaan di laboratorium perkerasan jalan dengan langkah sebagai berikut:

1. Mempersiapkan seluruh bahan agregat yang digunakan berupa agregat kasar, agregat halus, bahan pengisi (*filler*) abu batu dan kapur canggang kerang .
2. Melakukan pengujian terhadap setiap material yang digunakan berdasarkan spesifikasi SNI dari setiap uji.
3. Jika setiap uji material sudah memenuhi persyaratan, maka bahan dapat digunakan untuk membuat benda uji yang dibutuhkan yaitu sebanyak lima benda uji untuk setiap uji. Pengujian dalam hal ini menggunakan satu nilai kadar aspal optimum dari hasil penelitian yang sudah pernah dilakukan sebelumnya dengan material yang sama yaitu sebesar 6,5% (Harun Permadi, 2011).
4. Benda uji yang dibuat pertama kali untuk mendapatkan gambaran pengaruh penggantian *filler* abu batu dengan *filler* kapur canggang sebesar 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100%, kemudian benda uji diuji dengan alat Marshall untuk mendapatkan perbandingan nilai stabilitas, kelelahan (*flow*), dan kuosien Marshall. Kemudian hasil uji ini dianalisis untuk mendapatkan nilai Marshall campuran dengan hasil yang terbaik.
5. Dari nilai optimal hasil uji Marshall, proses akan diteruskan untuk menguji efek perendaman air hujan dengan melakukan proses basah kering pada benda uji yaitu dikeringkan, direndam, dikeringkan dan seterusnya, dengan masing-masing lamanya perendaman dan pengeringan selama 24 jam. Penelitian dilakukan dengan proses perendaman benda uji sebanyak dua kali, tiga kali, dan empat kali. Setelah itu benda uji yang mengalami proses perendaman menggunakan air hujan diuji menggunakan alat uji Marshall.
6. Hasil uji Marshall terhadap benda uji yang direndam dianalisis untuk mendapatkan efek pada nilai Marshall yang terjadi.

3. HASIL DAN ANALISIS

3.1. Hasil Uji Agregat dan Aspal

Hasil pengujian bahan agregat kasar dan agregat halus yang digunakan dalam penelitian telah memenuhi persyaratan Standar Nasional Indonesia seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2, sehingga dapat digunakan dalam penelitian. Dalam penelitian ini digunakan aspal dengan penetrasi 60/70. Hasil pengujian terhadap aspal juga memenuhi syarat yang telah ditetapkan dalam SNI seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3, sehingga dapat digunakan dalam uji pencampuran berikutnya .

Tabel 2. Hasil uji bahan agregat kasar dan halus

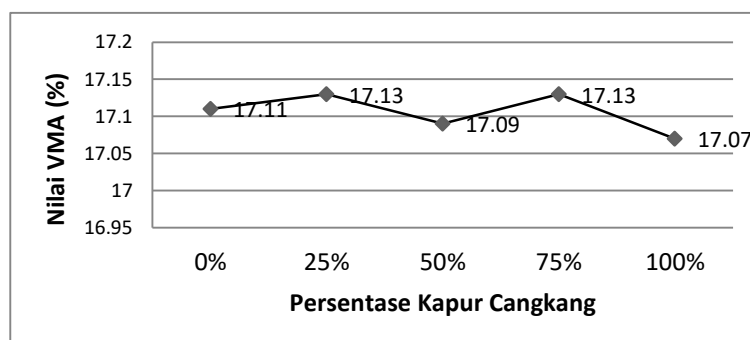
Jenis uji	Hasil	Standar uji	Syarat spesifikasi	Keterangan
Berat jenis agregat kasar(gr/ml)	2,64	SNI 03-1969-1990	$\geq 2,5$	Memenuhi
Berat jenis agregat halus (gr/ml)	2,61	SNI 03-1970-1990	$\geq 2,5$	Memenuhi
Penyerapan agregat kasar (%)	2,85	SNI 03-1969-1990	≤ 3	Memenuhi
Penyerapan agregat halus (%)	2,50	SNI 03-1970-1990	≤ 3	Memenuhi
Abrasi dengan mesin Los Angeles (%)	18,46	SNI 03-2417-1990	≤ 40	Memenuhi

Tabel 3. Hasil uji bahan aspal

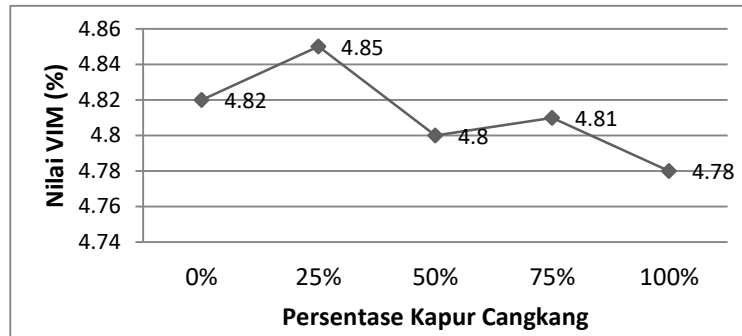
Jenis uji	Hasil	Standar uji	Syarat spesifikasi	Keterangan
Berat jenis aspal (gr/ml)	1,05	SNI 06-2441-1991	$\geq 1,0$	Memenuhi
Penetrasi aspal (mm)	64	SNI 06-2456-1991	60-70	Memenuhi
Daktalitas aspal (cm)	116	SNI 06-2432-1991	≥ 100	Memenuhi
Titik lembek aspal (°C)	50,5	SNI 06-2434-1991	≥ 48	Memenuhi
Titik nyala aspal (°C)	316	SNI 06-2433-1991	≥ 232	Memenuhi
Viskositas (°C)	480,4	SNI 06-6441-2000	≥ 385	Memenuhi
Perkiraan suhu percampuran (°C)	156-162	ASSHTO-27-1990	-	
Perkiraan suhu pemadatan (°C)	146-151	ASSHTO-27-1990	-	

3.2. Hasil Uji Marshall pada Variasi Campuran Filler Kapur Cangkang dan Abu Batu

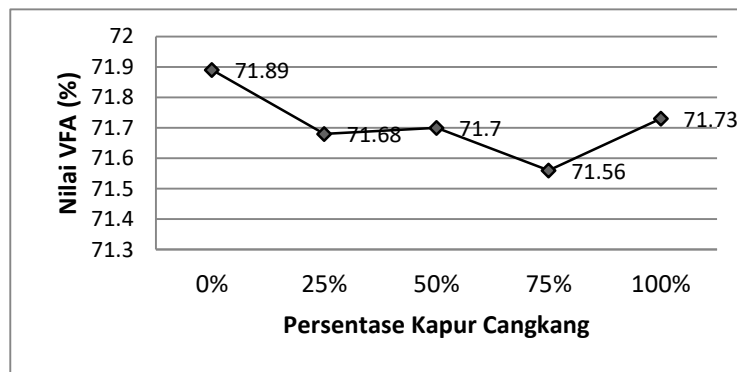
Dengan perubahan persentase yang dilakukan secara variatif terhadap banyaknya filler kapur cangkang kerang dan abu batu pada campuran beton aspal, maka dilakukan perhitungan terhadap karakteristik volumetrik campuran untuk mendapatkan nilai volume rongga dalam agregat ($VMA = \text{void in the mineral aggregate}$), volume rongga beton aspal padat ($VIM = \text{void in mix}$), dan volume rongga pada beton aspal yang terisi oleh aspal ($VFA = \text{volume of void filled with asphalt}$). Hasil uji karakteristik volumetrik dan analisis data pada hasil campuran menggunakan variasi persentase *filler* kapur cangkang : *filler* abu batu = 0:100%, 25:75%, 50:50%, 75:25%, 100:0% menghasilkan tendensi grafik seperti terlihat pada gambar 2 sampai dengan gambar 4.



Gambar 2. Grafik nilai VMA pada berbagai variasi persentase kapur cangkang

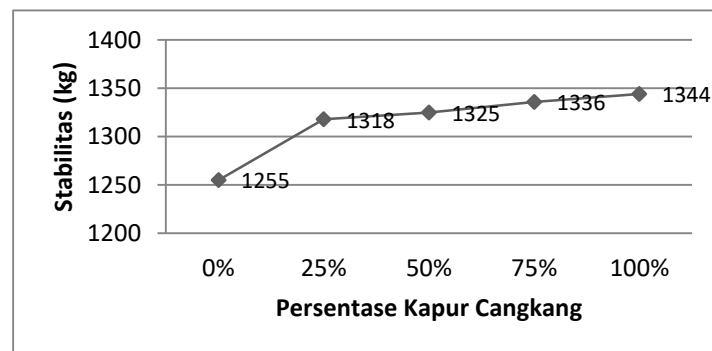


Gambar 3. Grafik nilai VIM pada berbagai variasi persentase kapur cangkang

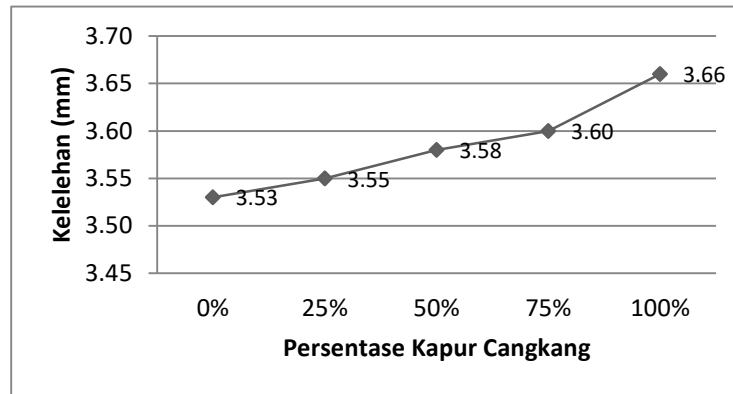


Gambar 4. Grafik nilai VFA pada berbagai variasi persentase kapur cangkang

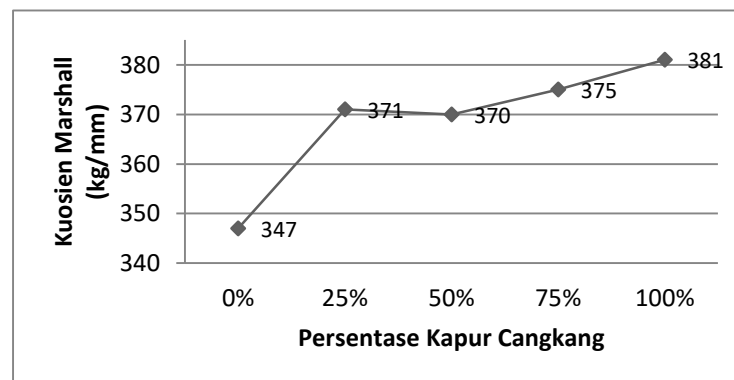
Hasil pengujian terhadap persentase filler yang bervariasi yang dilakukan dengan uji Marshall mendapatkan hasil grafik yang terlihat pada gambar 5 sampai dengan gambar 7, dimana gambar grafik tersebut menggambarkan hasil uji pada nilai-nilai stabilitas, kelelahan (flow) dan kuosien Marshall.



Gambar 5. Grafik nilai stabilitas campuran pada berbagai variasi persentase kapur cangkang



Gambar 6. Grafik nilai kelelahan campuran pada berbagai variasi persentase kapur cangkang



Gambar 6. Grafik nilai kuosisen Marshall campuran pada berbagai variasi persentase kapur cangkang

Hasil perhitungan nilai volumetrik menunjukkan hasil yang bervariasi namun perbedaan nilai yang dihasilkan tidak terlalu signifikan. Nilai VMA yang menunjukkan grafik yang naik turun menunjukkan perubahan yang kecil terhadap campuran, sedangkan nilai VIM yang cenderung semakin kecil dengan diikuti semakin kecilnya nilai VFA menunjukkan memiliki campuran yang cukup baik dalam hal mempertahankan tingkat kekedapan dan kelenturannya dengan demikian mampu untuk mempertahankan durabilitasnya

Hasil pengujian Marshall terhadap campuran beraspal dengan nilai *filler* kapur cangkang yang bervariasi menunjukkan adanya kecenderungan semakin meningkatnya nilai stabilitas dengan semakin meningkatnya persentase kapur cangkang. Nilai uji terhadap kelelahan menunjukkan semakin meningkatnya nilai kelelahan dan hal ini akan turut mempengaruhi nilai kuosisen Marshall yang merupakan hasil bagi dari nilai stabilitas dan kelelahan. Nilai kuosisen Marshall yang semakin meningkat merupakan indikator peningkatan kelenturan yang potensial terhadap keretakan. Tabel 4 menunjukkan bahwa seluruh hasil uji Marshall memenuhi standar pada Spesifikasi Bina Marga 2010.

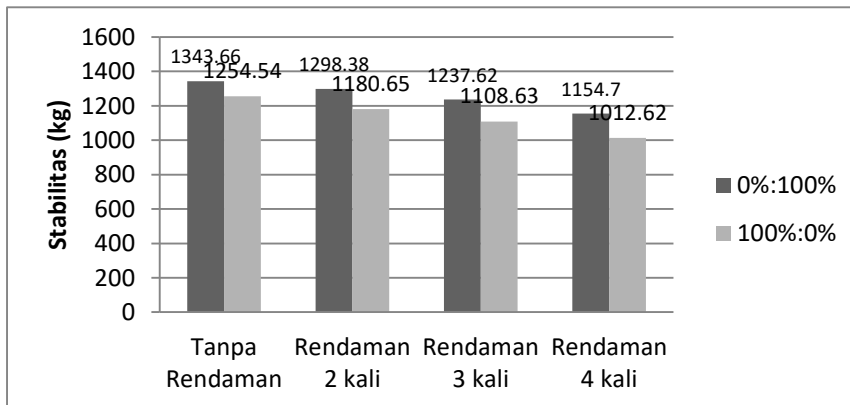
Tabel 4. Pemenuhan standar hasil uji Marshall terhadap Spesifikasi Bina Marga 2010

Jenis uji	Hasil uji	Standar uji	Syarat spesifikasi	Keterangan
VIM kombinasi	4,78 – 4,85	Spesifikasi Bina Marga 2010	3,5 - 5	Memenuhi
VMA kombinasi	17,07 – 17,13		≥ 14	Memenuhi
VFA kombinasi	71,56 – 71,89		≥ 63	Memenuhi
Stabilitas kombinasi	1254 - 1377		≥ 800	Memenuhi
Kelelahan kombinasi	3,53 - 3,65		≥ 3	Memenuhi
Kuosien Marshall kombinasi	355 - 378		≥ 250	Memenuhi

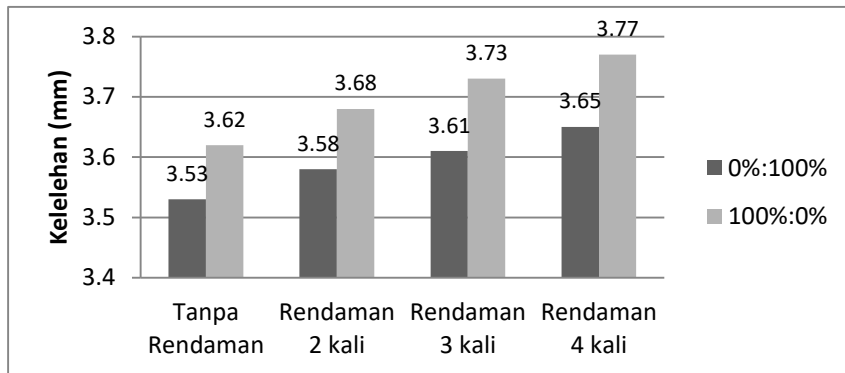
3.3. Hasil Uji Marshall pada Proses Perendaman

Metodologi penelitian dengan proses perendaman dilakukan dengan mengambil hasil optimal pada saat dilakukan uji Marshall pada berbagai variasi bahan pengisi (*filler*) dimana didapatkan penggunaan 100% *filler* kapur cangkang kerang yang mengalami peningkatan stabilitas yang optimal. Dengan menggunakan benda uji berupa penggantian 100% *filler* kapur cangkang kerang, maka pengujian dilakukan dengan membandingkan penurunan nilai uji Marshall pada kedua jenis benda uji dengan menggunakan *filler* yang berbeda.

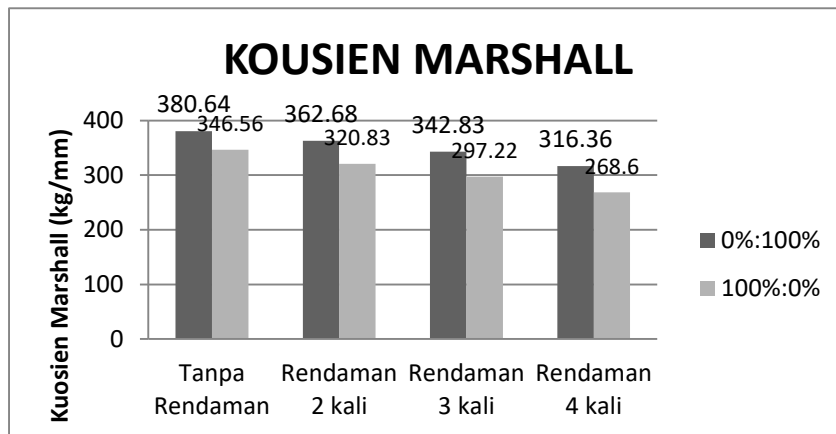
Pengujian dengan proses basah kering bervariasi dilakukan dengan cara perendaman benda uji menggunakan air hujan yang dari hasil pemeriksaan mempunyai nilai pH 4,9 yang dikategorikan sebagai hujan asam karena mempunyai $pH < 5,6$. Hasil uji kedua benda uji dengan proses basah kering ditunjukkan pada grafik pada gambar 7 sampai dengan gambar 9, dimana persentase 0%:100% menyatakan seluruh *filler* berupa kapur cangkang dan 100%:0% menyatakan seluruh *filler* berupa abu batu. Dari gambar diagram terlihat tendensi penurunan yang terjadi adalah semakin mengecilnya perbedaan nilai penurunan hasil uji Marshall pada campuran beton aspal yang menggunakan *filler* kapur cangkang dibandingkan dengan penggunaan *filler* abu batu, hal ini diperlihatkan pada Tabel 5 yang memperlihatkan persentase penurunan dari masing-masing nilai Marshall.



Gambar 7. Diagram nilai stabilitas pada proses basah kering



Gambar 8. Diagram nilai kelelehan pada proses basah kering



Gambar 9. Diagram nilai kuosien Marshall pada proses basah kering

Tabel 5. Persentase perubahan nilai Marshall pada proses perendaman.

Nilai uji Marshall dengan 100% filler	Persentase perubahan nilai Marshall			Total persentase penurunan
	2 x perendaman	3 x perendaman	4 x perendaman	
Abu batu				
• Stabilitas	- 5,89	- 6,10	- 8,66	- 19,28
• Kelelehan	+ 0,55	+ 1,36	+ 1,07	+ 3,00
• Kuosien Marshall	- 6,40	- 7,36	- 9,63	- 21,64
Kapur cangkang				
• Stabilitas	- 3,37	- 4,68	- 6,7	- 14,06
• Kelelehan	+ 1,42	+ 0,84	+ 1,11	+ 3,40
• Kuosien Marshall	- 4,72	- 5,47	- 7,72	- 16,88

Dari tabel 5 terlihat bahwa penurunan nilai stabilitas pada benda uji menggunakan *filler* kapur cangkang lebih kecil dibandingkan menggunakan abu batu, sedangkan dari aspek kelenturan benda uji menggunakan *filler* kapur cangkang tetap mempertahankan kelenturan dengan persentase peningkatan yang lebih kecil.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis pada penelitian ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Campuran menggunakan *filler* kapur cangkang kerang dapat meningkatkan nilai stabilitas campuran sampai dengan penggantian sebesar 100%, sedangkan kelelahan semakin meningkat walaupun tidak terlalu signifikan.
2. Campuran menggunakan *filler* kapur cangkang kerang dapat mengurangi efek penurunan nilai stabilitas akibat perendaman air hujan sebanyak tiga kali perendaman sebesar 14,06%, lebih baik dibandingkan dengan penggunaan *filler* abu batu yang mengalami penurunan sebesar 19,28%. Selain itu terlihat bahwa perbedaan peningkatan pada nilai kelelahan akibat perendaman pada kedua campuran tidak mengalami perbedaan secara signifikan.

DAFTAR PUSTAKA

- AASHTO, 1993. *Guide for Design Of Pavement Structures*. AASHTO, Washington, DC.
- Badan Penelitian dan Pengembangan PU, 1990. *Standar Nasional Indonesia, Metode Campuran Aspal dengan Alat Marshall, SNI 06-2441-1991; SK SNI M-58-1990-0*, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 2010. *Spesifikasi Umum Bina Marga Edisi 2010* , Kementerian Pekerjaan Umum Republik Indonesia, Jakarta.
- Hardiyatmo, H. Christady, 2011. *Perancangan Perkerasan dan Penyelidikan Tanah*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Little, Dallas N. dan Jon A. Epps. 2001. *The Benefit of Hydrated Lime in Hot Mix Asphalt*, National Lime Association, Maryland, USA
- Siregar, Shinta M. 2009, *Pemanfaatan Kulit Kerang dan Resin Epoksi Terhadap Karakteristik Beton Polimer*, Medan: Tesis Jurusan Fisika Sekolah Pascasarjana Universitas Sumatera Utara.
- Sukirman, S. 2003, *Beton Aspal Campuran Panas*, Jakarta: Granit.
- Yamin, R. A. dan Herman. 2005, *Pengaruh Lingkungan Tropis Indonesia Pada Penuaan Aspal dan Modulus Kekakuan Resilien Campuran Beraspal*, Jurnal Transportasi Vol. 05 No. 2 Desember 2005.
- Zulkarnaen, Arief. 2012. 3.800 Kilometer Jalan di Indonesia Rusak, Merdeka.com, . (<https://www.merdeka.com/uang/3800-kilometer-jalan-diindonesia-rusak.html>), diakses tanggal 23 Maret 2017).