

# PERBANDINGAN PENGGUNAAN AGREGAT KASAR BATU ZEOLITE DAN AGREGAT KASAR CLERENG DENGAN BAHAN IKAT ASPAL PERTAMINA PEN 60/70 DAN STARBIT E-60 PADA CAMPURAN AC-BC

Adyatma Arif Nugraha <sup>1</sup>, Subarkah <sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia  
Email: [15511154@students.uui.ac.id](mailto:15511154@students.uui.ac.id)

<sup>2</sup> Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia  
Email: [865110101@uui.ac.id](mailto:865110101@uui.ac.id)

**Abstract:** Coarse aggregate is one of the important material components in flexible pavement. In the construction of pavement in Yogyakarta and its surroundings, the aggregate that is often used is the aggregate from Clereng, Kulonprogo. In this study the authors used a coarse aggregate of Zeolite stone as a substitute for the AC-BC mixture. The objective of this research is to determine the effect of Zeolite stone as a coarse aggregate in AC-BC mixture using Pen 60/70 asphalt and Starbit E60 asphalt.

There are four stages in this research, namely testing the aggregate and asphalt material properties. Second, determine the optimum asphalt content in the AC-BC mixture at 0%, 25%, 50% substitution with asphalt pen 6070 and starbit E60. Third, testing Marshall, Immersion, Indirect Tensile Strength and Cantabro on each percent different substitution and binding material. Fourth, conduct analysis, discussion and conclusions on the results of research that has been done.

General test results concluded that the maximum percentage of zeolite aggregate in a mixture with Pen 60/70 asphalt bonding material was 28% higher than in a mixture using Starbit E60, which was 26%, the rest was not included in the specifications on the VITM and VFWA, ITS values decreased as Zeolite substitution increases, and the value is higher in the mixture made from starbit E60 bond, in the Cantabro test, mixes using Starbit E60 tend to lower the cantabro loss value and increase with increasing percent zeolite substitution, in Immersion testing, the IRS value tends to decrease with with an increase in the percentage of zeolite substitution and its value is higher in blends that use Starbit E60 asphalt compared to those using Pen 60/70.

**Keywords:** Zeolite, Starbit E60, Pen 60/70, Immersion, ITS, Marshall, Cantabro

## 1. PENDAHULUAN

Pada Proyek Konstruksi, terutama kontruksi jalan di daerah Yogyakarta dan sekitarnya, agregat yang biasanya dipakai adalah agregat dari Clereng Kulonprogo. Agregat ini merupakan agregat yang sengaja dibuat dengan ukuran-ukuran agregat yang sesuai dengan ketentuan menggunakan alat *stone crusher*. Banyaknya pemakaian agregat ini, mengakibatkan kelangkaan dan berpengaruh pada harganya yang relatif menjadi mahal, Melihat kenyataan itu maka

perlu dilakukan inovasi dengan menggunakan agregat lain seperti batu zeolite.

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka dapat ditarik rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana sifat-sifat dan karakteristik *Marshall Test* pada campuran *Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC)* yang menggunakan Batu Zeolite dari Klaten sebagai substitusi agregat kasar?

2. Berapa persentase substitusi maksimal batu Zeolite pada campuran *Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC)* pada setiap variasi aspal yang berbeda?
3. Bagaimana pengaruh agregat kasar batu Zeolite terhadap sifat-sifat dan karakteristik *Immersion*, *Cantabro* dan *Indirect Tensile Test* pada campuran *Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC)*?
4. Bagaimana pengaruh penggunaan aspal Starbit E-60 pada campuran *AC-BC* dengan substitusi batu Zeolite terhadap karakteristik *Marshall*, *Indirect Tensile Strength*, *Immersion* dan *Cantabro* dibandingkan penggunaan aspal Pertamina Pen 60/70?

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian mengenai penggunaan batu Zeolite dan aspal Starbit E60 sebagai bahan ikat sudah banyak dilakukan sebelumnya.

1. Pengaruh Zeolite Sebagai Agregat Halus.  
Kurniawan (2017), dengan Zeolite sebagai agregat halus menghasilkan nilai stabilitas yang semakin turun dan nilai VITM yang sesuai hanya sampai substitusi 37,5%, dengan ini menyebabkan kualitas campuran menurun
2. Pengaruh Zeolite Alam Sebagai Agregat Filler  
Saleh (2014), dengan Zeolite alam sebagai filler pada campuran AC-BC menghasilkan nilai ITS yang cenderung menurun, sedangkan peningkatan nilai stabilitas pada kadar 25% sampai 75%
3. Pengaruh Penggunaan Starbit E60 pada Campuran AC-WC

Putra (2018) dengan aspal Starbit E60 sebagai bahan ikat terbukti menaikkan stabilitas, tetapi nilai flow tetap tinggi, hal ini membuat MQ tetap stabil sehingga campuran tidak getas.

Berdasarkan uraian penelitian sebelumnya, yang membedakan penelitian penulis dengan sebelumnya adalah bahwa penelitian sebelumnya hanya melakukan

tinjauan terhadap karakteristik *Marshall* maka penulis mencoba melakukan beberapa tambahan terhadap karakteristik *ITS*, *Cantabro* dan *Immersion* 24 jam pada Kondisi KAO.

## 3. METODE PENELITIAN

Pada penelitian Tugas Akhir ini, dilakukan dengan menggunakan metode eksperimental dimana untuk mendapatkan dan mengumpulkan data dilakukan melalui serangkaian kegiatan percobaan yang kemudian dilakukan pengolahan data guna mendapatkan hasil penelitian dan disesuaikan dengan standar spesifikasi yang digunakan. Penelitian ini dimulai dengan cara persiapan dan pengujian bahan terlebih dahulu, seperti pengujian karakteristik aspal, pengujian karakteristik agregat kasar, halus dan filler. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui bahan sesuai dengan spesifikasi atau tidak Selanjutnya merencanakan gradasi dengan variasi substitusi agregat kasar Zeolite sebesar 0%, 25% dan 50% terhadap berat total agregat kasar, lalu dilakukan pembuatan sampel untuk menentukan KAO sebanyak 90 sampel untuk dua jenis aspal. Selanjutnya pembuatan sampel benda uji sebanyak 72 setelah KAO, kemudian dilakukan pengujian *Marshall Standar*, *Marshall Immersion*, *Indirect Tensile Strength (ITS)*, dan *Cantabro Loss*. Kemudian dilakukan analisis serta pembahasan dan pembuatan kesimpulan.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Pengujian Karakteristik Bahan

Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui sifat fisik dan karakteristik aspal, agregat halus dan agregat kasar. Hasil Pengujian dapat dilihat pada Tabel 2-6 dibawah ini.

Tabel 1 Hasil Pengujian Aspal Pertamina Pen 60/70

N	Jenis Pengujian	Syarat	Hasil
1	Berat Jenis	$\geq 1,0$	1,038
2	Penetrasi (mm)	60/70	62,3
3	Daktilitas (cm)	$\geq 100$	164
4	Titik Lembek ( $^{\circ}\text{C}$ )	$\geq 48$	48
5	Titik Nyala ( $^{\circ}\text{C}$ )	$\geq 232$	332
6	Titik Bakar ( $^{\circ}\text{C}$ )	$\geq 232$	345
7	Kelarutan pada TCE	$\geq 99$	99,03

Tabel 2 Hasil pengujian Karakteristik Aspal Starbit E-60

N	Jenis Pengujian	Syarat	Hasil
1	Berat Jenis	$\geq 1,0$	1,063
2	Penetrasi (mm)	$\geq 54$	54,4
3	Daktilitas (cm)	$\geq 100$	164
4	Titik Lembek ( $^{\circ}\text{C}$ )	$\geq 60$	55
5	Titik Nyala ( $^{\circ}\text{C}$ )	$\geq 232$	290
6	Titik Bakar ( $^{\circ}\text{C}$ )	$\geq 232$	324
7	Kelarutan pada TCE (%)	$\geq 99$	99,03

Tabel 3 Hasil Pengujian Agregat Halus

No	Jenis Pengujian	Syarat	Hasil	
			Zeolite	Clereng
1	Berat Jenis	$\geq 2,5$	2,501	2,6643
2	Penyerapan Agregat Terhadap Air (%)	$\leq 3$	3,15	1,687
3	Kelekatan Agregat Terhadap Aspal (%)	$\geq 95$	96	99
4	Keausan Agregat dengan Mesin Los Angeles (%)	$\geq 40$	21,91	13,07

Tabel 4 Hasil Pengujian Agregat Halus

No	Jenis Pengujian	Syarat	Hasil
1	Berat Jenis	$\geq 2,5$	2,6005
2	Penyerapan Agregat Terhadap Air (%)	$\leq 3$	2,25
3	Sand Equivalent (%)	$\geq 50$	91,987

Tabel 5 Hasil Pengujian Filler Abu Batu

No.	Jenis Pengujian	Nilai Persyaratan	Hasil	Keterangan
1	Berat Jenis	$< 8$	2,553	Memenuhi

### 4.2 Pengujian Marshall untuk KAO

Hasil dari analisis data pengujian *Marshall* diperoleh nilai-nilai karakteristik berupa stabilitas (*stability*), kelelahan (*flow*), *Marshall Quotient (MQ)*, *VMA (Void in Mineral Agregate)*, *VITM (Void in the Total Mix)*, *VFWA (Void Filled with Asphalt)*. Hasil dari analisis data masing-masing jenis aspal y digunakan untuk menentukan kadar aspal optimum. Adapun rekapitulasi kadar aspal optimum untuk variasi substitusi 0%, 25% dan 50% dapat dilihat pada tabel 7 dibawah ini

Tabel 6 Hasil KAO Variasi 0% aspal Pen 60/70

Kadar Aspal Optimum		
Variasi Substitusi Zeolite (%)	Aspal Starbit E60	Aspal Pen 60/70
0	6,25	6,05
25	6,575	6,5
50	5,75	5,55

### 4.3 Pengujian Marshall, ITS, Cantabro, IRS pada Kondisi KAO

Berikut ini hasil pengujian *Marshall* berdasarkan hubungan antara jumlah substitusi agregat kasar Zeolite dan jenis aspal yang digunakan

#### 1. Pengujian *Marshall*

Berikut ini adalah hasil pengujian karakteristik marshall, dapat dilihat pada tabel 8 sampai 9.

a. Stabilitas

Berikut ini adalah nilai Stabilitas pada kondisi KAO dapat dilihat pada tabel 7 dan 8 dibawah ini.

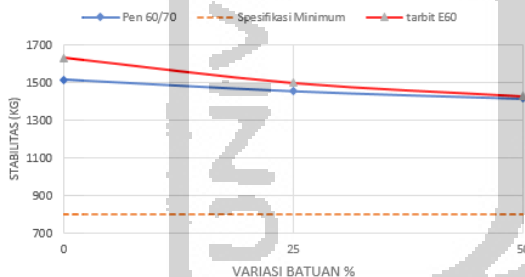
Tabel 7 Hasil P engujian Marshall pada KAO Aspal Pen 60/70

Rekapitulasi Pengujian Marshall							
Variasi Substitusi (%)	Aspal Pen 60/70						
	Stabilitas	Flow	MQ	VITM	VMA	VFWA	Density
0	1516.16	3.38	449.71	3.37	16.85	79.99	2.29
25	1455.71	3.57	410.33	4.27	18.95	74.56	2.25
50	1416.50	3.13	453.23	10.43	22.82	49.59	2.12

Tabel 8 Hasil Pengujian Marshall pada KAO Aspal Starbit E60

Rekapitulasi Pengujian Marshall							
Variasi Substitusi (%)	Aspal Starbit E60						
	Stabilitas	Flow	MQ	VITM	VMA	VFWA	Density
0	1631.45	3.53	462.71	3.55	16.98	79.09	2.29
25	1499.27	3.70	408.86	4.77	19.13	72.21	2.24
50	1429.53	3.13	462.07	10.84	23.27	48.80	2.11

Berikut adalah grafik hubungan jumlah substitusi agregat kasar Zeolite dengan nilai-nilai karakteristk Marshall pada aspal Pen 60/70 dan Starbit E60.

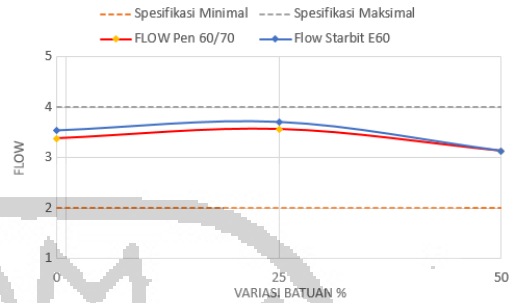


Gambar 1 Hasil nilai Stabilitas pada KAO aspal Pen 60/70 dan Starbit E60 dengan Varian Substitusi Agregat Kasar Zeolite

Pada gambar 1 diatas dikatakan bahwa nilai stabilitas semakin turun seiring dengan naiknya substitusi agregat kasar Zeolite, dan aspal starbit lebih tinggi karena bersifat lebih kaku. Penelitian ini sejalan dengan Kurniawan (2017), dimana stabilitas campuran akan semakin menurun seiring dengan naiknya substitusi zeolite.

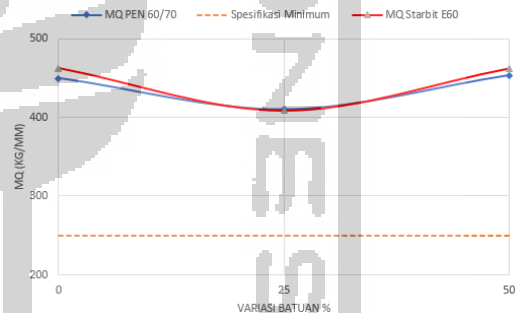
b. Flow

Berikut ini adalah nilai Flow pada kondisi KAO dapat dilihat pada gambar 2 berikut ini



Gambar 2 Hasil nilai Flow pada KAO aspal Pen 60/70 dan Starbit E60 dengan Varian Substitusi Agregat Kasar Zeolite

Pada gambar 2 diatas nilai flow semakin naik karena nilai KAO semakin naik, nilai flow yang semakin naik pada substitusi zeolite yang besar disebabkan karena permukaan dari zeolite lebih halus.

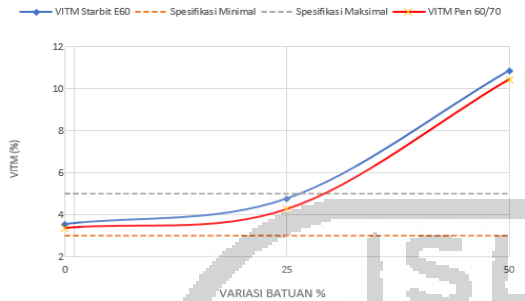


Gambar 3 Hasil nilai MQ pada KAO aspal Pen 60/70 dan Starbit E60 dengan Varian Substitusi Agregat Kasar Zeolite

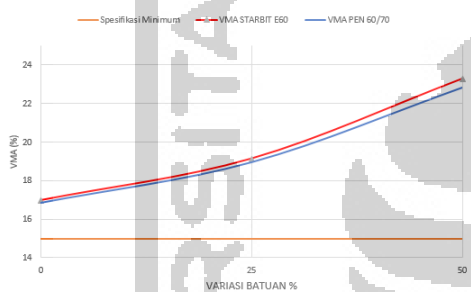
Pada Gambar 10 diatas nilai MQ cenderung menurun dikarenakan nilai flow semakin naik, dapat dilihat juga bahwa aspal Starbit E60 lebih getas karena nilai MQ lebih besar. Penelitian ini sejalan dengan Putra (2018) yang menyatakan bahwa nilai MQ dari Starbit E60 lebih tinggi karena starbit E60 tidak peka terhadap suhu rendah.

c. VITM (Void in Total Mix) dan VMA (Void in Mineral Agregat)

Berikut ini adalah nilai VITM dan VMA pada kondisi KAO dapat dilihat pada gamabr 3 dan 4 dibawah ini.

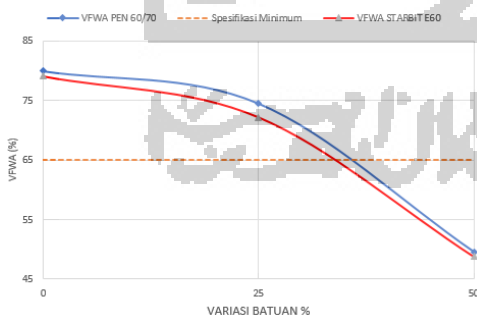


**Gambar 3 Hasil nilai VITM pada KAO aspal Pen 60/70 dan Starbit E60 dengan Varian Substitusi Agregat Kasar Zeolite.**



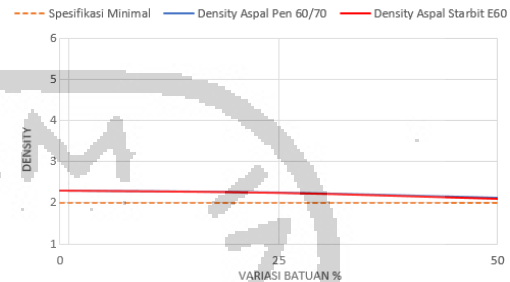
**Gambar 4 Hasil nilai VMA pada KAO aspal Pen 60/70 dan Starbit E60 dengan Varian Substitusi Agregat Kasar Zeolite**

Pada grafik VITM dan VMA, nilai VITM dan VMA semakin naik seiring dengan naiknya substitusi Zeolite karena penyerapan dari batu Zeolite tinggi. Penelitian ini sejalan dengan Kurniawan (2017) dimana campuran dengan substitusi zeolite yang meningkat maka nilai VITM dan VMA.



**Gambar 4 Hasil nilai VFWA pada KAO aspal Pen 60/70 dan Starbit E60 dengan Varian Substitusi Agregat Kasar Zeolite.**

Berdasarkan grafik diatas, nilai VFWA semakin rendah karena aspal terserap ke rongga batuan zeolite yang memiliki penyerapan tinggi.



**Gambar 5 Hasil nilai Density pada KAO aspal Pen 60/70 dan Starbit E60 dengan Varian Substitusi Agregat Kasar Zeolite.**

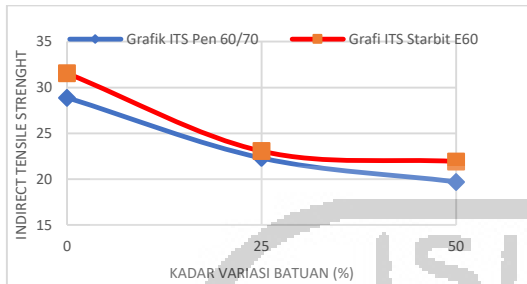
Nilai Density cenderung menurun karena batu zeolite memiliki pori tinggi, batuan yang memiliki pori tinggi menandakan kepadatannya rendah.

#### 1. Pengujian *Indirect Tensile Strength*

Berikut ini hasil pengujian ITS berdasarkan hubungan antara jumlah substitusi agregat kasar Zeolite dan jenis aspal yang digunakan

Tabel 14 Hasil pengujian ITS pada KAO aspal Starbit E60 dan Pen 60/70

Variasi Batuan (%)	Jenis Aspal	
	Starbit E 60	Pen 60/70
	ITS (kg/cm <sup>2</sup> )	
0	31.55	28.88
25	23.06	22.29
50	21.93	19.70



**Gambar 6 Hasil nilai ITS pada KAO aspal Pen 60/70 dan Starbit E60 dengan Varian Substitusi Agregat Kasar Zeolite.**

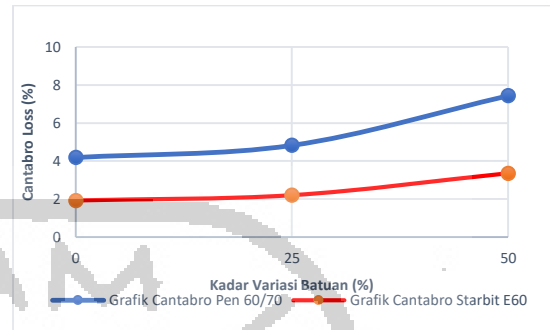
Berdasarkan Gambar 6 di atas dapat dilihat bahwa nilai ITS cenderung menurun seiring bertambahnya variasi substitusi agregat kasar, hal ini disebabkan kelekatan batuan zeolite terhadap aspal lebih rendah dibandingkan dengan batuan clereng, struktur batu zeolite yang getas dan mudah patah juga menyebabkan nilai ITS menurun. Penelitian ini sejalan dengan Kurniawan (2017), bahwa nilai ITS akan menurun seiring dengan naiknya persen substitusi Zeolite. Nilai ITS pada campuran dengan bahan ikat Starbit E60 memiliki nilai ITS yang tinggi karena Starbit E60 terbukti lebih lekat dibanding dengan Pen 60/70.

## 2. Pengujian Cantabro

Berikut ini hasil pengujian Cantabro berdasarkan hubungan antara jumlah substitusi agregat kasar Zeolite dan jenis aspal yang digunakan

Tabel 14 Hasil pengujian Cantabro pada KAO aspal Starbit E60 dan Pen 60/70

Hasil pengujian Cantabro		
Variasi Batuan (%)	Pen 60/70	Starbit E60
	Kehilangan Berat (%)	Kehilangan Berat (%)
0	4.19	1.92
25	4.83	2.19
50	7.43	3.35

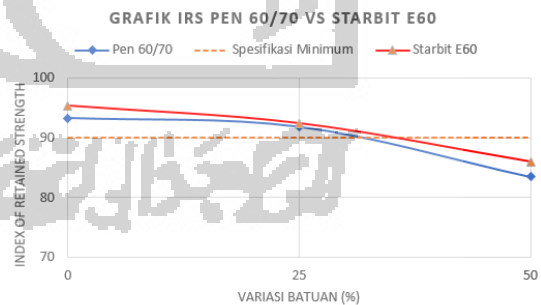


**Gambar 15 Hasil nilai Cantabro pada KAO aspal Pen 60/70 dan Starbit E60 dengan Varian Substitusi Agregat Kasar Zeolite.**

Berdasarkan gambar 15 di atas dapat dilihat bahwa nilai keausan campuran semakin meningkat seiring dengan naiknya variasi substitusi zeolite, hal ini disebabkan karena campuran dengan variasi agregat zeolite lebih mudah aus karena nilai pengujian keausan agregat zeolite lebih besar dibandingkan dengan clereng. Pada campuran berbahan ikat Starbit E60 memiliki nilai Cantabro lebih rendah karena starbit lebih lekat sehingga ikatan antara aspal dan agregat menjadi lebih kuat, hal ini sejalan dengan penelitian putra (2018) yang menyebutkan bahwa nilai cantabro pada campuran dengan bahan ikat aspal Starbit E60 terbukti lebih rendah.

## 3. Pengujian IRS

Berikut ini hasil pengujian ITS berdasarkan hubungan antara jumlah substitusi agregat kasar Zeolite dan jenis aspal yang digunakan



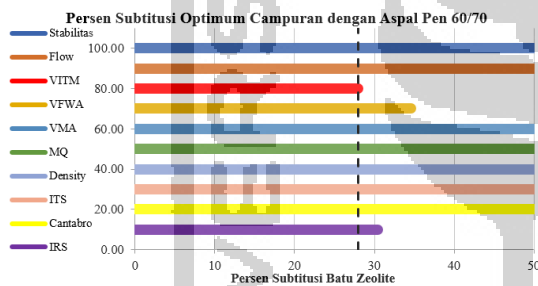
**Gambar 16 Hasil nilai IRS pada KAO aspal Pen 60/70 dan Starbit E60 dengan Varian Substitusi Agregat Kasar Zeolite.**

Pada gambar 16 di atas, terlihat bahwa campuran dengan persen substitusi yang besar mengakibatkan nilai stabilitas 0,5 jam dan 24 jam

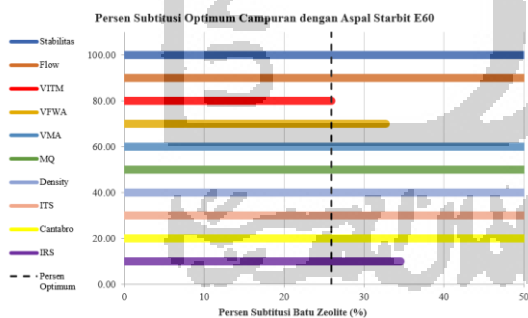
menurun, hal ini disebabkan pori agregat zeolite yang besar, pernyataan ini sejalan dengan penelitian Arum (2017). Campuran yang menggunakan Starbit E60 juga memiliki stabilitas yang lebih tinggi pada perendaman 24 jam, hal ini membuktikan bahwa aspal Starbit E60 lebih tahan terhadap suhu ekstrim. Penyerapan yang tinggi berpengaruh pada kelekatan aspal, karena aspal bersifat hidrofobik (tidak suka air) sehingga daya ikat aspal dan agregat pada campuran menurun yang menyebabkan nilai stabilitas pada perendaman cenderung menurun.

### 3.3 Rekapitulasi Substitusi Zeolite Maksimum

Setelah melakukan serangkaian pengujian diatas didapatkan nilai substitusi zeolite optimum pada masing masing bahan campuran dengan bahan ikat yang berbeda seperti gambar 16 dan 17 dibawah ini



**Gambar 16 Persen Optimum Zeolite pada aspal Pen 60/70**



**Gambar 17 Persen Optimum Zeolite pada aspal Pen 60/70**

Dari gambar 16 dan 17 diatas didapatkan persen optimum zeolite pada aspal pen 60/70 sebesar 28% dan pada aspal Starbit E60 sebesar 28%.

## 5. Kesimpulan dan Saran

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian dan analisis data dari kinerja campuran AC-BC dengan variasi kadar filler gerabah menggunakan bahan ikat aspal Pertamina Pen 60/70 dan Starbit E-60, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut ini

1. Penggunaan batu Zeolite sebagai agregat kasar hanya efektif pada variasi 26% untuk campuran berbahan ikat Aspal Starbit E60 dan 28% untuk campuran berbahan ikat Aspal Pen 60/70, selebihnya tidak memenuhi spesifikasi pada pengujian Marshall.
2. Campuran dengan variasi substitusi 25% zeolite tetap lebih baik daripada campuran yang menggunakan variasi substitusi 50% zeolite.
3. Nilai Stabilitas campuran berbahan ikat aspal Starbit E60 lebih baik dibanding dengan campuran berbahan ikat aspal Pen 60/70.
4. Penggunaan aspal Starbit E60 menghasilkan nilai yang lebih baik dibanding aspal Pen 60/70 pada pengujian *Cantabro*, *Immersion*, dan *Indirect Tensile Strength*
5. Nilai *Indirect Tensile Strength* dan *Immersion* semakin menurun seiring dengan bertambahnya persen substitusi zeolite.
6. Pada pengujian *Cantabro*, kehilangan berat semakin naik seiring dengan naiknya persen substitusi batu Zeolite dan nilai kehilangan berat pada campuran berbahan ikat Starbit E60 lebih baik atau lebih kecil daripada campuran berbahan ikat aspal Pen 60/70.

### 5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat dikemukakan saran-saran sebagai berikut.

1. Batu zeolite dapat digunakan untuk variasi agregat kasar, tetapi dengan variasi maksimal 26% dan menggunakan bahan ikat Starbit E60 dan 28% untuk aspal pen 60/70.
2. Batu zeolite dapat digunakan untuk perkerasan dengan beban lalu lintas yang rendah.
3. Penelitian yang sama dengan variasi zeolite menjadi 12,5%, 25% dan 37,5% untuk mencari variasi optimal jika menggunakan batu zeolite.
4. Aspal Starbit E60 dapat digunakan pada lalu lintas berat dan suhu yang ekstrem karena



memiliki titik lembek yang tinggi sehingga aspal tersebut tahan terhadap suhu tinggi.

5. Melakukan perendaman sampel dengan variasi jenis air rendaman dan waktu rendaman, mengingat bahwa zeolite memiliki pori yang besar.

## 6. Daftar Pustaka

- Amal. 2015. Pemanfaatan Limbah Batu Marmer sebagai Pengganti Agregat Kasar pada Campuran Aspal Beton terhadap Karakteristik Marshall. *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Muhamadiyyah Malang. Jawa Timur.
- Nugroho, Arif. 2018. Perbandingan Karakteristik Campuran Hot Rolled Asphalt (Hra) Berbahan Ikatan Aspal Pertamina Pen 60/70 Dan Starbit E-60 Dengan Substitusi Filler Abu Ampas Tebu. *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan). Yogyakarta
- Kurniawan, Arief. 2017. Pengaruh Penggunaan Zeolite Alam terhadap Material Pengganti Agregat Halus pada Perkerasan HRS-Base. *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan). Yogyakarta.
- Putra, Dwi Trisna Whisnu. 2018. Pengaruh Lama Rendaman Air Sungai Terhadap Karakteristik Campuran AC – WC Dengan Bahan Ikatan Starbit E-60 dan Pen 60/70. *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan). Yogyakarta.