

**PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH BATU *ONYX* SEBAGAI
PENGANTI AGREGAT KASAR PADA CAMPURAN BETON
TERHADAP MODULUS ELASTISITAS BETON**

**NASKAH PUBLIKASI
TEKNIK SIPIL**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan memperoleh
gelar Sarjana Teknik



**ABDULLAH GHIYATS D.U.
NIM. 115060100111057**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2016**

**PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH BATU *ONYX* SEBAGAI PENGGANTI
AGREGAT KASAR PADA CAMPURAN BETON TERHADAP MODULUS
ELASTISITAS BETON**

Abdullah Ghiyats Dhiya Ulhaq, Agoes Soehardjono, Edhi Wahjuni Setyowati

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

Jalan MT. Haryono 167 Malang 65145, Jawa Timur – Indonesia

Email: ghytsdu@gmail.com

ABSTRAK

Struktur beton sendiri mengalami berbagai perkembangan, dimana pada dasarnya berawal dari inovasi-inovasi para *creator* bangunan dalam memecahkan berbagai masalah yang muncul pada bangunan-bangunan sebelumnya. Pada umumnya beton dipakai secara luas sebagai bahan konstruksi bangunan, dengan keutamaan nilai ekonomisnya yang baik serta mudah dalam pembuatannya. *Onyx* merupakan batuan metamorf yang memiliki klasifikasi hampir menyerupai marmer dari hasil penggalian pegunungan kapur di Panggungrejo, Blitar yang sampai saat ini pemanfaatannya umumnya digunakan sebagai bahan dasar kerajinan *furniture*. Salah satu pihak pengerajin batu *onyx* ini berpusat di daerah Campurdarat, Tulungagung. Dari hasil pembuatan *furniture* tersebut, tentunya tersisa limbah hasil pemotongan maupun kerajinan batu *onyx* ini.

Pada penelitian ini, limbah *onyx* dicoba dimanfaatkan sebagai pengganti pada agregat kasar untuk campuran beton dengan variasi faktor air semen (FAS) 0,4; 0,5; dan 0,6 untuk mencari nilai modulus elastisitas beton tersebut.

Nilai modulus elastisitas untuk beton *onyx* dengan variasi FAS 0,4; 0,5; dan 0,6; beton berumur 28 hari adalah 24496, 20876, dan 17919 MPa. Sedangkan hasil penelitian mengenai modulus elastisitas untuk beton normal dengan variasi FAS 0,4; 0,5; dan 0,6; beton berumur 28 hari adalah 17675, 15978, dan 14592 MPa. Terjadi peningkatan modulus elastisitas pada beton *onyx*. Pada FAS 0,4 terjadi peningkatan nilai modulus elastisitas sebesar 38,59%. Pada FAS 0,5 terjadi peningkatan nilai modulus elastisitas sebesar 30,65%. Pada FAS 0,6 terjadi peningkatan nilai modulus elastisitas sebesar 22,80%.

Kata kunci: beton, limbah *onyx*, FAS, modulus elastisitas

ABSTRACT

The concrete structure has growth rapidly, which is basically started from the innovations of the creator of buildings who solved various problems that arise in the buildings before. Nowadays, concrete is widely used as construction materials by virtue of its economic value is good and easy to make. *Onyx* is a metamorphic rock which has almost resembling marble classification of excavated limestone mountains in Panggungrejo, Blitar that is generally used as the base material for craft furniture. One of *onyx* stone craftsmen is centered in Campurdarat, Tulungagung. From the results of the furniture-making, of course it produce waste due to process cutting this *onyx* stone.

In this study, waste *onyx* tried used as a substitute in coarse aggregate for concrete mixes with a variety of water cement factor (FAS) 0,4; 0,5; and 0,6 to find the value of the modulus of elasticity of concrete.

Modulus of elasticity for concrete *onyx* with FAS variation 0,4; 0,5; and 0,6; value - average as follows 24496, 20876, dan 17919 MPa. While the results of research on the modulus of elasticity for normal concrete with FAS variation 0,4; 0,5; and 0,6; value - average as follows 17675, 15978, dan 14592 MPa. There was an increase in the elastic modulus of concrete *onyx*. At 0,4 FAS increased modulus of elasticity of 38,59%. At 0,5 FAS increased modulus of elasticity of 30,65%. At 0,6 FAS increased modulus of elasticity of 22,80%.

Keywords: concrete, waste *onyx*, FAS, modulus of elasticity

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Dari masa ke masa pembangunan kian berkembang pesat, tidak dapat dipungkiri lagi bahwa pembangunan ini sudah menjadi salah satu bukti dari kemajuan zaman. Struktur beton sendiri mengalami berbagai perkembangan, dimana pada dasarnya berawal dari inovasi-inovasi para *creator* bangunan dalam memecahkan berbagai masalah yang muncul pada bangunan-bangunan sebelumnya. Selain dari berbagai terobosan atas masalah yang ada, kini permintaan pasar dalam pembangunan cukup beragam. Salah satunya dari segi *artificial*-nya atau tampak luar dari bangunan tersebut, sehingga ingin didapatkan hasil bangunan yang tidak hanya kuat, tetapi memiliki nilai keindahan yang baik juga.

Onyx merupakan batuan metamorf yang memiliki klasifikasi hampir menyerupai marmer dari hasil penggalian pegunungan kapur di Panggungrejo, Blitar yang sampai saat ini pemanfaatannya umumnya digunakan sebagai bahan dasar kerajinan furniture. Salah satu pihak pengerajin batu onyx ini berpusat di daerah Campurdarat, Tulungagung. Dari hasil pembuatan furniture tersebut, tentunya tersisa limbah hasil pemotongan maupun kerajinan batu onyx ini. Sementara ini limbah batu onyx hanya digunakan sebagai bahan dasar pembuatan keramik, dengan cara melembutkan limbah ini menjadi cairan kental menyerupai pasta. Namun limbah ini masih cukup banyak terdiri dari bongkahan- bongkahan yang cukup besar, sehingga dapat dimanfaatkan agar memiliki nilai lain tanpa harus menghaluskan bongkahan padat tersebut.

Untuk itu pada penelitian ini, limbah batu *onyx* dicoba dimanfaatkan sebagai pengganti pada agregat kasar untuk campuran beton dengan prosentase faktor air semen (FAS) 0,4; 0,5; dan 0,6. Perlu diketahui batu *onyx* ini mempunyai

karateristik batuan yang memiliki sifat *impermeable* cukup tinggi. Parameter utama dari penelitian ini adalah tingkat modulus elastisitas beton yang sangat dipengaruhi beberapa faktor seperti air semen, jumlah semen, dan juga sifat dan kualitas dari agregat, maka dari itu pemilihan bahan yang akan digunakan sangatlah diperlukan, agar didapat mutu beton yang diinginkan.

Rumusan Masalah

- Apakah limbah batu *onyx* dapat digunakan sebagai bahan pengganti agregat kasar untuk beton.
- Berapa faktor air semen maksimum pada beton dengan penggunaan limbah batu *onyx* sebagai pengganti agregat kasar jika dilihat berdasarkan nilai modulus elastisitasnya.
- Berapa nilai modulus elastisitas beton dengan limbah batu *onyx* sebagai pengganti agregat kasar.

Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah limbah batu *onyx* dapat digunakan sebagai bahan pengganti agregat kasar untuk beton, untuk mengetahui faktor air semen maksimum pada beton alternatif dengan penggunaan limbah batu *onyx* sebagai pengganti agregat kasar, berdasarkan nilai modulus elastisitasnya, serta untuk mengetahui nilai modulus elastisitas beton alternatif dengan limbah batu *onyx*

Batasan Masalah

Agar pembahasan lebih terfokus dalam penelitian ini, maka pembahasan dalam penelitian ini akan dibatasi. Berikut batasan masalah yang dibahas sebagai berikut:

- a. Variasi FAS 0,4;0,5;0,6
- b. Umur benda uji 28 hari
- c. Jumlah sampel 15 buah beton onyx dan 10 buah beton normal
- d. Limbah didapat dari pihak pengerajin di daerah Campurdarat, Tulungagung.
- e. Benda uji silinder ukuran 15x30 cm.

- f. Mutu beton rencana K200 setara $f'c$ sebesar 16,66 Mpa.
- g. Analisa kimia dan ekonomi serta pengaruh lingkungan tidak dibahas.
- h. Semen yang digunakan adalah Semen tipe PPC semen gresik.
- i. Pasir, kerikil, dan air berasal dari daerah Malang

TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan Umum

Beton dengan berbagai sifat dapat diperoleh dengan penyesuaian ketentuan proporsi bahan penyusunnya (Arthur, 2010). Bahan penyusun dari beton ini terdiri dari agregat kasar, agregat halus, semen, dan air. Dan jika diperlukan untuk keperluan tertentu dalam campurannya juga ditambahkan beberapa bahan *addmixture* di dalamnya.

FAS (Faktor Air Semen)

Dapat diketahui bahwasanya semakin tinggi nilai FAS (faktor air-semen), maka semakin rendah mutu kekuatan beton. Namun belum tentu FAS yang semakin rendah akan menghasilkan kekuatan beton semakin tinggi. Nilai FAS yang rendah memiliki dampak pada saat proses pemadatan beton. Umumnya nilai FAS minimum yang diberikan sekitar 0,4 dan maksimum 0,65. (Mulyono, 2005)

Batuan *Onyx*

Batuan *onyx* termasuk dalam kelompok batuan metamorf. Batuan ini banyak mengandung senyawa kimia yang memiliki jumlah diatas 90% berupa *calcit*. Limbah *onyx* ini merupakan limbah yang berasal dari proses pemotongan pada pengerajin batu *onyx*, sehingga limbah-limbahnya ini ada yang berupa kerikil maupun pasir (Aditya,2012).

Hasil pecahan sisa kerajinan *onyx* ini bisa dikatakan sebagai limbah, dikarenakan pecahan-pecahan batu *onyx* ini telah menerima beberapa perlakuan sebelumnya. Perlakuan yang diterima oleh

batu *onyx* ini bisa berupa pukulan dan tekanan akibat potongan gergaji maupun mesin pemecah batu. Sehingga dapat disimpulkan bahwa karakteristik dan kekuatan batu *onyx* ini akan berubah sesuai dengan perlakuan yang diterima oleh batuan ini. Dalam penelitian ini dilakukan penggantian agregat kasar pada beton dengan menggunakan limbah batu *onyx*.

Modulus Elastisitas pada Beton

Modulus elastisitas tidak berkaitan langsung dengan sifat-sifat beton lainnya, meskipun kekuatan yang lebih tinggi biasanya mempunyai harga E yang lebih tinggi pula (Murdock dan Brook, 1991:11).

Berdasarkan ASTM C469-02 perhitungan modulus elastisitas beton yang digunakan adalah modulus chord. Adapun perhitungan modulus elastisitas chord (E_c) dengan rumus:

$$E_c = \frac{S_2 - S_1}{\epsilon_2 - 0,00005} \text{ (MPa)}$$

dengan:

S_2 = tegangan sebesar 40% $f'c$

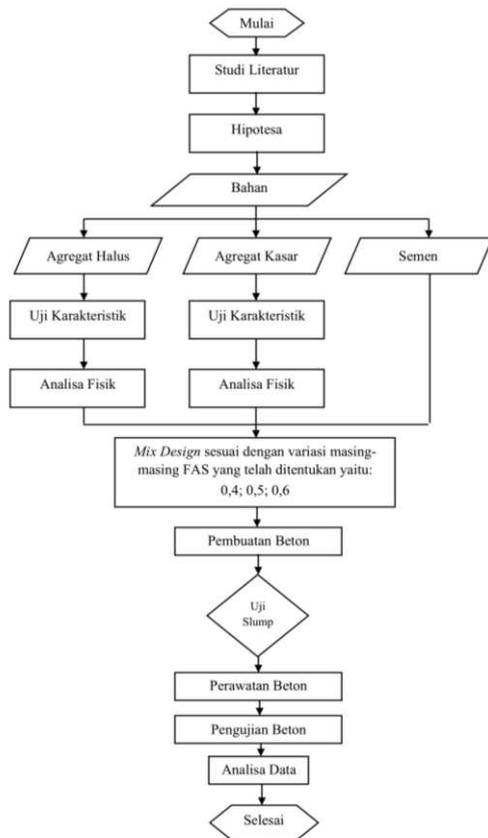
S_1 = tegangan yang bersesuaian dengan regangan arah longitudinal akibat tegangan sebesar 0,00005 MPa

ϵ_2 = regangan longitudinal akibat tegangan 40% $f'c$

METODE

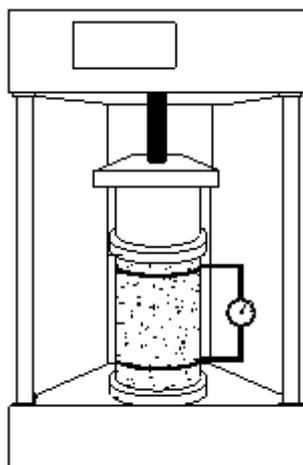
Dalam penelitian ini variabel yang digunakan adalah variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas dalam penelitian ini yaitu variasi persentase faktor air semen (FAS) pada campuran benda uji (0,4; 0,5; 0,6) sementara variabel terikat dalam penelitian ini yaitu agregat lainnya seperti semen, pasir, pecahan batu *onyx* dan air. Sampel tiap variasi dalam penelitian ini adalah 15 benda uji dengan agregat limbah *onyx* dan 10 benda uji dengan agregat kerikil, menggunakan benda uji berbentuk silinder diameter 15 cm dan tinggi 30 cm untuk

pengujian modulus elastisitas dengan mutu beton K-200 dan diuji pada umur beton 28 hari, dengan skema penelitian sebagai berikut:



Gambar 1 Skema Penelitian

Serta berikut skema pengujian modulus elastisitas digambarkan dalam gambar berikut:



Gambar 2 Skema Pengujian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Analisa Karakteristik Agregat

Pada penelitian ini diperlukan pengujian karakteristik pada masing-masing agregat sebelum menentukan *mix design* dalam pembuatan benda uji, karena perbedaan agregat yang digunakan pada benda uji. Pasir yang digunakan dalam penelitian ini masuk dalam zona gradasi agregat halus zona 2, sedangkan hasil gradasi untuk agregat kasar masuk ke dalam zona maksimal agregat ukuran 20mm. Berikut hasil analisa karakteristik agregat:

Tabel 1 Hasil Analisa Agregat Halus

Jenis Pengujian	Satuan	Pasir
Modulus Halus	-	2,73
Berat Jenis SSD	-	2,65
Kadar Air	%	0,018
Penyerapan	%	0,62
Berat Isi	gr/cm ³	3,2%

Tabel 2 Hasil Analisa Agregat Kasar

Jenis Pengujian	Satuan	Kerikil Normal	Limbah Onyx
Modulus Halus	-	6,54	6,66
Berat Jenis SSD	-	2,59	2,63
Kadar Air	%	1,17	0,86
Penyerapan	%	0,044	0,009
Berat Isi	gr/cm ³	1,37	1,54

Dari hasil analisa di atas baru dapat diperhitungkan *mix design* untuk pembuatan benda uji.

Hasil Perhitungan *Mix Design*

Perancangan campuran beton pada penelitian ini menggunakan *mix design* dengan tata cara pembuatan beton normal sesuai dengan SNI-03-2834-2000 sebagai dasar perhitungan rancang campur adukan beton. Setelah semua data yang diperlukan pada pemeriksaan bahan campuran diperoleh. Penggunaan agregat kasar dengan limbah batuan *onyx* sebagai pengganti agregat kasar yang pada umumnya menggunakan kerikil serta untuk beton normal menggunakan agregat kerikil yang berupa batu sungai. Pada perancangan ini ditaksir nilai mutu beton yang digunakan adalah mutu beton K200 atau setara dengan $f'c$ sebesar 16,66 MPa.

Tabel 3 Komposisi Beton *Onyx*

Variasi (FAS)	Kebutuhan Bahan			
	Semen (kg)	Pasir (kg)	<i>Onyx</i> (kg)	Air (lt)
0,4	2,98	3,25	5,05	1,17
0,5	2,39	3,71	5,19	1,17
0,6	1,99	4,06	5,24	1,17

Tabel 4 Komposisi Beton Normal

Variasi (FAS)	Kebutuhan Bahan			
	Semen (kg)	Pasir (kg)	Kerikil (kg)	Air (lt)
0,4	2,98	3,19	4,97	1,16
0,5	2,39	3,64	5,12	1,16
0,6	1,99	3,99	5,16	1,16

Hasil Pengujian Berat Benda Uji

Dalam penelitian ini digunakan dua jenis agregat kasar pada beton dengan benda uji silinder. Agregat kasar yang digunakan yaitu kerikil normal berupa pecahan batu sungai dan limbah batuan *onyx*. Agregat limbah batu *onyx* memiliki karakteristik cukup tampak berbeda dibandingkan dengan kerikil normal, yaitu rongga pada permukaan *onyx* lebih rapat dibandingkan dengan kerikil normal yang

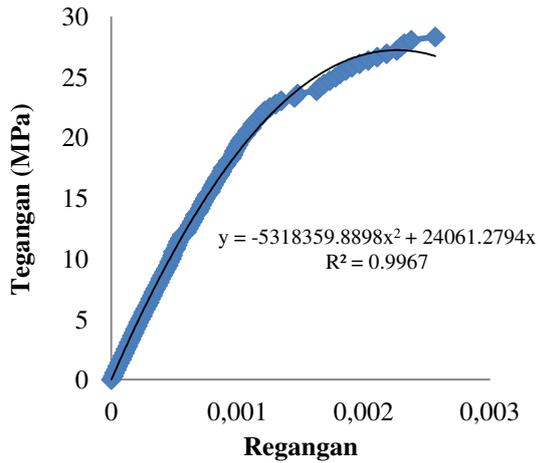
memiliki rongga lebih besar. Hal ini menyebabkan tingkat penyerapan air pada kedua agregat ini berbeda. Penyerapan air tersebut dapat mempengaruhi berat benda uji yang akan digunakan pada eksperimen ini. Selain itu berdasarkan pengujian berat isi pada masing-masing agregat juga mempengaruhi berat benda uji. Berat benda uji dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5 Berat Benda Uji

No	Beton <i>Onyx</i>			Beton Normal		
	Berat (kg)			Berat (kg)		
	FAS 0,4	FAS 0,5	FAS 0,6	FAS 0,4	FAS 0,5	FAS 0,6
1	13,05	12,15	12,2	11,95	12,15	11,65
2	12,8	12,3	12,3	12,1	12,1	11,3
3	13	12,25	12,3	12	12,15	11,45
4	12,8	12,25	12,45	11,65	12	11,6
5	12,85	12,25	12,25	12,05	12	11,6
6	12,7	12,2	12,35	11,7	11,75	11,5
7	12,55	12,3	12,35	12,2	11,95	11,7
8	12,85	12,55	12,35	11,95	11,9	11,2
9	12,85	12,45	12,35	12,35	11,7	11,4
10	13,15	12,6	12,5	12,15	11,85	11,75
11	12,9	12,3	12,6	-	-	-
12	12,65	12,25	12,7	-	-	-
13	13,05	12,4	12,5	-	-	-
14	13,15	12,4	12,3	-	-	-
15	13,1	12,1	12,75	-	-	-
Rata-Rata	12,90	12,32	12,42	12,01	11,96	11,52

Pengujian Modulus Elastisitas

Hasil Pengujian modulus elastisitas yang di dapat berdasarkan penelitian ini terbagi menjadi 2 bagian yaitu modulus elastisitas pada beton *onyx* dan modulus elastisitas pada beton normal, berikut salah satu contoh perhitungan modulus elastisitas pada penelitian ini:



Persamaan regresi tegangan-regangan untuk sampel beton *onyx* dengan FAS 0,4 pada umur 28 hari yaitu:

$$y = -5318359,8898 x^2 + 24061,2794x$$

Sehingga dapat dicari nilai x_1 dan x_2 dengan memasukkan nilai $y = S_2 = 11,409$ Mpa

$$y = -5318359,8898 x^2 + 24061,2794x$$

$$11,409 = -5318359,8898 x^2 + 24061,2794x$$

$$0 = -5318359,8898 x^2 + 24061,2794x - 11,409$$

Dari persamaan diatas dicari nilai akar-akarnya didapat :

$$x_1 = 0,00399$$

$$x_2 = \epsilon_2 = 0,00054$$

perhitungan nilai S_1 dengan nilai

$$x = \epsilon_1 = 0,00005$$

$$y = -5318359,8898 x^2 + 24061,2794x$$

$$S_1 = -5318359,8898 x \cdot 0,00005^2 + 24061,2794 x \cdot 0,00005$$

$$S_1 = 1,19 \text{ MPa}$$

Perhitungan nilai modulus elastisitas chord

(E_c):

$$E_c = \frac{S_2 - S_1}{\epsilon_2 - \epsilon_1}$$

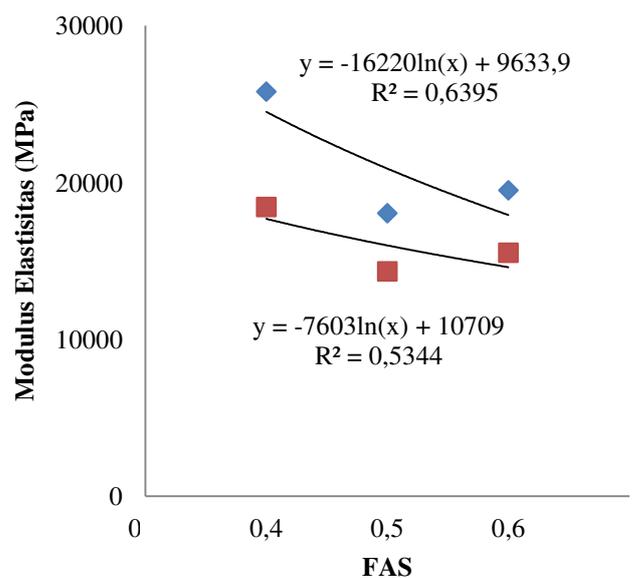
$$= \frac{11,409 - 1,19}{0,00054 - 0,00005}$$

$$= 20933,12 \text{ MPa}$$

Berikut rekap hasil perhitungan modulus elastisitas berdasarkan eksperimen:

Tabel 6 Rekap Nilai Modulus Elastisitas Beton (Eksperimen)

Beton <i>Onyx</i>			Beton Normal		
E_c (MPa)			E_c (MPa)		
FAS 0,4	FAS 0,5	FAS 0,6	FAS 0,4	FAS 0,5	FAS 0,6
20933	23334	16405	22807	11737	15351
23109	15457	21580	17286	13498	18716
41675	20117	22355	19109	13035	16849
19899	19598	16895	17953	18047	15372
30969	16010	18441	16940	9999	16568
18359	25020	15320	11376	16044	15790
14316	19472	18643	16323	20690	14054
16431	13854	17902	19628	15860	13298
25897	16397	16355	21420	14044	15310
35325	16083	18673	21381	10222	13761
23335	20400	16528			
47001	21433	32944			
10167	16477	17025			
22656	13150	17871			
36604	13584	25392			
25778	18026	19489	18422	14318	15507



Gambar 3 Korelasi nilai modulus elastisitas

Sedangkan nilai modulus elastisitas jika dihitung secara teoritis berdasarkan rumus pada SNI-03-2847-2002 dimana untuk beton dengan berat (W_c) antara 1500 kg/m³ dan 2500 kg/m³ yaitu dengan rumus $E_c = (w_c)^{1,5} 0,043 \sqrt{f'c}$ (dalam Mpa) sehingga didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 6 Rekap Nilai Modulus Elastisitas Beton (Analisa)

Beton <i>Onyx</i>			Beton Normal		
E _c (MPa)			E _c (MPa)		
FAS	FAS	FAS	FAS	FAS	FAS
0,4	0,5	0,6	0,4	0,5	0,6
28030	23847	19549	20033	25362	19592
28673	23102	19725	31845	24242	20638
30435	22989	19790	19406	24720	18371
29271	22545	20512	27331	24362	20011
29144	23317	22291	31187	23842	21961
28733	24382	20425	28123	25097	17380
23378	23102	21894	30606	23166	25026
28383	23638	22391	29986	25374	19464
29958	18754	19249	30434	19662	24197
29249	20350	23411	28616	21559	19098
27947	23595	21178			
29190	22934	21266			
24416	23691	20275			
29249	19768	22342			
30357	21855	22717			
28428	22525	21134	27757	23739	20574

Analisa Pembahasan

Sejalan dengan variasi perubahan FAS (Faktor Air Semen) akan mempengaruhi nilai modulus elastisitas, dimana diantara ketiga variasi FAS (Fakor Air Semen) nilai modulus elastisitas maksimum didapat pada FAS 0,4. Berdasarkan grafik pada Gambar 4.5 hasil penelitian mengenai modulus elastisitas dapat diketahui bahwa nilai modulus elastisitas untuk beton *onyx* dengan variasi FAS 0,4; 0,5; dan 0,6; beton berumur 28 hari adalah 24496, 20876, dan 171919 MPa. Sedangkan nilai

modulus elastisitas untuk beton normal dengan variasi FAS 0,4; 0,5; dan 0,6; beton berumur 28 hari adalah 17675, 15978, dan 14592 MPa.

Berdasarkan grafik korelasi antara nilai modulus elastisitas dengan variasi FAS, nilai modulus elastisitas pada beton normal berfungsi sebagai kontrol terhadap penurunan atau peningkatan nilai modulus elastisitas. Sehingga, dapat diketahui bahwa terjadi peningkatan modulus elastisitas pada beton *onyx*. Pada variasi FAS 0,4 terjadi peningkatan nilai modulus elastisitas sebesar 38,59%. Pada variasi FAS 0,5 terjadi peningkatan nilai modulus elastisitas sebesar 30,65%. Pada variasi FAS 0,6 terjadi peningkatan nilai modulus elastisitas sebesar 22,80%. Dari hasil analisa regresi hubungan nilai modulus elastisitas dengan variasi FAS, didapatkan nilai R² pada modulus elastisitas beton *onyx* sebesar 0,6669. Angka ini menunjukkan sebanyak 63,95% nilai modulus elastisitas beton *onyx* dipengaruhi oleh variasi FAS, sedangkan sisanya sebanyak 36,05% nilai modulus elastisitas beton dipengaruhi oleh faktor-faktor yang lainnya. Dikarenakan nilai keandalan dari penelitian beton *onyx* ini cukup besar menunjukkan bahwa ada faktor-faktor lain yang menyebabkan data sampel kurang baik, maka perlu lebih dicermati apabila dilakukan penelitian selanjutnya. Hal yang perlu diperhatikan, seperti halnya langkah dan perhitungan dalam perencanaan beton agar didapatkan hasil penelitian yang cukup valid.

Perbedaan nilai modulus elastisitas tersebut antara lain disebabkan karena adanya kontribusi dari tingkat kekerasan terhadap volume adukan beton yang semakin padat. Nilai modulus elastisitas tergantung pada besarnya regangan yang terjadi, sedangkan regangan sangat tergantung pada lendutan yang terjadi. Besarnya lendutan dipengaruhi oleh kekuatan material pembentuk beton yang salah satunya adalah agregat penyusunnya. Perbedaan nilai modulus elastisitas pada

beton *onyx* dibandingkan dengan beton normal cukup berbeda, dikarenakan pada masing-masing beton terdapat perbedaan yang cukup besar yaitu berupa perbedaan jenis agregat kasar. Dimana agregat kasar ini merupakan pengisi beton yang memiliki volume cukup besar, sehingga faktor-faktor lain yang mempengaruhi nilai modulus elastisitas cukup berpotensi dalam menghasilkan nilai yang cukup berbeda. Selain itu perlu diadakannya penelitian lebih lanjut dalam mempergunakan limbah batu *onyx* ini, agar mendapatkan hasil-hasil yang sesuai dengan kepatutan beton pada umumnya.

Dalam kasus penelitian ini dilakukan perlakuan berupa variasi FAS dimana tentunya dengan semakin banyaknya air yang digunakan dalam campuran tentunya akan menghasilkan campuran beton yang bermacam-macam, seperti halnya apabila air yang digunakan berlebih tentunya akan meninggalkan rongga udara yang lebih besar. Rongga tersebut bisa terbentuk akibat proses hilangnya air setelah beton tersebut didiamkan. Sehingga apabila beton yang dikenai beban dengan rongga pada beton tersebut cukup besar maka akan mengakibatkan nilai peregangan yang berupa perpendekan pada beton semakin besar. Apabila nilai perpendekan tersebut cukup besar maka akan menghasilkan nilai modulus elastisitas yang kurang atau dalam hal ini lebih kecil.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Penelitian dilakukan terhadap beton dengan benda uji silinder dengan variasi FAS, yaitu 0,4; 0,5; 0,6 pada beton *onyx* dibandingkan dengan beton normal menggunakan agregat kasar kerikil. Berdasarkan hasil pengujian dalam penelitian ini, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Jika dilihat berdasarkan hasil rekap dari keseluruhan penelitian ini limbah

batuan *onyx* mampu dipergunakan sebagai alternatif pengganti agregat kasar pada beton yang umumnya mempergunakan kerikil normal.

2. Berdasarkan data pada penelitian memperlihatkan bahwa nilai modulus elastisitas maksimum dicapai pada FAS 0,4. Hal ini bersesuaian dengan pengaruh kekuatan beton berdasarkan FAS yang digunakan dalam suatu perencanaan beton, dimana nilai modulus elastisitas berbanding lurus dengan mutu beton yang dihasilkan.
3. Dalam pencapaian nilai modulus elastisitas berdasarkan penelitian ini dapat disimpulkan bahwa:
 - a. Nilai modulus elastisitas untuk beton *onyx* dengan variasi FAS 0,4; 0,5; dan 0,6; beton berumur 28 hari adalah 24496, 20876, dan 17919 MPa. Sedangkan hasil penelitian mengenai modulus elastisitas untuk beton normal dengan variasi FAS 0,4; 0,5; dan 0,6; beton berumur 28 hari adalah 17675, 15978, dan 14592 MPa.
 - b. Terjadi peningkatan modulus elastisitas pada beton *onyx*. Pada FAS 0,4 terjadi peningkatan nilai modulus elastisitas sebesar 38,59%. Pada FAS 0,5 terjadi peningkatan nilai modulus elastisitas sebesar 30,65%. Pada FAS 0,6 terjadi peningkatan nilai modulus elastisitas sebesar 22,80%.

Saran

Dalam penelitian ini terdapat beberapa kesalahan serta kekurangan yang perlu diperhatikan untuk penelitian berikutnya, diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Dapat dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh variasi komposisi limbah *onyx* terhadap nilai modulus elastisitas beton. Agar mendapatkan kadar limbah optimum yang lebih spesifik.
2. Dapat di gunakan tipe- tipe semen yang lain.

3. Dalam memecah limbah batu *onyx* harus sesuai dengan gradasi yang direncanakan.
4. Pada saat proses pemadatan campuran beton perlu diperhatikan.
5. Pada saat pemasangan *extensometer* perlu diperhatikan lebih cermat agar alat terpasang dengan baik.
6. Perlu diperhatikan dalam pelaksanaan penelitian pada saat pembacaan *dial gauge* harap lebih teliti dan cermat.
7. *Dial Gauge* hendaknya perlu diadakan kalibrasi alat, sehingga dapat meminimalkan faktor-faktor kesalahan pembacaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditya, Candra. 2012. *Pengaruh Penggunaan Limbah Pasir Onyx Sebagai Substitusi Pasir Terhadap Kuat Tekan, Penyerapan Air dan Ketahanan Aus Paving Block*. Jurnal Ilmiah "Widyateknika" Vol. 20 No. 1 / Maret 2012. Malang: Fakultas Teknik Universitas Widyagama.
- Ardhiantika, P., Basuki, A. dan Sunarmasto. 2014. *Kajian Kuat Tekan, Kuat tarik, Kuat Lentur dan Redaman Bunyi pada Panel Dinding Beton Ringan dengan Agregat limbah Plastik Pet*. Solo: Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret.
- Arthur, H. Nilson, Darwin, David, & W. Dolan, Charles. 2010. *Design of Concrete Structures 14th ed*. New York: The McGraw-Hills Companies.
- ASTM Standard C469. (2002). *Standard Test Method for Static Modulus of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compression, (ASTM C469 - 02)*. USA: ASTM International.
- Binici, H., Shahb, T., Aksoganc, O., Kaplan, H. 2008. *Durability of Concrete Made with Granite and Marble as Recycle Aggregates*. Kahramanmaras Sutcu Imam University, Engineering and Architectural Faculty, Department of Civil Engineering, Avsar Campus, Kahramanmaras, Turkey.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1971. *Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBTU) 1971*. Bandung : Badan Penelitian.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1982. *Persyaratan Umum Bahan Bangunan (PUBI) 1982*, Bandung : Badan Penelitian.
- Gere, J.M., Timoshenko, S.P., 1996. *Mekanika Bahan*, Jakarta: Erlangga.
- Gusanti, W., Sambowo, A.K., Wibowo. 2014. *Tinjauan Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas Beton dengan Menggunakan Limbah Batu Candi Sebagai Pengganti Agregat Kasar*. Solo: Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret.
- Ikhsanudin. 2011. *Kajian Kuat Desak dan Modulus Elastisitas Pada Beton dengan Agregat Daur Ulang dan Serat Baja Limbah*. Solo: Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret.
- Mulyono, Tri. 2005. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Andi.
- Murdock, L.J. dan Brook, K.M. 1991. *Bahan dan Praktek Beton, Edisi Keempat*, Terjemahan oleh Stephanus Hindarko, Jakarta: Erlangga.
- Neville, A. M., Brooks, J.J. 2010. *Concrete Technology*. Harlow: Pearson Education Limited.
- Noor, Djauhari. 2009. *Pengantar Geologi*. Bogor: CV. Graha Ilmu
- Nugraha, Paul dan Antoni. 2007. *Teknologi Beton, dari Material,*

Pembuatan ke Beton Mutu Tinggi.
Yogyakarta: Andi.

Nurlina,S. 2008. *Struktur Beton.*Surabaya:
Srikandi.

Pawirodikromo, Widodo. 2014. *Analisa
Tegangan Bahan.* Yogyakarta:
Pustaka Pelajar.

SNI-03-1750-1990, *Mutu dan Cara Uji
Agregat Beton.*

SNI-03-2834-2000, *Tata Cara Pembuatan
Rencana Campuran Beton Normal.*

SNI-03-2847-2002, *Tata Cara
Perencanaan Strukutr Beton Untuk
Bangunan Gedung.*

Soleman, Yoppy. 2005. *Evaluasi Modulus
Elastisitas Beton (Ec) berdasarkan
Analisis Karakteristik Agregat.*
https://www.researchgate.net/publication/236943096_Aggregate_Characteristic_Analysis_Based_Modulus_of_Elasticity_of_Concrete_Evaluation_Evaluasi_Modulus_Elastisitas_Beton_Ec_berdasarkan_Analisis_Karakteristik_Agregat.
(Diakses 24 Januari 2016)