

**PENGARUH LIMBAH BATU *ONYX* SEBAGAI PENGGANTI
AGREGAT KASAR BETON TERHADAP KUAT LENTUR BALOK
BETON BERTULANG**

**NASKAH PUBLIKASI
TEKNIK SIPIL**

**Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik**



**EKA FAJAR SUPRAYITNO
NIM. 145060100111039**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2018**

PENGARUH LIMBAH BATU ONYX SEBAGAI PENGGANTI AGREGAT KASAR BETON TERHADAP KUAT LENTUR BALOK BETON BERTULANG

(The Effect of Onyx Stone Waste as Substitute of Coarse Aggregate on Flexural Strength of Reinforced Concrete Beam)

Eka Fajar Suprayitno, Edhi Wahyuni S, Wisnumurti
Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
Jalan MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia
E-mail: ekafajarsuprayitno@gmail.com

RINGKASAN

Agregat kasar merupakan salah satu material beton yang memiliki volume 60% sampai dengan 80% campuran beton. Salah satu alternatif pilihan pengganti agregat kasar beton adalah limbah batu onyx. Dalam desain beton bertulang struktural kuat lentur merupakan salah satu parameter kekuatan beton. Bila limbah batu *onyx* digunakan sebagai agregat kasar balok beton bertulang maka perlu diteliti perbedaan kuat lentur balok beton bertulang agregat kerikil dengan limbah batu *onyx*. Dalam penelitian ini dibuat dua jenis benda uji yaitu balok beton bertulang normal dan balok beton bertulang limbah *onyx*. Penelitian yang dilakukan dengan pembuatan benda uji silinder dan balok beton bertulang dengan dimensi 0,15 x 0,25 x 2 meter. Pengujian lentur dengan dibebani bertahap hingga mencapai beban maksimum. Hasil pengujian yang dilakukan kuat tekan rata – rata beton normal lebih besar dari kuat tekan rata – rata beton limbah *onyx* yaitu sebesar 7,858 %. Kuat lentur rata-rata balok beton bertulang agregat limbah batu *onyx* 1725,63 kgm dan kuat lentur rata-rata balok beton bertulang agregat kerikil 1728,38 kgm. Dari hasil analisis statistik dengan signifikansi 5% menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara kuat lentur balok beton bertulang agregat limbah batu *onyx* dengan balok beton bertulang agregat kerikil. Dapat disimpulkan bahwa limbah batu *onyx* layak digunakan sebagai agregat kasar beton struktural.

Kata Kunci: balok beton bertulang, agregat limbah batu *onyx*, kuat lentur.

ABSTRACT

Coarse aggregate is one of the concrete-forming materials with the largest volume requirement in the mixture of about 60% to 80% by volume of aggregate. Using onyx stone waste as substitution of coarse aggregate in concrete is one of many alternative can be used for structural concrete. In the reinforced concrete design process flexural strength is one of concrete strength parameter. When onyx stone waste used as coarse aggregate for reinforced concrete beam, it is necessary to examine flexural strength difference between Normal Reinforced Concrete and Onyx Waste Reinforced Concrete. Research conducted with the manufacture of cylindrical test objects and reinforced concrete beams with dimensions of 0.15 x 0.25 x 2 meters. As well as bending tests with gradually load until maximum load achieved. The result of average test that was done by compressive strength of normal concrete was bigger than the average compressive strength of onyx waste concrete that is equal to 7,858%. Average reinforced concrete beam with onyx stone waste aggregate flexural strength is 1725,63 kgm where reinforced reinforced concrete beam with normal aggregate flexural strength is 1728,38 kgm. Statistical analysis with 5% significant represent there is no difference in flexural strength between Normal Reinforced Concrete and Onyx Waste Reinforced Concrete. It showed that onyx waste stone is worthy for structural concrete aggregate.

Keywords: reinforced concrete beam, aggregate onyx stone waste, flexural strength.

PENDAHULUAN

Material pembentuk beton yaitu semen, agregat halus dan kasar, air, udara, dan bahan tambahan. Agregat kasar merupakan salah satu material beton yang memiliki volume 60% sampai dengan 80% campuran beton [6]. Kerikil didapatkan dari penambangan pada sungai yang kemudian diproses dengan alat yang disesuaikan dengan desain gradasi agregat beton. Dalam proses penambangannya mengakibatkan dampak samping yaitu erosi pada dasar sungai dan perubahan morfologi sungai.

Desa Gamping, Kecamatan Campur Darat, Tulungagung merupakan salah satu produsen furniture berbahan dasar batu onyx terbesar di Indonesia. Proses pembuatan furnitur menyisakan pecahan batu onyx yang tidak dimanfaatkan lagi. Dengan mengubahnya menjadi agregat kasar beton limbah batu onyx dapat menjadi solusi dampak samping penambangan kerikil.

Dalam desain beton bertulang struktural kuat lentur merupakan salah satu parameter kekuatan beton. Bila limbah batu *onyx* digunakan sebagai agregat kasar balok beton bertulang maka perlu diteliti perbedaan kuat lentur balok beton bertulang agregat kerikil dengan limbah batu *onyx*.

TINJAUAN PUSTAKA

Batuan *Onyx*

Onyx terdiri dari mikrokristalin yang berupa kalsit kasar dan biasanya juga mengandung aragonit. Mikrokristal tersebut terbentuk sebagai material bertekstur serat dan lamelar. Warna kuning coklat yang ada pada *onyx* terjadi akibat adanya oksida besi, namun ada juga yang keputih – putihan, kuning muda, orange madu, kuning, merah dan hijau gelap [1]. Dari hasil uji laboratorium didapatkan keausan sebesar 24% [3].

Beton Bertulang

Beton kuat menahan tekan dan lemah menahan tarik, maka beton dapat mengalami retak jika beban yang dipikul

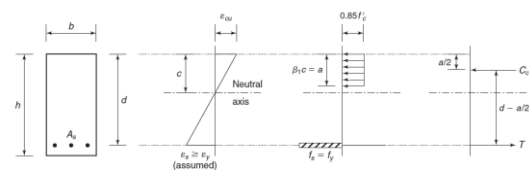
melebihi batas kuat tarik beton. Sehingga diperlukan tulangan baja yang berfungsi menyediakan kuat tarik pada beton. Penambahan tulangan pada beton disebut dengan istilah beton bertulang.

Limbah Batu *Onyx* Sebagai Agregat Beton

Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa limbah batu onyx persyaratan sebagai agregat beton. Kuat tekan beton agregat limbah batu onyx memenuhi persyaratan beton struktural [4]. Tidak terdapat perbedaan yang signifikan pada kuat lentur balok beton limbah batu onyx dengan kuat lentur balok beton normal [5].

Kuat Lentur Balok Beton Bertulang

Balok adalah elemen struktur yang menerima beban luar dan beban akibat berat sendiri terutama akibat gaya dalam dan momen. beban-beban yang bekerja pada struktur, baik yang berupa beban gravitasi (berarah vertikal) maupun beban-beban lain, seperti beban angin (dapat berarah horizontal), atau juga beban karena susut dan beban karena perubahan temperatur, menyebabkan adanya lentur dan deformasi pada elemen struktur [2]. Tegangan lentur yang diakibatkan momen lentur luar hampir selalu menentukan dimensi geometris penampang beton bertulang.



Gambar 1 Potongan Melintang Balok Beton Bertulang Tunggal

Momen Nominal Balok

Untuk mendapatkan momen nominal yang dapat ditahan oleh balok dapat dilihat dari rumus balok beton bertulang sebagai berikut :

$$a = \beta_1 \times c \quad (1)$$

$$Z = (d - a/2) \quad (2)$$

$$C_c = (0.85) \times f'_c \times b \times \beta_1 \times c \quad (3)$$

$$T = A_s \times f_y \quad (4)$$

Pada kondisi *balance* didapatkan :

$$T = C_c \quad (5)$$

Besar momen nominal balok bertulang :

$$M_n = C_c \times Z \quad (6)$$

$$M_n = C_c (d - a/2) \quad (7)$$

Dimana :

C_c = Tekan Beton T = Tarik Baja

A_s = Luas Tulangan Tarik

b = Lebar Balok

a = Tinggi Blok Tegangan

d = Tinggi Efektif Balok

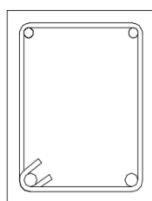
ϵ_s = Regangan Baja

ϵ_y = Regangan Leleh Baja

METODE PENELITIAN

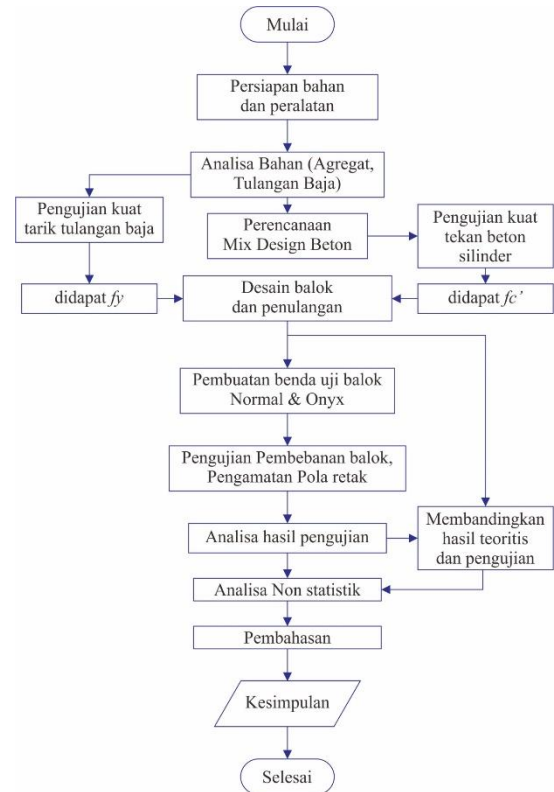
Adapun benda uji yang dibuat dan diteliti:

1. Pengujian kuat tekan pada beton yaitu 15 buah beton silinder agregat normal dan 15 buah beton silinder agregat *onyx*.
2. Jumlah benda uji balok dengan ukuran 15 cm x 25 cm x 200 cm yang digunakan adalah 10 untuk masing – masing beton agregat normal dan beton agregat *onyx* dengan cara pembebanan yang digunakan adalah *four point loading*.



Dimensi 0,15 x 0,25 x 2
Tulangan utama bawah
2- ϕ 12
Tulangan Geser
 Φ 8 – 150

Gambar 2 Gambar Penampang



Gambar 3 Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian beton keras yaitu kuat tekan benda uji silinder yang berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Pengujian dilakukan setelah beton berusia 28 hari, dengan menggunakan alat “*Compression Testing Machine*”

Tabel 1 Kuat Tekan Beton Normal

No	Kode Beton	Umur (hari)	Berat (kg)	Kuat Tekan (Mpa)	Kuat Tekan Rata-rata Total (Mpa)
1	N1-S1	28	13,25	30,80	
2	N1-S2	28	13	25,77	
3	N2-S1	28	13,15	30,91	
4	N3-S1	28	13,05	23,11	
5	N4-S1	28	13	31,78	
6	N5-S1	28	13	40,16	
7	N5-S2	28	13,25	43,68	
8	N6-S1	28	13,65	41,78	
9	N6-S2	28	13,3	30,11	35,72
10	N7-S1	28	13,2	38,77	
11	N7-S2	28	13,15	37,67	
12	N8-S1	28	13,1	37,56	
13	N8-S2	28	13,6	39,87	
14	N9-S1	28	13,25	38,71	
15	N10-S1	28	13,05	41,03	
16	N10-S2	28	13	39,87	

Tabel 2 Kuat Tekan Beton *Onyx*

No	Kode Beton	Umur (hari)	Berat (kg)	Kuat Tekan (Mpa)	Kuat Tekan Rata-rata Total (Mpa)
1	O1-S1	28	12,5	31,78	32,92
2	O1-S2	28	13,15	37,56	
3	O2-S1	28	13,05	32,94	
4	O2-S2	28	12,9	27,56	
5	O3-S1	28	13,15	35,02	
6	O3-S2	28	13,1	31,20	
7	O4-S1	28	13,35	34,67	
8	O5-S1	28	13,2	32,94	
9	O6-S1	28	12,9	32,36	
10	O6-S2	28	13	32,94	
11	O7-S1	28	12,9	37,27	
12	O7-S2	28	13,05	31,72	
13	O8-S1	28	13,25	33,86	
14	O8-S2	28	13,25	27,79	
15	O9-S1	28	13,2	32,53	
16	O9-S2	28	13	31,49	
17	O10-S1	28	13	32,99	
18	O10-S2	28	13,2	35,88	

Dari tabel 1 dan 2 didapat hasil nilai perbandingan antara kuat tekan beton normal dan *onyx*, dimana kuat tekan beton normal rata – rata yaitu sebesar 35,72 Mpa dan untuk beton dengan agregat limbah *onyx* nilai kuat tekan rata – rata sebesar 32,92 Mpa.

Analisa Balok Beton Bertulang

Hasil perbandingan P teoritis dan P pengujian ditunjukkan pada **Tabel 3** berikut :

Tabel 3 Perbandingan P Teoritis dengan P Pengujian

Tipe Agregat	P teoritis (kg)	P pengujian (kg)	Perbandingan Selisih (%)
Kerikil	5780,1	6285	8,03
Batu Onyx	5760,2	6275	8,20

Dari hasil perhitungan kapasitas beban maksimum balok didapatkan selisih perbandingan antara P teoritis agregat kerikil sebesar 8,03% sedangkan batu *onyx* 8,2%.

Analisa Kuat Lentur Balok Beton Bertulang

Pengamatan kuat lentur benda uji untuk balok beton bertulang dengan agregat kasar batu kerikil yang diberi nama RC – N (*Reinforced Concrete Normal*) dan balok beton bertulang dengan agregat kasar *onyx* RC – O (*Reinforced Concrete Onyx*).

Tabel 4 Kuat Lentur Balok Beton Bertulang Agregat Onyx

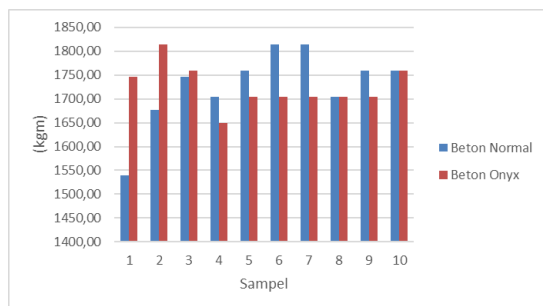
No	Kode Sampel	Beban Maksimum (kg)	Kuat Lentur Pengujian (kgm)	Kuat Lentur Teoritis (kgm)
1	RC-O01	6350	1746,25	1584,045
2	RC-O02	6600	1815,00	
3	RC-O03	6400	1760,00	
4	RC-O04	6000	1650,00	
5	RC-O05	6200	1705,00	
6	RC-O06	6200	1705,00	
7	RC-O07	6200	1705,00	
8	RC-O08	6200	1705,00	
9	RC-O09	6200	1705,00	
10	RC-O10	6400	1760,00	
			1725,625	8,20%

Hasil pengamatan dan analisa kuat lentur balok beton bertulang agregat *onyx* didapatkan kuat lentur rata-rata sebesar 1725,625 kgm. Dibandingkan dengan kuat lentur teoritis terdapat selisih 8,3%.

Tabel 5 Kuat Lentur Balok Beton Bertulang Agregat Kerikil

No	Kode Sampel	Beban Maksimum (kg)	Kuat Lentur Pengujian (kgm)	Kuat Lentur Teoritis (kgm)
1	RC-N01	5600	1540,00	1589,520
2	RC-N02	6100	1677,50	
3	RC-N03	6350	1746,25	
4	RC-N04	6200	1705,00	
5	RC-N05	6400	1760,00	
6	RC-N06	6600	1815,00	
7	RC-N07	6600	1815,00	
8	RC-N08	6200	1705,00	
9	RC-N09	6400	1760,00	
10	RC-N10	6400	1760,00	
			1728,38	8,03%

Hasil pengamatan dan analisa kuat lentur balok beton bertulang agregat kerikil didapatkan kuat lentur rata-rata sebesar 1728,38 kgm. Dibandingkan dengan kuat lentur teoritis terdapat selisih 8,03%.



Gambar 4 Grafik perbandingan kuat lentur balok beton bertulang agregat kerikil dengan limbah batu onyx

Uji statistik dilakukan dengan uji T untuk mengetahui apakah hipotesis awal dapat diterima atau ditolak. Hipotesis dalam penelitian ini sebagai berikut :

H₀ = Hipotesis awal yang menyatakan bahwa tidak terdapat perbedaan kuat lentur yang signifikan antara balok beton agregat limbah batu onyx dengan balok beton agregat kerikil.

H₁ = Hipotesis awal yang menyatakan bahwa terdapat perbedaan kuat lentur yang signifikan antara balok beton agregat

limbah batu onyx dengan balok beton agregat kerikil.

Dari hasil perhitungan didapatkan nilai T_{hitung} tidak berada pada daerah penolakan. H_0 diterima, tidak terdapat perbedaan kuat lentur yang signifikan antara balok agregat limbah batu onyx dengan balok agregat kerikil.

T_{hitung}	T_{tabel}	Keterangan
-0,0945	2,101	H ₀ diterima dan H ₁ ditolak

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan mengenai penggunaan limbah batu onyx sebagai pengganti agregat kasar balok beton bertulang sebagai berikut :

1. Penggunaan agregat limbah batu onyx berpengaruh terhadap kuat tekan beton. Dari hasil pengujian didapatkan nilai rata-rata kuat tekan beton dengan limbah batu onyx sebesar 32,92 Mpa sedangkan rata-rata kuat tekan beton agregat kerikil adalah 35,72 Mpa.
2. Pemakaian agregat limbah batu onyx sebagai pengganti agregat kasar berpengaruh terhadap kuat lentur balok beton bertulang.
3. Hasil pengujian hipotesis dengan nilai signifikansi 5% menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan kuat lentur yang signifikan antara balok beton bertulang agregat limbah batu onyx dengan balok beton bertulang agregat kerikil. Kuat lentur rata-rata balok beton bertulang agregat limbah batu onyx sebesar 1725,63 kgm dan kuat lentur rata-rata balok beton bertulang agregat kerikil 1728,38 kgm.
4. Limbah batu onyx layak digunakan sebagai agregat kasar beton struktural karena dari hasil penelitian menunjukkan bahwa kekuatan yang dihasilkan hampir sama.

Saran yang dapat dikemukakan untuk penelitian lebih lanjut yakni :

1. Dimungkinkan untuk penelitian limbah batu onyx sebagai pengganti agregat kasar beton bertulang dapat diaplikasikan ke dalam struktur lainnya seperti panel dan kolom. Karena dari hasil pengujian penelitian ini didapatkan kuat tekan yang tidak signifikan perbedaannya.
2. Dimungkinkan untuk penelitian menggunakan nilai rasio tulangan untuk struktur balok dapat menggunakan nilai rasio tulangan yang disarankan agar mendekati kondisi di lapangan.

[5] Setyowati, E.W., Soehardjono, A., dan Wisnumurti. 2017. Concrete with onyx waste as aesthetically valued structural concrete. AIP Conference Proceedings 1887.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Marble Institute of America. 2016. *Marble and Onyx*. Ohio. An excerpt from the dimension stone design manual version VIII.
- [2] Nawy, Edward G. 2010. *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*. Bandung : Penerbit PT. Refika Aditama
- [3] Rahmawati P, D.R., Setyowati, E.W. and Anggraini, R., 2016. *Pengaruh Penggunaan Limbah Batu Onyx Sebagai Pengganti Agregat Kasar Pada Campuran Beton Terhadap Kuat Tekan Beton*. Jurnal Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, 1(1), pp.pp-151
- [4] Raya, B.T., Setyowati, E.W. and Anggraini, R., 2016. *Pengaruh Penggunaan Limbah Batu Onyx Sebagai Pengganti Agregat Kasar Pada Campuran Beton Terhadap Kuat Lentur Beton*. Jurnal Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, 1(1), pp.pp-104.