

# PENGARUH LIMBAH BATU *ONYX* SEBAGAI PENGGANTI AGREGAT KASAR BETON TERHADAP LEBAR RETAK BALOK BETON BERTULANG

*(The Effect of Onyx Stone Waste as Substitute of Coarse Aggregate of Concrete Against Reinforced Concrete Beam Cracks Width)*

Wentri Asri Suryandari, Wisnumurti, Edhi Wahyuni Setyowati

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

Jalan MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia

E-mail: [wentriasri@hotmail.com](mailto:wentriasri@hotmail.com)

## ABSTRAK

Kerikil merupakan salah satu material pembentuk beton dengan kebutuhan volume paling besar dalam campuran sekitar 60% sampai 80% volume agregat. Limbah pecahan *onyx* yang dihasilkan dari perusahaan besar pengrajin *onyx* setiap harinya mencapai 500 kg. Komponen struktur harus memenuhi kemampuan layan untuk menjamin tercapainya perilaku struktur yang cukup baik pada tingkat beban kerja. Kemampuan layan terbatas pada tingkat beban kerja dan salah satunya ditentukan oleh retak pada beton bertulang. Maka dari itu diperlukan penelitian terhadap lebar retak beton agregat limbah batu *onyx* balok bertulangan tunggal dan beton agregat kerikil bertulangan tunggal.

Pada penelitian ini dibuat dua jenis benda uji yaitu balok beton bertulang normal dan balok beton bertulang *onyx*. Penelitian yang dilakukan dengan pembuatan benda uji silinder dan balok beton bertulang dengan dimensi 0,15 x 0,25 x 2 meter. Pengujian kuat tekan dengan menggunakan *compression machine*. Serta pengujian lentur dengan dibebani secara berangsur hingga mencapai beban maksimum. Selanjutnya dilakukan pengukuran lebar retak menggunakan *microscope detector* pada balok beton bertulang normal dan balok beton bertulang *onyx*. Dari hasil pengamatan dilakukan perbandingan dengan hasil teoritis.

Hasil pengujian yang dilakukan kuat tekan rata-rata beton normal lebih besar dari kuat tekan rata – rata beton *onyx* yaitu sebesar 7,839 %. Lebar retak balok beton bertulang normal dan balok beton bertulang *onyx* memiliki perbedaan dimana retak pertama balok beton bertulang normal 1200 kg - 2200 kg dan balok beton bertulang *onyx* 1600 kg - 2600 kg. Hasil pengamatan pengukuran lebar retak rata-rata beban maksimum balok normal sebesar 6285 kg dengan lebar retak 1,52 mm dan rata-rata beban maksimum balok *onyx* sebesar 6234 kg dengan lebar retak 1,66 mm.

**Kata Kunci:** balok beton bertulang, limbah agregat batu *onyx*, lebar retak.

## ABSTRACT

*Gravel is one of the concrete-forming materials with the largest volume requirement in the mixture of about 60% to 80% by volume of aggregate. Waste onyx fractions generated from large companies onyx craftsmen each day to reach 500 kg. Structures of reinforced concrete are designed to meet safety and serviceability criteria. To meet these criteria need to know the behavior of reinforced concrete one of them is the pattern of cracks. When Onyx stone is used as a coarse aggregate in the manufacture of concrete applied to beams, it is necessary to examine the behavior of the beam crack pattern to determine the collapse of the beam.*

*In this research, two types of specimens beams are Reinforced Concrete Normal and Reinforced Concrete Onyx. Research conducted with the manufacture of cylindrical test*

*objects and reinforced concrete beams with dimensions of 0.15 x 0.25 x 2 meters. Testing compressive strength using compression machine. As well as bending tests with burdened gradually hinnga achieve a maskimum load. Next observation of crack width use microscope detector on beam Reinforced Concrete Normal and Reinforced Concrete Onyx. From result of observation a comparison with theoretical result.*

*The result of the test that was done by compressive strength of Reinforced Concrete Normal average concrete was bigger than the average compressive strength of Reinforced Concrete Onyx that is equal to 7.8398%. The crack width of both Reinforced Concrete Normal and Reinforced Concrete Onyx beams have a difference the first cracks of both Reinforced Concrete Normal beams are 1200-2200 kg and Reinforced Concrete Onyx beams are 1600-2600 kg. The result of the test of crack width mean maximum load of Normal Beam equal to 6285kg with crack width 1,52mm and mean maximum load of Onyx Beam equal to 6234kg with crack width 1,66mm.*

**Keywords:** *reinforced concrete beam, crack width.*

## **PENDAHULUAN**

Pembangunan infrastruktur di Indonesia semakin meningkat, dimana pemerintah dan masyarakat semakin banyak melakukan pembangunan untuk konstruksi gedung bertingkat maupun rumah sederhana. Salah satu material yang digunakan dalam pembangunan adalah beton. Beton sederhana dibentuk oleh pengerasan campuran semen, air, agregat halus, agregat kasar (batu pecah atau kerikil), udara dan campuran tambahan lainnya (Nawy, 2010) [7]. Kebutuhan agregat kasar sangat besar yaitu sekitar 60 % - 80 % volume agregat [4].

Daerah Gamping, Kecamatan Campur Darat, Tulungagung merupakan wilayah tambang batu onyx di Jawa Timur, batu onyx tersebut dimanfaatkan masyarakat sekitar sebagai kerajinan furniture. Di daerah Gamping kebanyakan masyarakat bekerja sebagai perajin furniture batu onyx sehingga mengakibatkan limbah batu onyx dalam jumlah besar setiap harinya 500 kg dan belum ada pemanfaatan limbah batu onyx tersebut.

Berdasarkan SK SNI 03-2847-2013 pasal 11.1.2 disyaratkan bahwa komponen struktur harus memenuhi kemampuan layan untuk menjamin tercapainya perilaku struktur yang cukup baik pada tingkat beban kerja [6]. Kemampuan layan terbatas pada tingkat beban kerja dan salah satunya ditentukan oleh retak pada beton

bertulang. Penyusutan beton atau gaya luar mengakibatkan rendahnya gaya tarik sehingga terjadi retak. Besarnya lebar retak dapat merubah bentuk permukaan beton dan membuat korosi pada tulangan yang telah terekspos. Maka dari itu diperlukan penelitian terhadap lebar retak beton dengan agregat limbah batu onyx pada balok bertulangan tunggal dan dibandingkan dengan beton dengan agregat kerikil pada tulangan tunggal.

## **TINJAUAN PUSTAKA**

### **Agregat Kasar atau Kerikil**

Kerikil merupakan batu andesit yang termasuk dalam golongan batuan beku vulkanik hasil erupsi atau letusan gunung api. Batuan ini mengandung silika 56,77 %, padat, keras, mempunyai tekstur halus, berwarna abu-abu kegelapan sampai hitam. Secara fisik batu andesit mempunyai berat jenis antara 1,6-2,9 dengan berat isi sebesar 1635-2870 kg/m<sup>3</sup>, porositas sebesar 1-2%, absorbsi sekitar 0,8% dan kekerasan berkisar 5-6 Moh's. Secara mekanis batu andesit memiliki kuat tekan sebesar 60-240 MPa, modulus elastisitas sebesar 20-60 MPa dan kuat tarik belah sebesar 13-20 MPa [8].

### **Agregat Batu Onyx**

*Marble Institute of America* (2016) menjelaskan, *onyx* terdiri dari mikrokristalin yang merupakan kalsit kasar dan biasanya juga mengandung

aragonit. Mikrokristal tersebut terbentuk dari material bertekstur serat dan lamelar. Biasanya batuan ini tersusun sebagai material yang tembus cahaya dengan berbagai warna yang tergantung pada jumlah zat oksida besi yang bervariasi, 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 [3]. Menurut Herve Nicolas Lazzarelli, (Blue Chart Gem Identification, 2010) batu *onyx* memiliki indeks kekerasan 6,5 – 7 mohs dengan berat jenis 2,55 hingga 2,70 [2]. Dari hasil uji laboratorium didapatkan keausan sebesar 24% (Anissa, 2016, pp. 30) [1].

### Lebar Retak

SNI 03-2847-2002 pasal 12.6 ayat 4 mengatakan bahwa nilai lebar retak yang diperbolehkan tidak boleh melebihi 0,4 mm untuk penampang didalam ruangan dan 0,3 mm untuk penampang yang dipengaruhi cuaca luar.

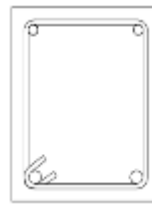
Pada evaluasi lebar retak ini digunakan untuk menghitung besar lebar maksimum dan retak yang terjadi pada permukaan tarik suatu gelagar, dipakai rumus pada SNI 03-2847-2002 pasal 12.6 ayat 4.

$$\omega = 11 \times 10^{-6} \beta f_s (d_c \cdot A)^{1/3} \quad [5].$$

### METODE PENELITIAN

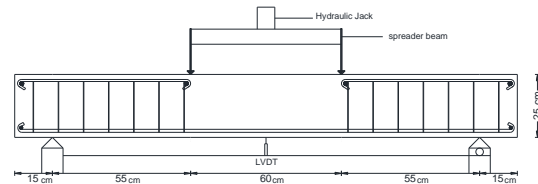
Adapun benda uji yang dibuat dan diteliti:

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*.

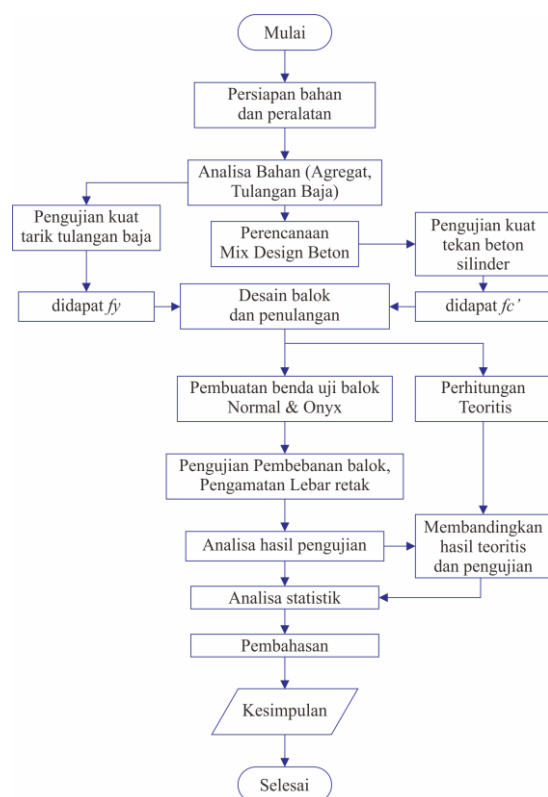


Dimensi 0,15 x 0,25 x 2  
Tulangan utama bawah  
2-  $\phi$  12  
Tulangan Geser  
 $\Phi$  8 - 150

**Gambar 1** Gambar Penampang



**Gambar 2** Skema Rangkaian Pembebanan dan Pengujian Balok



**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

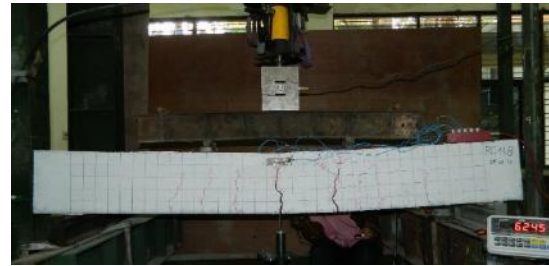
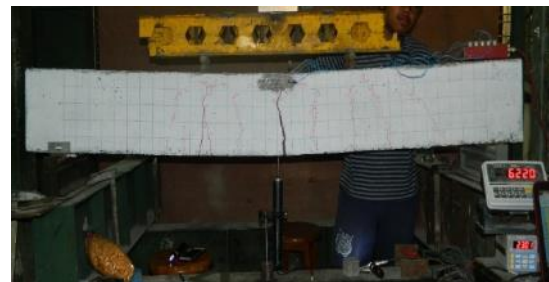
No	Kode Beton	Umur (hari)	Berat (kg)	Kuat Tekan (Mpa)	Kuat Tekan Rata-rata Total (Mpa)
1	N1-S1	28	13,25	30,80	35,72
2	N1-S2	28	13	25,77	
3	N2-S1	28	13,15	30,91	
4	N3-S1	28	13,05	23,11	
5	N4-S1	28	13	31,78	
6	N5-S1	28	13	40,16	
7	N5-S2	28	13,25	43,68	
8	N6-S1	28	13,65	41,78	
9	N6-S2	28	13,3	30,11	
10	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.

Pengamatan lebar retak setiap balok sampai dengan beban maksimum, dimana terdapat perbedaan lebar retak antara balok beton bertulang normal dengan balok beton bertulang *onyx*.

**Gambar 4** Pengamatan lebar retak beton bertulang normal**Gambar 5** Pengamatan lebar retak beton bertulang *onyx*

Dari hasil pengamatan yang telah dilakukan diperoleh data – data yang digunakan sebagai perbandingan balok beton bertulang normal dengan balok beton bertulang *onyx* yaitu sebagai berikut:

**Tabel 3** Beban pada saat terjadi retak

No	Normal	Mulai retak (kg)	Ultimate (kg)	<i>Onyx</i>	Mulai retak (kg)	Ultimate (kg)
1	RC-N01	1200	5600	RC-O01	2200	6350
2	RC-N02	1600	6100	RC-O02	2200	6600
3	RC-N03	2200	6350	RC-O03	2600	6400
4	RC-N04	1800	6200	RC-O04	2000	6000
5	RC-N05	1800	6400	RC-O05	2200	6200
6	RC-N06	1800	6600	RC-O06	2000	6200
7	RC-N07	1600	6600	RC-O07	1800	6200
8	RC-N08	2000	6200	RC-O08	1800	6200
9	RC-N09	2000	6400	RC-O09	1600	6200
10	RC-N10	1800	6400	RC-O10	1800	6400
	min	1200	5600		1600	6000
	max	2200	6600		2600	6600

Dari tabel 3 retak pertama yang terjadi pada balok beton bertulang normal yaitu 1200 kg sampai dengan 2200 kg, sedangkan untuk balok beton bertulang *onyx* yaitu 1600 kg sampai 2600 kg. Balok beton bertulang normal lebih cepat terjadi retak pertama dibandingkan dengan balok

beton bertulang *onyx*, hal tersebut dikarenakan balok beton bertulang *onyx* lebih plastis daripada balok beton bertulang normal, sehingga untuk mencapai retak pertama dibutuhkan gaya tarik yang lebih besar pada balok beton bertulang *onyx*.

Setelah mendapatkan hasil lebar retak setiap balok, dapat dilihat perbedaan lebar retak pada saat beban maksimum antara balok beton bertulang normal dengan balok beton bertulang *onyx*.

**Tabel 4** Lebar Retak pada Beban Maksimum Balok Beton Bertulang Normal

Balok	Beban (kg)	Lebar Retak (mm)
RC N1	5600	1,300
RC N2	6100	1,200
RC N3	6350	1,200
RC N4	6200	1,300
RC N5	6400	1,650
RC N6	6600	2,300
RC N7	6600	2,300
RC N8	6200	1,250
RC N9	6400	1,500
RC N10	6400	1,200
<b>Rata-rata</b>	<b>6285</b>	<b>1,520</b>

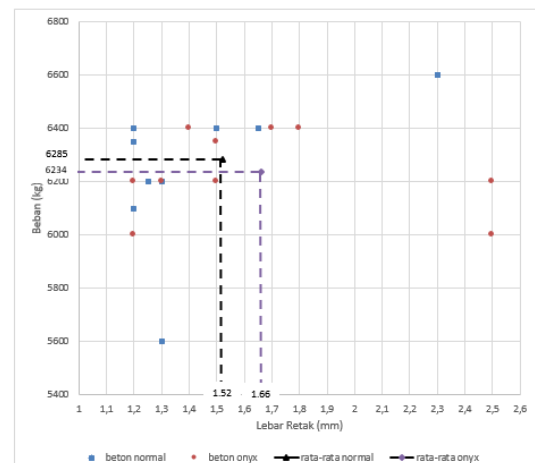
Dari tabel 4 hasil pengamatan pengukuran lebar retak didapatkan perilaku retak balok beton bertulang normal menunjukkan beban maksimum pada sepuluh balok yang terbesar yaitu 6600 kg dengan lebar retak 2,3 mm dan beban maksimum pada sepuluh balok yang terkecil yaitu 5600 kg dengan lebar retak 1,3 mm.

**Tabel 5** Lebar Retak pada Beban Maksimum Balok Beton Bertulang *Onyx*

Balok	Beban (kg)	Lebar Retak (mm)
RC O1	6350	1,500
RC O2	6400	1,800
RC O3	6400	1,400
RC O4	6000	1,200

Balok	Beban (kg)	Lebar Retak (mm)
RC O5	6200	1,300
RC O6	6200	2,500
RC O7	6000	2,500
RC O8	6200	1,500
RC O9	6200	1,200
RC O10	6400	1,700
<b>Rata-rata</b>	<b>6235</b>	<b>1,660</b>

Dari tabel 5 hasil pengamatan pengukuran lebar retak didapatkan perilaku retak balok beton bertulang *onyx* menunjukkan beban maksimum pada sepuluh balok yang terbesar yaitu 6400 kg dengan lebar retak 2,5 mm dan beban maksimum pada sepuluh balok yang terkecil yaitu 6000 kg dengan lebar retak 1,2 mm.



**Gambar 6** Grafik perbedaan lebar retak saat beban maksimum

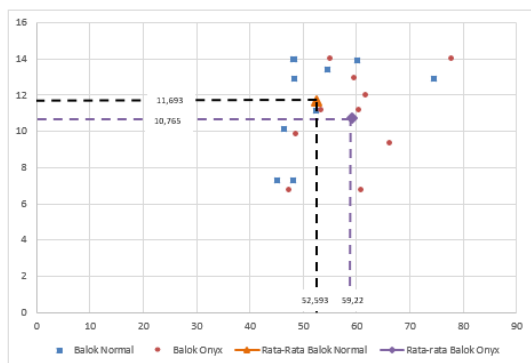
Dari gambar 6 dapat dilihat rata-rata beban maksimum balok beton bertulang normal adalah 6285 kg sedangkan balok beton bertulang *onyx* 6234 kg. Rata-rata lebar retak yang terjadi saat beban maksimum pada balok beton bertulang normal adalah 1,52 mm sedangkan pada balok beton bertulang *onyx* adalah 1,66 mm.

**Tabel 6** Perbedaan Pengamatan dan Teoritis Lebar Retak Balok Normal

Balok	Pijin/Pmax %	M/Mmax %	wijin/w %
RC N1	74,554	74,554	12,892
RC N2	48,361	48,361	13,958
RC N3	48,031	48,031	13,983
RC N4	48,387	48,387	12,885
RC N5	46,484	46,484	10,145
RC N6	48,106	48,106	7,280
RC N7	45,076	45,076	7,279
RC N8	54,435	54,435	13,394
RC N9	52,344	52,344	11,161
RC N10	60,156	60,156	13,951
Rata-rata	52,593		11,693

**Tabel 7** Perbedaan Pengamatan dan Teoritis Lebar Retak Balok *Onyx*

Balok	Pijin/Pmax %	M/Mmax %	wijin/w %
RC O1	53,543	53,543	11,165
RC O2	66,406	66,406	9,308
RC O3	61,719	61,719	11,964
RC O4	77,917	77,917	13,956
RC O5	59,677	59,677	12,884
RC O6	60,887	60,887	6,700
RC O7	47,500	47,500	6,699
RC O8	60,484	60,484	11,169
RC O9	55,242	55,242	13,959
RC O10	48,828	48,828	9,851
Rata-rata	59,220		10,765



**Gambar 7** Grafik perbedaan pengamatan dan teoritis lebar retak balok normal dan balok *onyx*

Dari gambar 7 hasil perhitungan perbandingan teoritis dengan pengamatan

mendapatkan hasil rata-rata beban yang diijinkan dibagi saat beban maksimum pada balok normal sebesar 52,593 % kemudian untuk balok *onyx* lebih besar yaitu 59,22 %. Sedangkan hasil rata-rata lebar retak yang diijinkan dibagi lebar retak saat beban maksimum pada balok normal sebesar 11,693 % kemudian untuk balok *onyx* lebih kecil yaitu 10,765 %.

## KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian ini, dapat disimpulkan beberapa hal mengenai balok beton bertulang normal dan balok beton bertulang *onyx* sebagai berikut:

1. Kuat tekan rata-rata beton normal lebih besar dari kuat tekan rata-rata beton *onyx* yaitu sebesar 7,839 %.
2. Lebar retak balok beton bertulang normal dan balok beton bertulang *onyx* memiliki perbedaan dimana retak pertama balok beton bertulang normal 1200 kg - 2200 kg dan balok beton bertulang *onyx* 1600 kg – 2600 kg.
3. Hasil pengamatan pengukuran lebar retak rata-rata beban maksimum balok beton bertulang normal sebesar 6285 kg dengan lebar retak 1,52 mm dan rata-rata beban maksimum balok beton bertulang *onyx* sebesar 6234 kg dengan lebar retak 1,66 mm.

Saran yang bisa diberikan sebagai berikut:

1. Dalam penelitian selanjutnya dapat ditambahkan perhitungan teoritis lebar retak saat beban maksimum (*ultimate*).
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut yang belum dilakukan penulis yaitu pengujian susut (*shrinkage*) dan rangkai pada beton *onyx*.
3. Dalam penelitian selanjutnya dapat mengamati lebar retak balok beton bertulang rangkai *onyx*.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Annisa, A.N. and Setyowati, E.W., 2016. *Pengaruh Penggunaan Limbah Batu Onyx Sebagai Pengganti Agregat Kasar Pada Campuran Beton Terhadap Kuat Tarik Belah*

- Beton*. Jurnal Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, 1(1), pp.pp-142.
- [2] Hebhoub, H., Aoun, H., Belachia, M., Houari, H., Ghorbel, E., 2011. *Use of waste marble aggregates in concrete*. Constr. Build. Mater.
  - [3] Marble Institute of America. 2016. *Marble and Onyx*. Ohio. An excerpt from the dimension stone design manual version VIII.
  - [4] Mulyono, Tri. 2004. *Teknologi Beton*. Yogyakarta : Penerbit Andi
  - [5] Nasional, B.S., 2002. SNI 03-2847-2002 *Standar Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*.
  - [6] Nasional, B.S., 2013. SNI 03-2847-2013 *Standar Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*.
  - [7] Nawy, Edward G. 2010. *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*. Bandung : Penerbit PT. Refika Aditama
  - [8] Suseno, H. 2010. *Bahan Bangunan untuk Teknik Sipil*. Malang: Penerbit Bargie Media.