

PECAHAN GENTENG KERAMIK SEBAGAI SUBSTITUSI AGREGAT KASAR DITINJAU DARI KUAT TEKAN DAN BERAT ISI BETON RINGAN

Iyzhaniuddin¹, Qomariah², Sunarto Suryanto³

Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang¹, Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang², Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang³

iyzhaniuddin@gmail.com¹, qomariah@polinema.ac.id², sunarto@polinema.ac.id³

ABSTRAK

Keramik dalam suatu pekerjaan konstruksi pada umumnya sering digunakan sebagai dinding, lantai dan juga genteng. Dalam pengerjaannya, genteng keramik sering mengalami pecah atau retak sehingga keramik tersebut tidak dapat digunakan kembali. Dan menjadi limbah. Pada penelitian ini, akan digunakan limbah genteng keramik sebagai bahan pengganti agregat kasar pada beton ringan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisa pengaruh substitusi limbah genteng keramik 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% terhadap agregat kasar pada campuran beton ringan ditinjau dari kekuatan tekan dan berat isi. Penelitian ini menggunakan metode cor *in-situ* dengan *concrete mixer* beton. Beton di cetak menggunakan 12 silinder Ø 15x30cm. yang melalui proses *curing* selama 14 dan 28 hari sebelum uji kuat tekan. Untuk uji kuat tekan menggunakan 60 benda uji untuk usia 14 dan 28 hari. Dari hasil penelitian beton ringan pada usia 28 hari rata-rata kuat tekan variasi limbah genteng keramik 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% masing-masing adalah 22,57 MPa, 24,86 MPa, 22,24 MPa, 20,06 MPa, dan 19,99 MPa. Hasil penelitian beton ringan rata-rata berat isi variasi limbah genteng keramik 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% masing-masing adalah 1,798 gr/cm³, 1,863 gr/cm³, 1,855 gr/cm³, 1,937 gr/cm³, dan 1,967 gr/cm³. Hasil pengujian yang dilakukan dalam penambahan limbah genteng keramik sebagai substitusi agregat kasar menyebabkan nilai kuat tekan naik pada variasi 25% dan turun pada variasi 50%, 75%, 100% dan nilai berat isi meningkat.

Kata kunci : beton ringan; substitusi agregat kasar; limbah genteng keramik; kuat tekan; berat isi.

ABSTRACT

Ceramics in a construction work in general are often used as walls, floors and tiles. In the process, ceramic tiles often break or crack so the ceramics cannot be reused. And become waste. In this study, ceramic tile waste will be used as a substitute for coarse aggregate in lightweight concrete. The purpose of this study was to analyze the effect of ceramic tile waste substitution 0%, 25%, 50%, 75%, and 100% on coarse aggregate in lightweight concrete mixtures in terms of compressive strength and heavy content. This research uses in-situ cast method with concrete mixer. Concrete is molded using 12 cylinders Ø 15x30cm. which goes through the curing process for 14 and 28 days before the compressive strength test. For compressive strength tests use 60 specimens for ages 14 and 28 days. From the results of lightweight concrete research at 28 days the average compressive strength variation of ceramic tile waste is 0%, 25%, 50%, 75%, and 100% respectively 22.57 MPa, 24.86 MPa, 22.24 MPa, 20.06 MPa and 19.99 MPa. The results of lightweight concrete research the average weight of ceramic tile waste variation 0%, 25%, 50%, 75%, and 100% respectively are 1,798 gr / cm³, 1,863 gr / cm³, 1,855 gr / cm³, 1,937 gr / cm³ and 1,967 gr / cm³, The results of tests carried out in the addition of ceramic tile waste as coarse aggregate substitution causes the compressive strength value to rise at a variation of 25% and down at a variation of 50%, 75%, 100% and the weight value of the contents to increase.

Keywords: *lightweight concrete; substitute for coarse aggregate; ceramic tile waste; compressive strength; heavy content.*

1. PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan zaman yang semakin maju dan modern saat ini, banyak sekali infrastruktur yang dibangun untuk memenuhi kebutuhan dan fasilitas masyarakat. Di Indonesia sendiri sebagai negara berkembang pembangunan infrastruktur banyak sekali di jumpai seperti pembangunan jalan, rumah, pertokan, perkantoran dan gedung-gedung yang menjulang tinggi.

Beton sendiri memiliki berbagai jenis, salah satunya adalah beton ringan. Beton ringan adalah beton yang memiliki berat jenis (*density*) lebih ringan dari beton pada umumnya. Pada dasarnya beton ringan diperoleh dengan cara penambahan pori-pori udara ke dalam campuran betonnya. Tidak seperti beton biasa, berat beton ringan dapat diatur sesuai kebutuhan. Pada umumnya berat jenis beton ringan berkisar antara 600 – 1800 kg/m³.

Tujuan Penyusunan skripsi ini adalah untuk mengetahui pengaruh pecahan genteng keramik sebagai substitusi agregat kasar ditinjau dari kuat tekan dan berat isi beton ringan. Serta mengetahui biaya pembuatan beton ringan substitusi keramik genteng dalam m³

Penelitian Terdahulu

Soemantoro, M., Safrin Zuraidah, and Rika Nosen. "Pemanfaatan Limbah Genteng Sebagai Bahan Alternatif Agregat Kasar Pada Beton." *Jurnal Teknik Sipil Unitomo 1.1* (2017). Pada penelitian ini yang ditinjau adalah pengaruh penambahan limbah genteng sebagai alternative pengganti batu pecah terhadap kadar keausan dan kuat tekan beton. Hasil penelitian menunjukkan kadar keausan mencapai 53% yang melebihi persyaratan yaitu 50%. Dari hasil pengujian kuat tekan beton dengan komposisi agregat kasar dari limbah genteng 0%, 25%, 50%, 75%, 100%. Nilai kuat tekan ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 1 Nilai pengujian kuat tekan

Umur	Variasi	Variasi	Variasi	Variasi	Variasi
	0%	25%	50%	75%	100%
	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
28 hari	16,87	12,01	13,17	12,59	10,17

Sumber: Jurnal Teknik Sipil Unitomo 1.1 (2017)

Beton

Beton merupakan suatu bahan komposit (campuran) dari beberapa material, yang bahan utamanya terdiri dari campuran antara semen, agregat halus, agregat kasar, air dan atau tanpa bahan tambah lain dengan perbandingan tertentu. Karena beton merupakan komposit, maka kualitas beton sangat tergantung dari kualitas masing-masing material pembentuk. (Kardiyono Tjokrodimulyo, 2007, dalam Sutrisno, Papa, and Salmani Syindi Anggraeni 2014)

Beton Ringan

Menurut SNI 03-3449-2002, Beton ringan adalah beton yang memiliki agregat ringan atau campuran agregat kasar ringan dan pasir alam sebagai pengganti agregat halus ringan dengan ketentuan tidak boleh melampaui berat isi maksimum beton 1850 kg/m³ dan harus memenuhi ketentuan kuat teknan.

Tabel 1 Syarat kekuatan beton ringan berdasarkan tujuan konstruksi

Kontruksi Bangunan	Beton Ringan		
	Kuat Tekan	Berat Isi	
	(MPa)	(Kg/m ³)	
Struktural	Minimum	17,24	1400
	Maksimum	41,36	1850
Struktural ringan	Minimum	6,89	800
	Maksimum	17,24	1400
Structural sangat ringan sebagai isolasi	Minimum	-	-
	Maksimum	-	-

Sumber : SNI 03-3449-2002

Semen Portland

Semen merupakan bagian terpenting dalam pembuatan beton. Semen mempersatukan pasir, koral, air menjadi satu kesatuan. Yang kita kenal dengan nama semen sebetulnya adalah *Portland Cement* (p.c). (Gunawan & Margaret 1987).

Agregat Halus

Agregat halus terdiri dari pasir alam, pasir buatan atau gabungan dari kedua pasir tersebut. Agregat halus dapat digolongkan menjadi 3 golongan, yaitu pasir galian, pasir sungai dan pasir laut. (Tjokrodimuljo, 2007). Agregat dikatakan sebagai agregat halus jika butirannya kurang atau sama dengan 4,75 mm. (No. 4 ASTM C33).

Tabel 2 Syarat Gradasi Agregat Halus

Lubang ayakan	Persen Butiran yang Lewat Ayakan			
	Zona I (pasir Kasar)	Zona II (Pasir Agak Kasar)	Zona III (Pasir Agak Halus)	Zona IV (Pasir halus)
10	100	100	100	100
4,8	90-100	90-100	90-100	90-100
2,4	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3	5-20	8-30	12-40	5-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

Sumber: (No. 4 ASTM C33).

Agregat Kasar

Agregat kasar adalah agregat yang semua butirannya tertinggal di atas ayakan 4,8 mm (ASTM C33,1982). Menurut berat jenisnya, agregat kasar dibedakan menjadi 3 jenis (Tjokrodimuljo, 2007) yaitu : Agregat normal, agregat berat, dan agregat ringan.

Tabel 3 Syarat kekuatan beton ringan berdasarkan tujuan konstruksi

Lubang ayakan	Persen Butiran yang Lewat Ayakan		
	Zona I (pasir Kasar)	Zona II (Pasir Agak Kasar)	Zona III (Pasir Agak Halus)
38.1	95 -100	100	-
19.0	37 - 70	95 - 100	100
9.52	10 - 40	30 - 60	85 - 100
4.76	0 - 5	0 -10	0 - 10

Sumber : SNI 03-2834-2000

Air

Air dibutuhkan untuk pembuatan beton agar terjadi reaksi kimawi dengan semen. Air untuk pembuatan beton minimal

memenuhi syarat sebagai air minum yang tawar, tidak berbau, dan tidak mengandung bahan-bahan yang dapat merusak beton, seperti minyak, asam, alkali, garam atau bahan-bahan organis lainnya yang dapat merusak beton atau tulangnya. (Tata Cata Perhitungan Standar Beton Untuk Bangunan Gedung, SNI 03-2847-2002)

Agregat Ringan

Agregat yang digunakan untuk memproduksi beton ringan merupakan agregat ringan juga. Agregat yang digunakan umumnya merupakan hasil pembakaran shale,lempung, slates, residu slag, residu batu-bara,dan banyak lagi hasil pembakaran vulkanik (Holm, 1994: 522).

Tabel 4 Syarat kekuatan beton ringan berdasarkan tujuan konstruksi

Ukuran Nominal	Persentase (massa) yang lolos ayakan dengan lubang persegi									
	25,0 mm	19,0 mm	12,5 mm	9,5 mm	4,75 mm	2,36 mm	1,18 mm	300µm	150 µm	75 µm
Agregat halus: 4,75 – 0 mm	...	...	...	100	85 – 100	...	40 – 80	10 – 35	5 – 25	...
Agregat kasar:										
25,0- 4,75 mm	95-100	...	25 – 60	...	0 – 10	...	...	...	...	0 – 10
19,0 - 4,75 mm	100	90-100	...	10 – 50	0 – 15	...	...	...	...	0 – 10
12,5- 4,75 mm	...	100	90 – 100	40 – 80	0 – 20	0 – 10	...	...	...	0 – 10
9,5- 2,36 mm	...	...	100	80 – 100	5 – 40	0 – 20	0 – 10	...	...	0 – 10
Agregat kombinasi										
halus dan kasar:										
12,5 – 0 mm	...	100	95 – 100	...	50 – 80	...	...	5 – 20	2 – 15	0 – 10
9,5 – 0 mm	...	...	100	90 – 100	65 – 90	35 – 65	...	10 – 25	5 – 15	0 – 10

Sumber: ASTM, Concrete and Aggregates. Vol.04.02-1995, C.330-1995,p.196

Genteng Keramik

Genteng keramik merupakan material yang digunakan sebagai penutup atap rumah. Bahan penyusun dalam pembuatan genteng keramik terbuat dari tanah liat. Menurut Tjokrodimulyo (1995) menyatakan bahwa agregat kasar dari pecahan genteng mempunyai beberapa kelebihan, antara lain dapat menghasilkan beton dengan kuat tekan yang tinggi, berat jenis betonnya ringan (lebih ringan dari beton normal) dan beton yang dihasilkan mempunyai daya hantar panas yang rendah. Berikut merupakan komposisi kimia serbuk genteng menurut Muhammad Lukman Abadi (2017) :

Tabel 5 Komposisi Kimia Serbuk Genteng

Komposisi Kimia	Kandungan (%)
Besi(Fe)	49,17
Silikon(Si)	24,5
Aluminium(Al)	12,03
Kalsium(Ca)	7,60
Titanium(Ti)	2,12

Nikel(Ni)	1,29
Kalium(K)	0,95
Manga(Mn)	0,67
Stronsium(Sr)	0,57
Lain-lain	1,1

Sumber : Muhammad Lukman Abadi, 2017.

Kuat Tekan Beton

Semakin tinggi kuat tekan betonnya, maka semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan. Perhitungan kuat tekan beton sesuai dengan rumus berikut :

$$f'c = \frac{P}{A} \tag{1}$$

Keterangan : $f'c$ = kuat tekan beton (MPa)

P = beban tekan aksial (N)

A = Luas penampang benda uji (mm²)

Densitas (density)

Densitas merupakan ukuran kepadatan dari suatu material atau sering didefinisikan sebagai perbandingan antara massa

(m) dengan volume (v).. Rumus untuk menghitung besarnya densitas adalah sebagai berikut :

$$\rho = \frac{W_s}{W_b - (W_g - W_k)} \times \rho_{air} \quad (2)$$

- ρ = densitas (g/cm³)
- W_g = massa benda dalam air (g)
- W_b = massa basah dari perendaman (g)
- W_s = massa kering (g)
- W_k = massa penggantung (g)

2. METODE

Persiapan Material

Persiapan material dapat dimulai dengan mempersiapkan material yang akan digunakan seperti : pasir, kerikil, semen, dan limbah genteng keramik. Hal ini dilakukan bertujuan agar memastikan setiap material yang akan digunakan tersedia hingga proses penelitian selesai. Selain itu dengan mempersiapkan material yang akan digunakan akan mempermudah dalam proses pengerjaan penelitian.

Bahan Penelitian

Tabel 6 Bahan yang digunakan dalam penelitian

Bahan	Keterangan
Semen Portland	Semen Pc tipe 1 produksi semen gresik dengan kemasan 40 kg
Limbah Genteng Keramik	Limbah didapatkan dari Gedung Akutansi Teknik sipil
Agregat Halus	Pasir cor menggunakan pasir lumajang
Agregat Kasar	Agregat kasar yang berupa batu berpori yang didapatkan dari Dau Kota malang.
Air	Air didapat dari laboratorium bahan bangunan dan beton POLINEMA

Perhitungan Mix Design

Dalam menentukan sebuah proporsi campuran suatu beton harus menggunakan campuran yang tepat agar beton yang di cetak sesuai dengan yang diinginkan. Metode penentuan tersebut dapat mengacu pada SK SNI T-03-3449-2002 tentang Tata Cara Penentuan Campuran Beton Ringan.

Pengujian Kuat Tekan

Untuk mengetahui kekuatan tekan beton perlu dilakukan pengujian kuat tekan beton sesuai dengan standar yang berlaku, adapun prosedur pengujian kuat tekan beton. Pengujian kuat tekan beton menggunakan alat digital technotest.

Pengujian Berat Isi Beton

Menurut SNI 1973:2008 Pemilihan metode pemadatan berdasarkan nilai *slump* dilakukan jika tidak ditentukan

dalam spesifikasi. Metode pemadatan dilakukan dengan cara penusukan dan getaran internal. Untuk nilai *slump* yang lebih besar dari 75 mm pemadatan dilakukan dengan cara penusukan. Untuk nilai *slump* yang terletak di antara 25 mm sampai 75 mm pemadatan dapat dilakukan dengan cara penusukan atau penggetaran internal. Apabila nilai *slump* lebih kecil dari 25 mm maka pemadatan hanya boleh dilakukan dengan cara penggetaran.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis yang dilakukan ada 6 macam, yaitu analisa sifat fisik material, analisa pengujian *slump*, analisa pengujian kuat tekan, analisa pengujian berat isi dan analisa biaya.

Hasil Pengujian Agregat Kasar

Tabel 7 Pengujian Agregat Kasar

Pemeriksaan	Hasil	Spesifikasi
Kadar Air	14,84%	1-5%
Berat Jenis	2,32 gr/cm ³	2.5-2.7
Penyerapan	3,07%	2-10
Berat Isi Lepas	0,84 gr/cm ³	≤ 1,2
Berat Isi Tusuk	0,96 gr/cm ³	≤ 1,6
Berat Isi goyang	1 gr/cm ³	≤ 1,6
Kekerasan	66,11%	≤ 45
Analisa Saringan	Memenuhi spesifikasi menurut ASTM C.330	

Sumber: Perhitungan

Hasil pengujian agregat kasar ada yang tidak memenuhi persyaratan, maka pembuatan mengacu pada nilai fas untuk beton ringan.

Hasil Pengujian Agregat Halus

Tabel 8 Pengujian Agregat Halus

Pemeriksaan	Hasil	Spesifikasi
Kadar Air	3,36%	5-10%
Berat Jenis	2,72 gr/cm ³	2,5-2,7
Penyerapan	14,61%	2-10%
Kadar Lumpur	2,44%	≤ 2,5%
Warna larutan	Bening	Coklat
Berat Isi Lepas	1,59 gr/cm ³	≤ 1,2
Berat Isi Tusuk	1,70 gr/cm ³	≤ 1,6
Berat Isi goyang	1,77 gr/cm ³	≤ 1,6
Analisa Saringan	Memenuhi spesifikasi menurut ASTM C.330	

Sumber: Perhitungan

Hasil pengujian agregat Halus ada yang tidak memenuhi persyaratan, maka pembuatan mengacu pada nilai fas untuk beton ringan.

Hasil Pengujian Agregat Genteng Keramik

Tabel 9 Pengujian Agregat Genteng Keramik

Pemeriksaan	Hasil	Spesifikasi
Kadar Air	14,90%	1-5%
Berat Jenis	2,02 gr/cm ³	2.5-2.7
Penyerapan	12,02%	2-10
Berat Isi Lepas	1,03 gr/cm ³	≤ 1,2
Berat Isi Tusuk	1,18 gr/cm ³	≤ 1,6
Berat Isi goyang	1,29 gr/cm ³	≤ 1,6
Kekerasan	21,52%	≤ 45
Analisa Saringan	Tidak Memenuhi spesifikasi menurut ASTM C.330	

Sumber: Perhitungan

Hasil pengujian agregat kasar ada yang tidak memenuhi persyaratan, maka pembuatan mengacu pada nilai fas untuk beton ringan.

Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Dalam penelitian ini beton dilakukan pengujian kuat tekan beton untuk setiap variasi sejumlah 12 buah benda uji yang terbagi 6 buah benda uji pada umur 14 hari, dan 28 hari dengan hasil pengujian dalam tabel berikut

Tabel 10 Pengujian Agregat Genteng Keramik

Umur	Variasi 0%	Variasi 25%	Variasi 50%	Variasi 75%	Variasi 100%
	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
14 hari	15,97	20,20	15,82	14,66	14,80
28 hari	22,57	24,86	22,24	20,06	19,99

Sumber: perhitungan

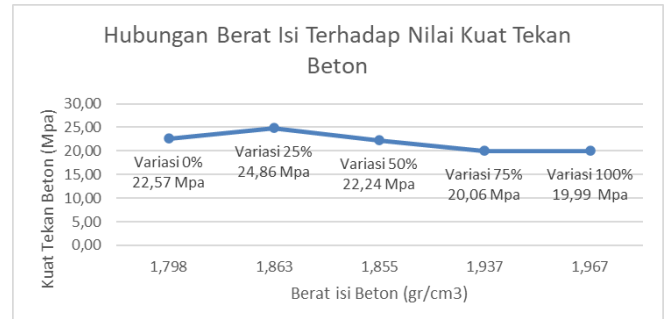
Hasil dari pengujian kuat tekan beton pada umur 28 hari menunjukkan bahwa kuat tekan beton memenuhi persyaratan beton ringan. Namun jika ditinjau pada setiap variasi 0%, 25%, 50%, 75%, 100%. Nilai kuat tekan sebesar 22,57; 24,86; 22,24; 20,06; 19,99. Artinya nilai kuat tekan naik pada variasi 25% lalu turun pada variasi 50%, 75%, 100%.

hasil nilai kuat tekan mengalami kenaikan dan penurunan pada kuat tekan beton. Jika dibandingkan dengan beton acuan yaitu variasi 0%. Berikut nilai perbandingan dari nilai kuat tekan pada umur 14 dan 28 hari dengan variasi 25%, 50%, 75%, 100%, yaitu: naik 26,49% dan 10,15%; turun 0,94% dan 1,46%; turun 8,20% dan 11,12%; turun 7,44% dan 11,43%.

Dari penelitian terdahulu nilai kuat tekan pada seluruh variasi mengalami peningkatan. Hal tersebut bisa terjadi dikarenakan karakter genteng yang digunakan juga berbeda. Dimana nilai kekerasan dari genteng pada penelitian kali ini memiliki nilai sebesar 21,52% benda uji yang hancur.

Hasil Pengujian Berat Isi Beton

Pengujian berat isi beton segar dilakukan setelah pengecoran. Dengan pemadatan dilakukan dengan ditusuk. Hasil dari pengujian berat isi didapatkan dengan cara ditimbang. Berikut grafik nilai pengujian berat isi beton ringan.



Gambar 1 Nilai Berat Isi Beton Segar

Berdasarkan hasil pengujian dapat dilihat bahwa nilai berat isi mengalami peningkatan dan penurunan. Nilai berat isi sesuai dengan variasi 0%, 25%, 50%, 75%, 100% adalah 1,798 gr/cm³; 1,863 gr/cm³; 1,855 gr/cm³; 1,937 gr/cm³; 1,967 gr/cm³.

Analisa Biaya

Berdasarkan pengujian kuat tekan yang telah dilakukan, maka dapat dihitung biaya pada setiap variasi untuk 1 m³ dengan koefisien bahan menggunakan hasil mix design. Sehingga didapatkan data perhitungan biaya kebutuhan material beton ringan dengan variasi 0% sebesar Rp.628.405,714, beton variasi 25% sebesar Rp. 607.779,351, beton variasi 50% sebesar Rp. 587.152,989, beton variasi 75% sebesar Rp. 566.526,626, dan beton variasi 100% sebesar Rp. 545.900,263.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari penelitian dapat dijabarkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai kuat tekan beton rata-rata tertinggi yaitu dengan variasi campuran 25% pada umur 28 hari yaitu sebesar 24,86 MPa, variasi campuran 0% sebesar 22,57 MPa, variasi campuran 50% sebesar 22,24 Mpa, variasi campuran 75% sebesar 20,06 MPa, dan variasi campuran 100% sebesar 19,99 MPa. Penggunaan substitusi kerikil dengan limbah genteng keramik berdampak menaikkan nilai kuat tekan beton rata-rata pada variasi 25% dan menjadi turun pada variasi 50%, 75%, 100%.
2. Campuran yang memiliki nilai optimum pada nilai kuat tekan yaitu pada beton dengan variasi campuran 25% dengan nilai kuat tekan rata-rata sebesar 24,86 MPa.
3. Biaya pembuatan beton dalam 1m³ untuk beton ringan 0% sebesar Rp.628.405,714, beton variasi 25% sebesar Rp. 607.779,351, beton variasi 50% sebesar Rp.

587.152,989, beton variasi 75% sebesar Rp. 566.526,626, dan beton variasi 100% sebesar Rp. 545.900,263. Berdasarkan biaya diatas dalam 1m³ beton dengan campuran variasi limbah genteng keramik lebih murah dari pada biaya pembuatan beton ringan 0% dengan selisih setiap harga untuk beton variasi 25% sebesar Rp. 20.626,363, beton variasi 50% sebesar Rp. 41.252,726, beton variasi 75% sebesar Rp. 61.879,089, dan beton variasi 100% sebesar Rp. 82.505,451. Biaya yang dibutuhkan belum termasuk harga untuk peminjaman alat laboratorium sebesar Rp. 300.000,00.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Standarisasi Nasional. 1990. *SNI 03-1968 1990: Metode Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar*.
- [2] Badan Standarisasi Nasional. 1990. *SNI 03-1971-1990: Metode Pengujian Kadar Air Agregat*.
- [3] Badan Standarisasi Nasional. 1989. *SK SNI S-04-1989-F: Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A, Bahan Bangunan Bukan Logam*.
- [4] Badan Standarisasi Nasional. 1998. *SNI 03-4804-1998: Metode Pengujian Bobot Isi dan Rongga Udara dalam Agregat*.
- [5] Departemen Pekerjaan Umum., *Cara Uji Berat Isi Beton Ringan Struktural*, SNI 3402:2008.
- [6] Departemen Pekerjaan Umum., *Spesifikasi agregat ringan untuk beton struktural*, SNI 2461:2014.
- [7] Departemen Pekerjaan Umum., *Tata Cara Rencana Pembuatan Campuran Beton Ringan Dengan Agregat Ringan*, SK SNI T-03-3449-2002.
- [8] Haryanto, Wawan. "*Tinjauan Kuat Tekan Beton dengan Pecahan Genteng Sokka sebagai Agregat Halus*". Diss. Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2009.
- [9] Mulyono, Tri. "Teknologi beton." *Penerbit Andi, Yogyakarta* (2004).
- [10] Soemantoro, M., dkk. "Pemanfaatan Limbah Genteng Sebagai Bahan Alternatif Agregat Kasar Pada Beton." *Jurnal Teknik Sipil Unitomo* 1.1 (2017).
- [11] Tjokrodimulyo, Kardiyono. "Teknologi Bahan Konstruksi." *Yogyakarta: Universitas Gajah Mada* (2003).