

Beton Ringan Struktural Dengan Memanfaatkan Agregat Buatan Dari Tanah Liat

Rahma Amilia¹⁾
Laksmi Irianti²⁾
Surya Sebayang³⁾
Ratna Widyawati⁴⁾

Abstract

The high specific gravity of concrete, which significantly increases the weight of the structure itself, is one of its drawbacks. One way that can be done to reduce the weight of concrete is to make lightweight concrete using lightweight aggregates. From this research it is expected to know whether the use of artificial aggregate from clay as a split replacement material can meet the requirements for structural lightweight concrete. In this study the specimens used were cylinders with a diameter of 150 mm and a height of 300 mm for testing the compressive strength and split tensile strength of concrete. The mixed design used was the ACI 211.2-98 method. Variations of artificial lightweight aggregate from clay used are 0%, 20%, 40%, 60%, 80% and 100% of the total split coarse aggregate with a concrete test time of 28 days and added superplasticizer of 0.5% by weight of cement. From the results of the tests that have been carried out, the greatest compressive strength and tensile strength occur in normal concrete with a compressive strength value of 26.42 MPa and a split tensile strength of 2.17 MPa. As for the compressive strength and split tensile strength of concrete, the lowest occurred in concrete containing 100% light aggregate made from clay and 0% split with a compressive strength value of 15.09 MPa and a split tensile strength of 1.65 MPa. It can be concluded that in terms of the required unit weight value, lightweight concrete with 100% light aggregate content made from clay is included in the lightweight concrete category, but when viewed from the results of the compressive strength and split tensile strength tests, concrete is included as lightweight concrete for lightweight structures.

Key words : Lightweight concrete, clay, compressive strength, splitting tensile strength.

Abstrak

Berat jenis beton yang tinggi, yang meningkatkan berat struktur itu sendiri secara signifikan, adalah salah satu kelemahannya. Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mengurangi berat beton, yaitu membuat beton ringan dengan menggunakan agregat ringan. Dari penelitian ini diharapkan dapat diketahui apakah dengan pemanfaatan agregat ringan buatan dari tanah liat sebagai bahan pengganti *split* dapat memenuhi persyaratan untuk beton ringan struktural. Dalam penelitian ini benda uji yang digunakan berupa silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm untuk pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah beton. Rancang campur yang digunakan yaitu metode ACI 211.2-98. Variasi agregat ringan buatan dari tanah liat yang digunakan adalah 0%, 20%, 40%, 60%, 80% dan 100% dari total agregat kasar *split* dengan waktu pengujian beton berumur 28 hari serta ditambahkan *superplasticizer* sebesar 0,5% dari berat semen. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan diperoleh kuat tekan dan kuat tarik terbesar terjadi pada beton normal dengan nilai kuat tekan 26,42 MPa dan kuat tarik belah sebesar 2,17 MPa. Sedangkan untuk nilai kuat tekan dan kuat tarik belah beton terendah terjadi pada beton dengan kandungan 100% agregat ringan buatan dari tanah liat dan 0% *split* dengan nilai kuat tekan 15,09 MPa dan kuat tarik belah sebesar 1,65 MPa. Dapat disimpulkan ditinjau dari nilai berat volume yang disyaratkan beton ringan dengan kadar 100% agregat ringan buatan dari tanah liat termasuk dalam kategori beton ringan, namun jika ditinjau dari hasil pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah beton termasuk beton ringan untuk struktural ringan.

Kata kunci : Beton ringan, tanah liat, kuat tekan, kuat tarik belah.

-
- ¹⁾ Mahasiswa pada Program Studi S1 Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung. Surel: rahmaamilia901@gmail.com
²⁾ Dosen pada jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145.
³⁾ Dosen pada jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145.
⁴⁾ Dosen pada jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145.

I. PENDAHULUAN

Semen *portland*, agregat kasar, agregat halus dan air adalah bahan-bahan yang digunakan untuk membuat beton. Jika dibandingkan dengan baja, pembuatan beton relatif lebih murah, lebih mudah dibentuk, lebih tahan api dan bahan bakunya mudah diperoleh. Berat jenis beton yang tinggi, yang meningkatkan berat struktur itu sendiri secara signifikan, adalah salah satu kelemahannya. Salah satu cara untuk mengurangi berat beton adalah dengan membuat beton ringan dengan menggunakan agregat ringan buatan seperti tanah liat. Berdasarkan (Badan Standardisasi Nasional, 2002b), beton ringan adalah jenis beton yang mengandung agregat ringan dengan berat jenis kurang dari 1900 kg/m³. Berat jenis bahan penyusun beton, khususnya berat jenis agregat, menentukan berat beton. Beton ringan struktural umumnya digunakan pada bangunan yang terlindungi seperti kolom, pelat dan dinding. Material agregat ringan buatan tanah liat memiliki sifat-sifat fisis dan kimia yang penting diantaranya yaitu plastisitas yang berfungsi menjadi pengikat pada proses pembentukan sehingga tidak mengalami keretakan atau berubah bentuk serta mempunyai kualitas kemampuan bakar pada suhu tinggi. Melihat keunggulan tanah liat tersebut maka dilakukan pemanfaatan agregat ringan buatan dari tanah liat sebagai bahan campuran pada beton ringan struktural. Dalam penelitian ini, penulis akan melakukan pemanfaatan agregat ringan buatan dari tanah liat sebagai pengganti sebagian agregat kasar.

Sebelum digunakan dalam campuran, agregat ringan buatan dari tanah liat terlebih dahulu dibentuk menjadi bulat-bulatan kecil (*dipelet*) dengan ukuran 20 mm kemudian dibakar di suhu 800°-900°C selama 2 jam. Penulis akan melakukan perbandingan antara pengaruh kuat tekan dan kuat tarik belah beton ringan struktural yang menggunakan agregat buatan dari tanah liat terhadap kuat tekan dan kuat tarik belah beton normal. Variasi agregat buatan dari tanah liat yang digunakan adalah 0%, 20%, 40%, 60%, 80% dan 100% dari berat total agregat kasar (*split*). Pada penelitian ini juga menggunakan *superplasticizer* sebagai bahan tambah sebanyak 0,5% dari berat semen dengan tujuan untuk menambah kuat tekan pada beton serta waktu pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah beton berumur 28 hari.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beton Ringan

Beton ringan adalah beton yang memiliki berat jenis lebih ringan dari beton normal. Berdasarkan (Badan Standardisasi Nasional, 2002c), kuat tekan beton ringan diklasifikasikan menjadi 3 yaitu untuk struktural dengan kuat tekan minimum 17,24 MPa dan maksimum 41,36 MPa, untuk struktural ringan dengan kuat tekan minimum 6,89 MPa dan maksimum 17,24 MPa dan untuk struktural sangat ringan. Untuk mendapatkan beton ringan struktural, maka dapat dilakukan dengan beberapa cara. Salah satunya menggunakan agregat ringan, contohnya tanah liat bakar. Dengan demikian beton yang terbentuk akan lebih ringan daripada beton normal.

2.2 Bahan Penyusun Beton Ringan Struktural

2.2.1 Semen PCC (*Portland Composite Cement*)

Semen PCC adalah pengikat hidrolik yang dibuat dengan menggabungkan terak dan gipsium dengan satu atau lebih bahan anorganik, atau dengan menggabungkan bubuk semen *portland* dengan bubuk anorganik lainnya (Badan Standardisasi Nasional, 2004).

2.2.2 Agregat Halus

Pasir atau agregat halus adalah agregat yang dapat lolos saringan uji (butir < 5 mm). Pasir adalah hasil alami dari pemecahan batu awal, dan dapat ditemukan di dekat atau jauh dari lokasi aslinya karena terseret oleh air atau angin dan mengendap di suatu tempat.

2.2.3 Agregat Kasar

Menurut (ASTM International, 2001), agregat kasar adalah agregat dengan ukuran partikel lebih besar dari 4,75 mm. Syarat gradasi agregat kasar untuk adukan beton dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Gradasi Saringan Ideal Agregat Kasar

Diameter Saringan (mm)	Persen Lolos (%)	Gradasi Ideal (%)
25,00	100	100
19,00	90-100	95
12,50	-	-
9,50	20-55	37,5
4,75	0-10	5
2,36	0-5	2,5

Sumber: (ASTM International, 2001)

2.2.4 Air

Air diperlukan dalam produksi beton untuk memulai proses kimia semen, membasahi agregat, dan memudahkan pekerjaan beton. Akibatnya, fungsi air dalam campuran beton adalah untuk mendukung reaksi kimia yang memulai proses pengikatan dan membuat pekerjaan dengan campuran semen dan agregat menjadi lebih mudah. Menurut (Badan Standardisasi Nasional, 2002b), persyaratan kualitas air yaitu sebagai berikut:

- Air yang digunakan dalam adukan beton harus bersih dan bebas dari bahan-bahan yang dapat merusak struktur, seperti minyak, oli, asam, basa, garam dan zat organik.
- Kecuali kualitas air telah diuji, air minum tidak boleh digunakan pada beton.
- Rasio campuran beton harus dipilih didasarkan campuran beton yang menggunakan air dari sumber yang sama.

2.2.5 Superplasticizer

Superplasticizer adalah bahan tambahan kimia yang dapat memecah gumpalan dalam pasta semen dan melapisinya. Ini memastikan bahwa semen didistribusikan secara merata ke seluruh campuran beton dan dapat meningkatkan kemudahan (*workability*) beton.

2.2.6 Tanah Liat

Tanah liat adalah zat yang terdiri dari partikel yang sangat kecil, terutama kaolonit, mineral yang terdiri dari aluminium oksida (Al_2O_3), silikon oksida (SiO_2) dan air (H_2O). Komposisi unsur kimia yang terkandung dalam tanah liat dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Komposisi Unsur Kimia Pada Tanah Liat (Lempung)

Unsur/Senyawa	Persentase (%)
Silika (SiO ₂)	± 59,14
Aluminium Karbonat (Al ₂ O ₃)	± 15,34
Besi (Fe ₂ O ₃)	± 0,69
Kalsium Oksida (CaO)	± 0,51
Natrium Oksida (Na ₂ O)	± 0,38
Magnesium Oksida (MgO)	± 0,35
Kalium (K ₂ O)	± 0,11
Air (H ₂ O)	± 0,12

2.3 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton adalah salah satu karakteristik kinerja utamanya. Kuat tekan beton didefinisikan sebagai kemampuannya untuk menyerap gaya tekan per satuan luas. Meskipun beton memiliki tegangan tarik yang kecil, semua tegangan tekan diasumsikan ditopang olehnya. Uji kubus/silinder dapat digunakan untuk menentukan kuat tekan. Berdasarkan (Badan Standardisasi Nasional, 2011), kuat tekan beton dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$F_c' = \frac{P}{A} \quad (1)$$

Keterangan:

F_c' = Kuat tekan beton (MPa)
P = Gaya tekan aksial (N)
A = Luas penampang benda uji (mm²).

2.4 Kuat Tarik Belah Beton

Salah satu parameter kekuatan beton yang terpenting adalah kuat tarik belah. Pengujian tekan di laboratorium menggunakan pembebanan lateral masing-masing benda uji silinder sampai kekuatan maksimumnya menghasilkan nilai kekuatan tarik belah. Berdasarkan (Badan Standardisasi Nasional, 2002a), persamaan berikut dapat digunakan untuk menghitung kekuatan tarik belah.

$$F_{ct} = \frac{2P}{\pi L D} \quad (2)$$

Keterangan:

F_{ct} = Kuat tarik belah beton (MPa)
P = Beban uji maksimum (N)
L = Panjang benda uji (mm)
D = Diameter benda uji (mm)

III. METODE PENELITIAN

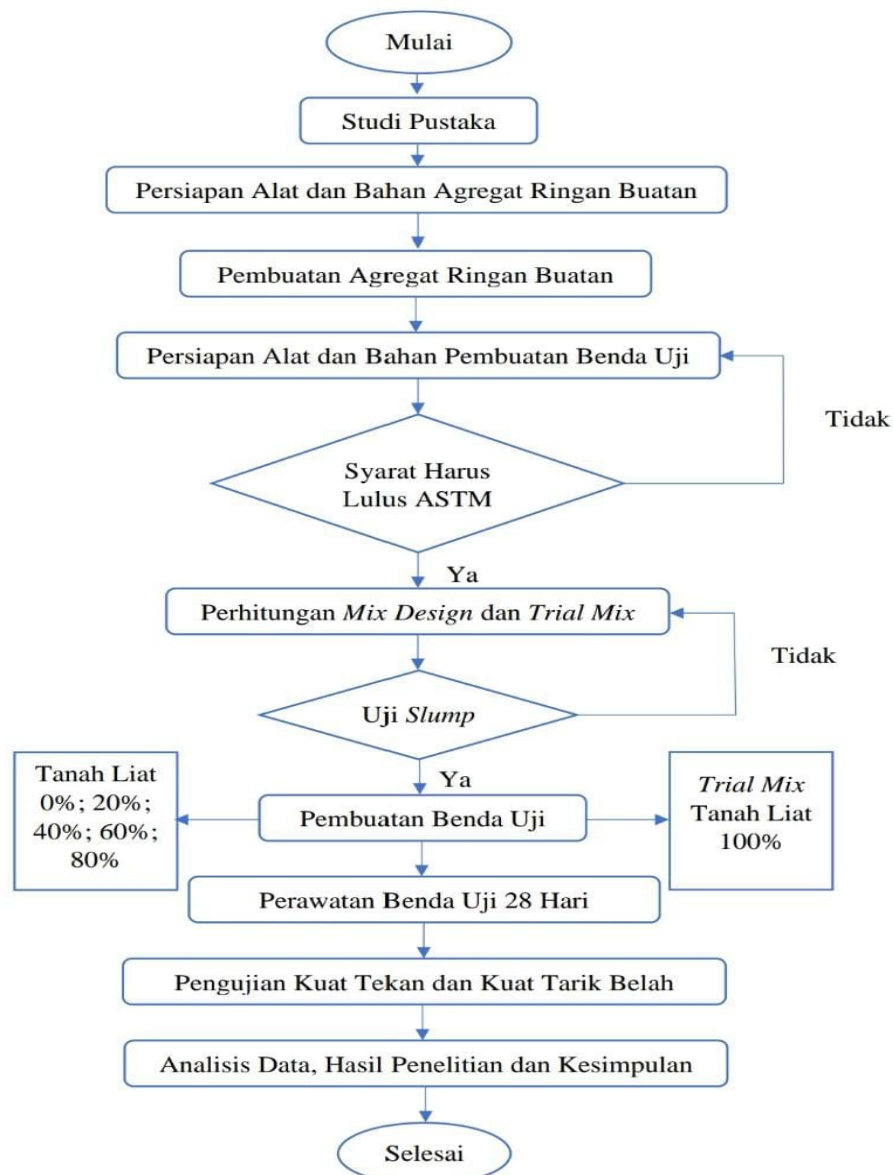
Metode penelitian yang akan dilakukan adalah studi eksperimental yang dilakukan di laboratorium untuk mendapatkan data dan hasil penelitian yang dibutuhkan. Bahan dasar tanah liat di ambil dari Dusun Sidoharjo Kecamatan Natar Kabupaten Lampung Selatan. Benda uji yang direncanakan sebanyak 36 buah silinder beton dengan ukuran 150 mm x

300 mm. Untuk mengetahui karakteristik agregat dilakukan 6 variasi dengan menggunakan bahan tambah (*superplasticizer*) sebanyak 0,5% dari berat semen. Setiap variasi dibuat 6 buah benda uji, dimana 3 untuk pengujian tekan dan 3 untuk pengujian kuat tarik belah beton yang pengujiannya dilakukan pada saat umur beton 28 hari. Kemudian untuk perhitungan *mix design* menggunakan metode (ACI, 1982).

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian dengan judul beton ringan struktural dengan memanfaatkan agregat buatan dari tanah liat dilakukan di Laboratorium Bahan dan Konstruksi Universitas Lampung.

3.2 Diagram Alir Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

3.3 Pembuatan Agregat Ringan

Tahapan dalam produksi agregat ringan yaitu agregat ringan buatan dari tanah liat yang digunakan sudah dilakukan penggilingan terlebih dahulu kemudian tanah liat dibentuk menjadi bola-bola kecil (pelet) dengan ukuran 20 mm untuk digunakan sebagai agregat ringan. Setelah itu, tanah yang telah dibentuk dijemur terlebih dahulu sampai berwarna coklat keabuan dan kemudian dibakar pada suhu 800°-900°C selama 2 jam.

3.4 Pembuatan Benda Uji

Benda uji berupa silinder dengan ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm dengan pengujian yang dilakukan yaitu uji tekan dan tarik belah beton. Tabel berikut menunjukkan data dari jumlah benda uji.

Tabel 3. Jumlah Benda Uji

No	Kode Benda Uji	Persentase Agregat Kasar	Persentase Tanah Liat	Uji Tekan	Uji Tarik Belah
1	BRT 0	100%	0%	3	3
2	BRT 1	80%	20%	3	3
3	BRT 2	60%	40%	3	3
4	BRT 3	40%	60%	3	3
5	BRT 4	20%	80%	3	3
6	BRT 5	0%	100%	3	3
		Jumlah		18	18
		Jumlah Keseluruhan		36 Sampel	

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Umum

Software Microsoft Excel digunakan dalam bab ini untuk mengolah data yang diperoleh dari berbagai pengujian dengan menggunakan metode eksperimen yang dilakukan di Laboratorium Bahan dan Konstruksi Fakultas Teknik Universitas Lampung. Pada penjelasan berikut, hasil pengujian yang telah dilakukan akan dibahas lebih detail.

4.2 Hasil Penentuan Keausan Agregat Ringan

Penentuan keausan agregat bertujuan untuk mengetahui kekerasan atau kekuatan dari agregat kasar. Untuk mengetahui kekerasan dari agregat ringan buatan dari tanah liat dan agregat kasar (*split*) ini menggunakan mesin *los angeles*. Untuk penentuan keausan ini sampel agregat seberat 5000 gram, kemudian sampel dimasukkan kedalam alat uji *los angeles* yang menggunakan 11 buah bola baja, dan diputar sebanyak 500 putaran, dengan kecepatan putaran 30-33 rpm. Benda uji dikeluarkan dari mesin setelah penyaringan selesai dan kemudian disaring melalui saringan No. 12. Butiran yang tertahan kemudian ditimbang.

Berdasarkan (Badan Standardisasi Nasional, 1991), 40% atau dibawahnya adalah nilai keausan yang baik untuk agregat kasar (*split*) yang digunakan dalam konstruksi. Agregat ringan buatan dari tanah liat memiliki hasil pengujian *los angeles* sebesar 70,62%, sedangkan agregat kasar (*split*) memiliki hasil sebesar 19,96%. Sehingga hasil pengujian material tersebut di atas dapat digunakan untuk membuat campuran beton.

4.3 Hasil Pengujian Sifat-Sifat Fisik Material

Untuk menetapkan data dasar bahan yang akan digunakan dalam campuran beton, dilakukan pengujian sifat fisik bahan. Sifat fisik bahan yang diuji meliputi kadar air, berat jenis, serapan, gradasi, berat volume, kadar lumpur, *los angeles test* dan kandungan zat organik. Data yang diperoleh dari hasil pengujian kemudian digunakan untuk perhitungan campuran beton (*mix design*). Tabel 4 di bawah ini merupakan ringkasan hasil pengujian karakteristik fisik bahan:

Tabel 4. Hasil Pengujian Material Penyusun Beton (Agregat Halus dan Agregat Kasar)

Jenis Pengujian	Material	Nilai Hasil Pengujian	Standar ASTM dan SNI
Kadar Air	Agregat Halus	0,1%	0-1%
	Agregat Kasar	1,99%	1-3%
Berat Jenis	Agregat Halus	2,53	2,0-2,7
	Agregat Kasar	2,59	2,5-2,7
Penyerapan	Agregat Halus	2,04%	1-3%
	Agregat Kasar	2,29%	1-3%
Modulus Kehalusan	Agregat Halus	2,52	2,3-3,0
Berat Volume	Agregat Halus	1338,2 kg/m ³	-
	Agregat Kasar	1456,5 kg/m ³	-
Kadar Lumpur	Agregat Halus	2,7%	<5%
Kandungan Zat Organik	Agregat Halus	No warna 2	<No warna 3
Los Angeles	Agregat Kasar	19,96%	<40%

Tabel 5. Hasil Pemeriksaan Pengujian Material Penyusun Beton (Agregat Ringan Buatan Dari Tanah Liat)

Jenis Pengujian	Nilai Hasil Pengujian	Standar SNI
Kadar Air	16,35%	20%
Berat Jenis	1,54	1,0-1,8
Penyerapan	14,83%	20%
Berat Volume	894,9 kg/m ³	<1040 kg/m ³
Los Angeles	70,62%	-

Berdasarkan data yang diperoleh dalam Tabel 4 dan Tabel 5 diatas, maka dapat dikatakan bahwa material penyusun beton telah memenuhi standar ASTM dan SNI 03-2461-2002, sehingga dapat dijadikan sebagai campuran beton.

4.4 Hasil Perhitungan Bahan Campuran Beton

Pelaksanaan campuran (*mix design*) beton dihitung menggunakan metode ACI 211.2-98. Untuk setiap variasi agregat ringan buatan dari tanah liat yaitu 0%, 20%, 40%, 60%, 80% dan 100% dari agregat kasar (*split*) dan menggunakan bahan tambah *superplasticizer* sebanyak 0,5% dari berat semen. Tabel berikut menunjukkan data dari bahan campuran beton:

Tabel 6. Komposisi Kebutuhan Material Bahan Campuran Beton Dengan Persentase Per m³

Material (Kg)	Komposisi (Kg)					
	0%	20%	40%	60%	80%	100%
Semen	274,2895	274,2895	274,2895	274,2895	274,2895	274,2895
Pasir	636,3778	636,3778	636,3778	636,3778	636,3778	636,3778
Air	166	166	166	166	166	166
Agregat Ringan Buatan Dari Tanah Liat	-	150,3604	300,7209	451,0813	601,4418	751,8022
Split	751,8022	601,4418	451,0813	300,7209	150,3604	-
Superplasticizer	1,3714	1,3714	1,3714	1,3714	1,3714	1,3714

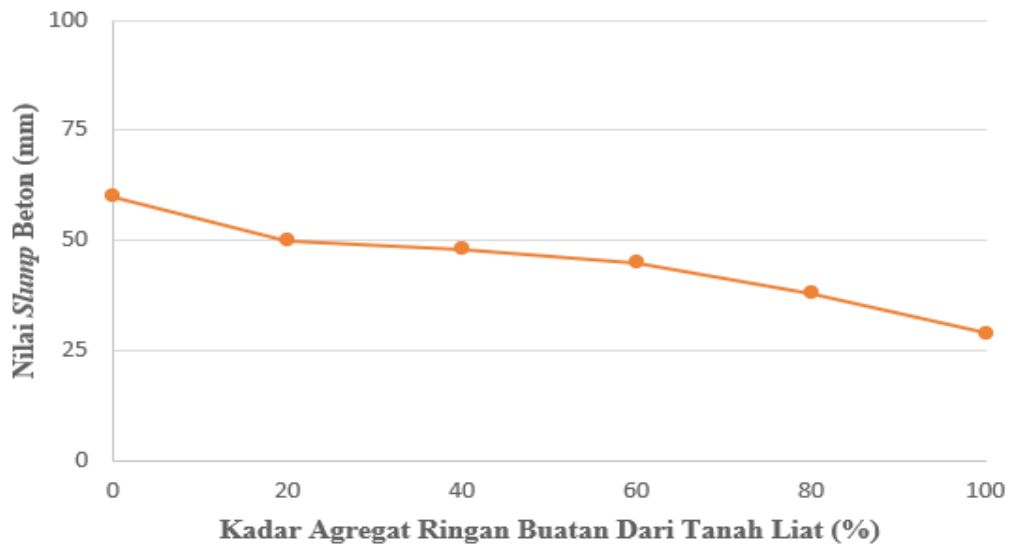
Berdasarkan Tabel 6 di atas, dapat dilihat bahwa perbedaan material yang dibutuhkan yaitu terdapat pada jumlah agregat ringan buatan dari tanah liat dan *split*. Hal ini dikarenakan perbedaan persentase yang digunakan. Kemudian untuk nilai FAS yang digunakan yaitu sebesar 0,6052 karena umur beton yang digunakan untuk 36 sampel adalah 28 hari.

4.5. Kelecekan (*Workability*)

Nilai *slump* yang diperoleh dapat digunakan untuk menentukan *workability* campuran beton. *Workability* beton adalah kualitas campuran beton yang mempengaruhi seberapa mudahnya pencampuran, pengangkutan, pencetakan, pemadatan dan penyelesaian akhir. Semakin mudah proses pencampuran beton, semakin tinggi nilai *slump*-nya. Nilai *slump* rencana dalam penelitian ini berkisar antara 25-50 mm. Tabel 7 di bawah ini menunjukkan hasil penelitian untuk nilai *slump*:

Tabel 7. Nilai *Slump* Beton

No	Persentase Campuran	Nilai <i>Slump</i> (mm)
1	BRT 0 (TL 0%) + (S 100%)	60
2	BRT 1 (TL 20%) + (S 80%)	50
3	BRT 2 (TL 40%) + (S 60%)	48
4	BRT 3 (TL 60%) + (S 40%)	45
5	BRT 4 (TL 80%) + (S 20%)	38
6	BRT 5 (TL 100%) + (S 0%)	29



Gambar 2. Hubungan nilai *slump* beton terhadap kadar agregat ringan buatan tanah liat.

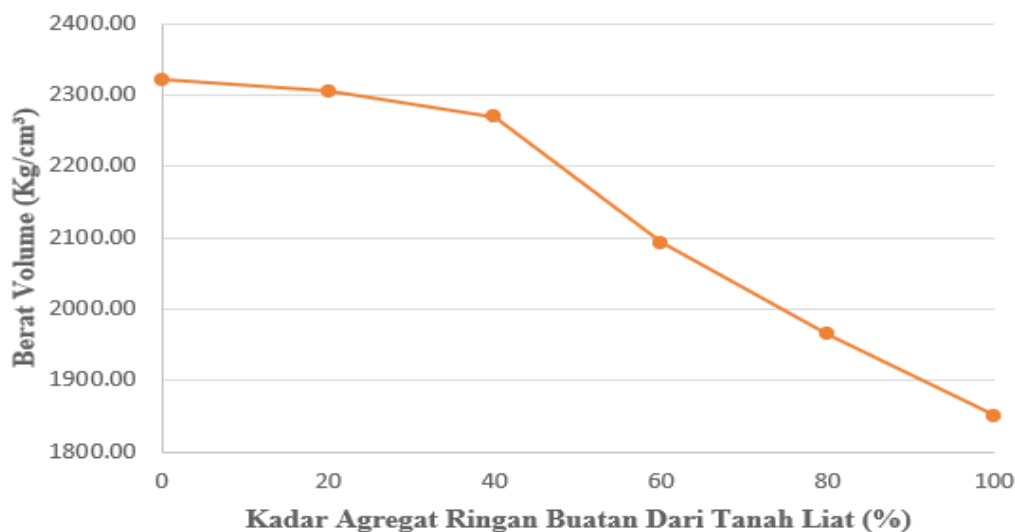
Terlihat dari gambar 2 di atas bahwa rata-rata nilai *slump* menunjukkan grafik yang menurun. Nilai *slump* untuk beton yang menggunakan campuran agregat ringan dari tanah liat 100% adalah 29 mm, sedangkan nilai *slump* untuk beton normal adalah 60 mm. Selain itu, terbukti bahwa nilai *slump* menurun dengan meningkatnya persentase agregat ringan buatan dari tanah liat. Penurunan nilai *slump* ini disebabkan oleh nilai penyerapan yang tinggi pada agregat ringan buatan dari tanah liat, akan tetapi agregat ringan buatan dari tanah liat yang digunakan sebagai pengganti agregat kasar dalam beton masih mencapai nilai *slump* yang direncanakan yaitu 25-50 mm. Hasil uji nilai *slump* pada penelitian ini telah sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh (Pithaloka, 2020), dan (Rosyid, 1995) yang menyatakan bahwa sifat agregat ringan buatan dari tanah liat sebagai pengganti agregat kasar yang menyerap air dalam adukan beton maka adukan beton menjadi lebih kental dan mengalami penurunan tingkat kemudahan (*workability*) pengerjaan adukan beton, sehingga semakin besar kadar agregat ringan buatan dari tanah liat yang digunakan maka nilai *slump* beton akan semakin rendah. Selain itu, kekasaran serta ukuran agregat juga berpengaruh terhadap nilai *slump*, volume pori akan besar jika butir agregat memiliki gradasi yang sama, sedangkan akan kecil jika ukuran butir bervariasi.

4.6 Berat Volume Beton

Berat volume beton dihitung dengan menggunakan berat beton terhadap volume. Sebelum pengujian tekan maupun tarik belah beton, benda uji berbentuk silinder terlebih dahulu harus ditentukan berat volume beton. Tabel 8 berikut menunjukkan hasil pengujian berat volume beton:

Tabel 8. Hasil Perhitungan Berat Volume Beton

No	Persentase Campuran	Berat Volume (Kg/m ³)
		Umur 28 Hari
1	BRT 0 (TL 0%) + (S 100%)	2321,10
2	BRT 1 (TL 20%) + (S 80%)	2305,32
3	BRT 2 (TL 40%) + (S 60%)	2269,72
4	BRT 3 (TL 60%) + (S 40%)	2092,77
5	BRT 4 (TL 80%) + (S 20%)	1965,25
6	BRT 5 (TL 100%) + (S 0%)	1850,32



Gambar 3. Hubungan berat volume beton terhadap kadar agregat ringan buatan dari tanah liat.

Gambar 3 di atas menunjukkan bahwa berat volume beton menurun dengan meningkatnya persentase agregat ringan buatan dari tanah liat dalam campuran beton. Hasil pengujian berat volume beton pada penelitian ini telah sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan oleh (Pithaloka, 2020) dimana hasilnya menunjukkan bahwa berat volume akan menurun semakin tinggi proporsi agregat ringan yang digunakan. Hal ini disebabkan oleh hasil pengujian yang dilakukan pada berat jenis agregat, yang menunjukkan bahwa berat jenis agregat kasar (*split*) lebih tinggi dari berat jenis agregat ringan buatan dari tanah liat dan bahwa berat jenis beton akan meningkat dengan meningkatnya nilai berat jenis.

Berdasarkan Tabel 8, dapat dilihat bahwa semakin besar persentase agregat ringan buatan dari tanah liat yang digunakan maka berat volume beton akan semakin kecil dari beton normal. Berdasarkan hasil perhitungan tabel di atas, dapat dilihat juga bahwa tidak terjadi kenaikan berat volume beton tetapi dengan bertambahnya kadar agregat ringan buatan dari tanah liat pada beton maka berat volume terjadi penurunan. Berdasarkan (Badan Standardisasi Nasional, 2002c), untuk berat volume beton ringan struktural yang disyaratkan adalah sebesar 1850 kg/m³ hal ini telah sesuai dengan berat volume kandungan agregat ringan buatan dari tanah liat 100% dan *split* 0% yaitu sebesar 1850,32 kg/m³, maka beton dengan kode BRT 5 dapat dikategorikan sebagai beton

ringan. Sedangkan untuk kode brton BRT 0 sampai dengan BRT 4 tidak tergolong beton ringan dikarenakan memiliki nilai berat volume melebihi standar yang telah ditentukan.

4.7 Kuat Tekan Beton

Benda uji silinder diuji kuat tekan beton 28 hari setelah dicor. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menentukan kuat tekan beton pada berbagai modifikasi campuran beton. Menerapkan beban tekan terlebih dahulu, kemudian mengukur beban ultimit (P) ketika benda uji runtuh, adalah cara pengujian dilakukan. Berdasarkan (Badan Standardisasi Nasional, 2011) rumus berikut dapat digunakan untuk menentukan kuat tekan beton:

$$F_c' = \frac{P}{A} \quad (3)$$

Keterangan:

F_c' = Kuat tekan beton (MPa)

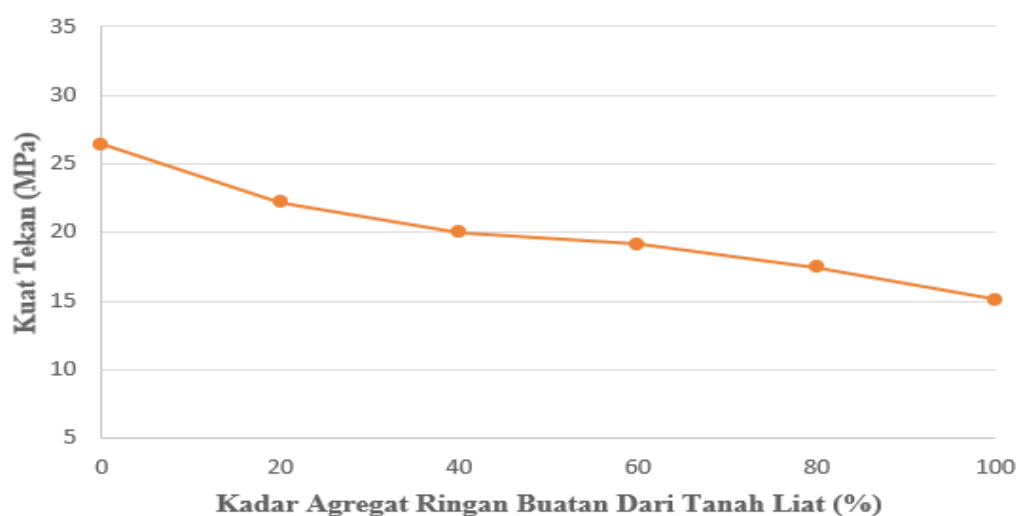
P = Gaya tekan aksial (N)

A = Luas penampang benda uji (mm²).

Hasil pengujian kuat tekan beton dapat dilihat pada tabel 9 dan gambar 4 berikut:

Tabel 9. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

No	Persentase Campuran	Kuat Tekan Beton (MPa)
		Umur 28 Hari
1	BRT 0 (TL 0%) + (S 100%)	26,42
2	BRT 1 (TL 20%) + (S 80%)	22,18
3	BRT 2 (TL 40%) + (S 60%)	20,01
4	BRT 3 (TL 60%) + (S 40%)	19,16
5	BRT 4 (TL 80%) + (S 20%)	17,46
6	BRT 5 (TL 100%) + (S 0%)	15,09



Gambar 4. Hubungan kuat tekan beton terhadap kadar agregat ringan buatan dari tanah liat.

Kuat tekan beton berkurang jika agregat buatan dari tanah liat digunakan sebagai pengganti agregat kasar (*split*), seperti terlihat pada gambar 4 di atas. Kuat tekan beton akan semakin menurun dengan meningkatnya persentase agregat buatan dari tanah liat yang digunakan. Hal ini karena nilai keausan yang diperoleh, semakin besar nilai keausan agregat, maka kuat tekannya semakin menurun. Menurut (Widyawati, 2012) jenis agregat kasar yang digunakan dalam beton memiliki dampak yang signifikan terhadap kuat tekannya. Sifat-sifat lempung bakar/tanah liat yang memiliki kemampuan menyerap air yang besar, mencegah agregat menjadi padat. Fungsi agregat dalam beton adalah mengisi sebagian volume beton yang berada pada kisaran 50 sampai 80%, sehingga sifat dan kualitas agregat sangat mempengaruhi sifat dan mutu beton. Berat jenis agregat mempunyai pengaruh yang sangat besar terhadap kekuatan beton yang dihasilkan berkaitan dengan kemampuannya menahan beban.

Hasil evaluasi kuat tekan beton dalam penelitian ini sejalan dengan penelitian (Mulyadi, 2019) yang menyatakan bahwa nilai kuat tekan menurun seiring dengan bertambahnya jumlah material pengganti agregat kasar yang digunakan. Selain itu, berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Warsiti, 2020) yang menyatakan bahwa keausan agregat yang diperoleh berpengaruh terhadap nilai kuat tekan, semakin tinggi nilai keausan agregat maka semakin rendah kuat tekan beton yang dihasilkan.

Tabel 9 di atas menunjukkan bahwa kuat tekan beton menurun dengan meningkatnya persentase agregat ringan buatan dari tanah liat. Beton normal dengan nilai kuat tekan 26,42 MPa, memiliki kuat tekan tertinggi. Beton dengan kode BRT 5 yang memiliki kuat tekan paling rendah adalah agregat ringan buatan dari tanah liat 100% dan *split* 0%, dengan nilai 15,09 MPa. Penurunan kuat tekan ini dikarenakan nilai keausan yang diperoleh untuk agregat ringan buatan dari tanah liat yaitu sebesar 70,62%. Hal ini menyebabkan beton mengalami penurunan kuat tekannya. Semakin besar nilai keausan yang diperoleh, maka nilai kuat tekannya akan semakin kecil.

4.8 Kuat Tarik Belah Beton

Pada saat benda uji berbentuk silinder berumur 28 hari, maka dilakukan pengujian kuat tarik belah beton. Tiga benda uji silinder untuk setiap varian kombinasi dibuat. Untuk mengetahui kuat tarik belah beton dengan adanya berbagai variasi campuran beton, maka dilakukan uji tarik belah beton. Gaya tekan diterapkan selama pengujian, dan beban ultimit (*P*) terbesar kemudian dicatat. Berdasarkan (Badan Standardisasi Nasional, 2002a), persamaan berikut dapat digunakan untuk menentukan kekuatan tarik belah:

$$F_{ct} = \frac{2P}{\pi L D} \quad (4)$$

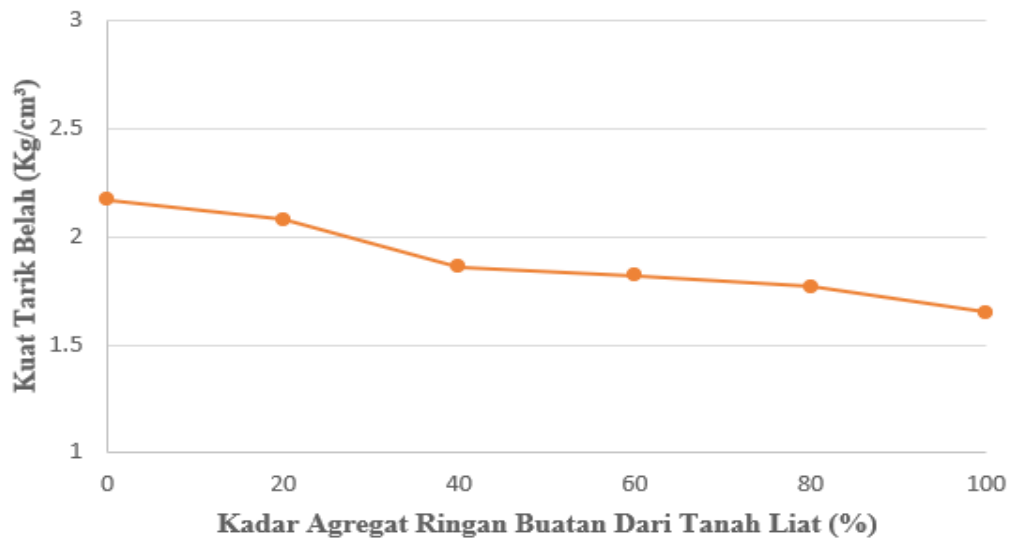
Keterangan:

- F_{ct}* = Kuat tarik belah beton (MPa)
- P* = Beban uji maksimum (N)
- L* = Panjang benda uji (mm)
- D* = Diameter benda uji (mm)

Tabel 10 di bawah ini, menunjukkan hasil pengujian kuat tarik belah beton:

Tabel 10. Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

No	Persentase Campuran	Kuat Tekan Beton (MPa)
		Umur 28 Hari
1	BRT 0 (TL 0%) + (S 100%)	26,42
2	BRT 1 (TL 20%) + (S 80%)	22,18
3	BRT 2 (TL 40%) + (S 60%)	20,01
4	BRT 3 (TL 60%) + (S 40%)	19,16
5	BRT 4 (TL 80%) + (S 20%)	17,46
6	BRT 5 (TL 100%) + (S 0%)	15,09



Gambar 5. Hubungan kuat tarik belah beton terhadap kadar agregat ringan buatan dari tanah liat.

Berdasarkan Gambar 5, dapat dilihat bahwa semakin besar persentase agregat ringan buatan dari tanah liat maka kuat tarik belah beton menjadi semakin kecil. Hasil penelitian ini telah sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh (Mahraz, 2022) yang menyatakan bahwa pengujian kuat tarik belah beton mengalami penurunan dikarenakan bahan utama agregat buatan dari tanah liat yang banyak menyerap air dan mudah hancur, sehingga semua campuran yang mengalami deformasi dan membuat nilai kuat tarik belah semakin berkurang. Selain itu, beberapa faktor yang menyebabkan terjadinya penurunan kuat tarik belah di setiap variasi tidak jauh berbeda dengan kuat tekan beton, hal ini juga disebabkan oleh nilai keausan agregat yang didapatkan, semakin besar nilai keausan agregat yang didapatkan maka semakin kecil nilai kuat tarik belah beton yang dihasilkan.

Dari Tabel 10 terlihat bahwa beton tanpa agregat kasar (*split*) memiliki rata-rata kuat tarik belah terendah yaitu 1,65 MPa dan beton dengan agregat kasar memiliki rata-rata kuat tarik belah tertinggi sebesar 2,17 MPa. Penurunan kuat tarik belah beton ini

disebabkan oleh nilai keausan agregat yang digunakan. Semakin besar nilai keausan yang diperoleh, maka nilai kuat tarik belah juga akan semakin kecil.

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian mengenai kuat tekan dan kuat tarik belah beton dengan enam variasi agregat ringan tanah liat sebagai pengganti agregat kasar yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Ditinjau dari hasil pengujian untuk kode BRT 5, berat volume beton adalah 1850,32 kg/m³, yang memenuhi persyaratan berat maksimum untuk beton ringan 1850 kg/m³. Namun untuk beton kode BRT 0 sampai BRT 4 telah melebihi batas volume untuk beton ringan tetapi tidak melebihi batas berat beton normal (2400 kg/m³).
2. Kuat tekan beton yang dibuat dengan menggunakan agregat ringan buatan dari tanah liat berkisar antara 15,09 MPa sampai dengan 26,42 MPa. Beton dengan kode BRT 0 sampai dengan BRT 4 masih dikategorikan sebagai beton ringan struktural jika dilihat dari nilai kuat tekan yang diperoleh. Akan tetapi beton dengan kode BRT 5 tergolong beton ringan untuk struktural ringan.
3. Kuat tarik belah beton ini tidak memenuhi kuat tarik belah yang diperlukan untuk konstruksi beton ringan yaitu >2 MPa, sesuai dengan nilai kuat tarik belah yang diperoleh beton rata-rata dengan kode BRT 2 – BRT 5 yaitu 1,86 Mpa - 1,65 Mpa. Rata-rata kuat tarik belah beton dengan kode BRT 0 dan BRT 1 berturut-turut adalah 2,17 MPa dan 2,08 MPa sehingga nilai tersebut memenuhi spesifikasi untuk konstruksi beton ringan struktural.
4. Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan, penggunaan tanah liat bakar dari Dusun Sidoharjo sebagai agregat kasar dalam campuran beton dapat menurunkan kuat tekan beton dengan setiap perubahan persentase. Komponen utama dari semua kombinasi berkurang karena tanah liat menyerap banyak air dan terdegradasi dengan cepat, menurunkan kuat tekan beton dan kuat tarik belah.

DAFTAR PUSTAKA

- ACI, 1982. Standard Practice for Selecting Proportions for Structural Lightweight Concrete. *International Journal of Cement Composites and Lightweight Concrete*, 4(2).
- Badan Standardisasi Nasional, 1991. *SNI 03-2417-1991 Metode Pengujian Keausan Agregat dengan Mesin Abrasi Los Angeles*. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional, 2002a. *SNI 03-2491-2002 Metode Pengujian Kuat Tarik Belah Beton*. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional, 2002b. *SNI 03-2847-2002 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (Beta Version)*. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional, 2002c. *SNI 03-3449-2002 Tata Cara Rencana Pembuatan Campuran Beton Ringan Dengan Agregat Ringan*. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional.

- Badan Standardisasi Nasional, 2004. *SNI 15-7064-2004 Semen Portland Komposit*. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional, 2011. *SNI 1974-2011 Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder*. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional.
- International, A., 2001. Standard Specification for Concrete Aggregate. *ASTM Standard Book, 04*, 1–11.
- Mahraz, Z., 2022. Pengaruh Pemanfaatan Limbah Genteng Sebagai Campuran Agregat Kasar Pada Beton Normal.
- Mulyadi, A., 2019. Pengaruh Limbah Pecahan Genteng Sebagai Pengganti Agregat Kasar Pada Campuran Mutu Beton 16,9 MPa (K.200). *Jurnal Teknik Sipil*, 7(1), 4-11.
- Pithaloka, E. I., 2020. Pengaruh Penggantian Sebagian Agregat Kasar Dengan Limbah Genteng Keramik Terhadap Kuat Tekan, Kuat Tarik Dan Absorpsi Pada Beton Bersilica Fume. *Jurnal Ekonomi Volume 18, Nomor 1 Maret 201*, 2(1), 41–49.
- Rosyid, B., 1995. *Analisis Kuat Tekan Beton Ringan Dengan Agregat Kasar Pecahan Genteng Dari Godean Sleman Yogyakarta*.
- Warsiti, 2020. Pengaruh Pemakaian Limbah Genteng Beton Terhadap Mutu Beton Sedang. *Teknik Sipil Politeknik Negeri Semarang*, 53(9), 1689–1699.
- Widyawati, R., 2012. Studi Kuat Tekan Beton Beragregat Ramah Lingkungan. *Jurnal Rekayasa*, 15(3), 217–224.