

Kajian Sifat Mekanis Beton Dari Limbah Batu Kerajinan Dikaitkan Dengan Metode Perawatan (*Curing*) Di Politeknik Tedc

Siti Masitoh¹⁾, Ira Puspitasari²⁾

^{1),2)}Konstruksi Bangunan, Politeknik TEDC

Email: sitimasitoh.us@gmail.com¹⁾, eera.civilundip@gmail.com²⁾

Abstrak

Material yang digunakan dalam pembuatan beton berasal dari batuan yang lama kelamaan akan habis dan tidak dapat diperbaharui sehingga menimbulkan kekhawatiran menipisnya persediaan material. Melihat kondisi tersebut perlunya mencari bahan alternatif salah satunya dari limbah batu kerajinan. Untuk mendapatkan kekuatan beton yang diinginkan ada beberapa faktor yang harus diperhatikan, satu diantaranya adalah perawatan beton (*curing*). Terkait hal ini maka penelitian beton ini menggunakan material yang berasal dari limbah batu kerajinan dikaitkan dengan metode perawatan (*curing*). Dalam penelitian beton ini benda uji sebanyak 12 buah benda uji berupa silinder yang berukuran 15 cm dan tinggi 30 cm, faktor air semen (*fas*) 0,60 menggunakan 6 proporsi 0%:100%, 20%:80%, 40%:60%, 60%:40%, 80%:20%, 100%:0%. Hasil penelitian limbah batu kerajinan dapat digunakan sebagai bahan pengganti agregat kasar. Kuat tekan rata-rata umur 14 hari dengan metode menggunakan menutup bahan (*karung goni*) serta disiram secara berkala 9,48 MPa sedangkan hasil kuat tekan rata-rata menggunakan metode direndam 10,10 MPa. Pada perawatan dengan menutup bahan (*karung goni*) disiram secara berkala hasil pengujian tekan pada umur 14 hari paling besar pada proporsi adukan 60% limbah : 40% split yaitu 11,97 MPa. Pada perawatan direndam hasil pengujian tekan pada umur 14 hari paling besar pada proporsi adukan 60% limbah : 40% split yaitu 11,75 MPa. Pada proporsi 60% limbah: 40% split, Perbandingan perawatan dengan metode direndam dengan hasil 11,75 MPa lebih rendah dibandingkan dengan metode menutup bahan (*karung goni*) disiram secara berkala dengan hasil 11,97 MPa.

Kata Kunci: sifat mekanis beton, limbah batu kerajinan, *curing*, beton.

Abstract

The material used in making concrete comes from rock which will eventually run out and can not be renewed, causing concern for the depletion of material supplies. Seeing these conditions the need to find alternative materials, one of which is from stone waste. To get the desired strength of concrete there are several factors that must be considered, one of which is concrete treatment (*curing*). Related to this, this concrete study uses material derived from craft stone waste associated with treatment methods (*curing*). In this concrete study as many as 12 specimens in the form of cylinders measuring 15 cm and height 30 cm, cement water factor (*fas*) 0.60 using 6 proportions 0%: 100%, 20%: 80%, 40%: 60 %, 60%: 40%, 80%:20%, 100%: 0%. The results of research on waste rock can be used as a substitute for coarse aggregate. Compressive strength of an average age of 14 days using the method of closing the material (*burlap sack*) and periodically watering 9.48 MPa while the average compressive strength results using the soaked 10.10 MPa method. On treatment by covering the material (*gunny sack*) periodically watered the results of compressive testing at the age of 14 days at the greatest proportion of stirring 60% of waste: 40% split which is 11.97 MPa. In the treatment of immersion, the results of compressive testing at the age of 14 days are greatest in the proportion of stirring 60% of waste: 40% split which is 11.75 MPa. In the proportion of 60% waste: 40% split, the comparison of treatment with the immersed method yields 11.75 MPa lower than the method of closing material (*gunny sack*) periodically watered with a yield of 11.97 MPa.

Keywords: mechanical properties of concrete, stone waste crafts, *curing*, concrete.

I. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Material yang digunakan dalam pembuatan beton berasal batuan yang kelamaan habis dan tidak dapat diperbaharui sehingga menimbulkan kekhawatiran menipisnya persediaan material. Dan melihat kondisi tersebut perlunya mencari bahan

alternatif salah satunya dari limbah batu kerajinan.

Beton merupakan salah satu bahan bangunan yang masih sangat dipakai dalam pembangunan fisik. Harganya yang relatif murah dan kemudahan dalam pelaksanaannya membuat beton tak tergantikan dalam dunia konstruksi. Namun, selain keuntungan yang dimilikinya beton juga memiliki beberapa

kekurangan seperti tegangan tarik yang rendah, daktilitas (kekakuan) rendah, dan keseragaman mutu yang bervariasi. Untuk mendapatkan kekuatan beton yang diinginkan ada beberapa faktor yang harus diperhatikan, satu diantaranya adalah perawatan beton (*curing*).

Perawatan beton dengan pembasahan yang sering digunakan di Indonesia, perawatan (*curing*) dilaboratorium kebanyakan menggunakan dengan cara metode direndam. Sedangkan perawatan (*curing*) dilapangan kebanyakan menggunakan disiram atau dengan menutup dengan bahan baik karung goni/geotek disiram secara berkala.

Rumusan Masalah

1. Bagaimana perbedaan sifat mekanis beton pada metode perawatan (*curing*) dari beton normal dan limbah batu pecah kerajinan?
2. Bagaimana hasil berat jenis dengan 2 metode perawatan dan perbandingan kuat tekan pada metode perawatan (*curing*) dari beton normal dan limbah batu kerajinan?

Batasan Masalah

Batasan penelitian yang digunakan agar penelitian terarah dan tidak melebar meliputi :

1. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Konstruksi Bangunan Politeknik TEDC Bandung dan di Laboratorium Struktur dan Material Universitas Pendidikan Indonesia.
2. Ketentuan bahan pada penelitian ini antara lain :
 - a) Semen yang digunakan adalah Portland *composite cement* dengan merk Semen Tiga Roda (1 zak = 50 kg).
 - b) Agregat kasar 1 (Limbah batu kerajinan) ukuran maksimum 20 mm berasal dari Padalarang.
 - c) Agregat kasar 2 (Batu split) ukuran maksimum 20 mm.
 - d) Agregat halus (Pasir alam) ukuran maksimum 5 mm dari Cimelaka.
 - e) Air dalam penelitian ini air bersih berasal dari lingkungan kampus Politeknik TEDC Bandung.
3. Benda uji berupa silinder beton dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.
4. Metode perawatan (*curing*) menggunakan pembasahan antara lain:
 - a) Perendaman dalam air 14 hari.
 - b) Menutup dengan bahan (karung goni) serta disiram air secara berkala 2x sehari selama 7 hari.
5. Pengujian Beton : berat jenis dan kuat tekan.

Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui perbedaan metode perawatan (*curing*) pada sifat mekanis beton dari beton normal dan limbah batu pecah kerajinan.
2. Untuk mengetahui hasil berat jenis dengan 2 metode perawatan dan perbandingan kuat tekan pada perawatan (*curing*) dari beton normal dan limbah batu kerajinan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Beton Normal

Beton normal yang mempunyai berat isi (2200-2500) kg/m³ menggunakan agregat alam yang di pecah. Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-2834-2000. Beton diperoleh dari pencampuran agregat halus (pasir) dan agregat kasar (batu pecah, atau bahan semacam lainnya) dan menambahkan secukupnya semen serta air sebagai bahan pembantu guna keperluan reaksi kimia selama proses pengerasan dengan perbandingan 1:2:3 dan perawatan beton berlangsung. (Dipohusodo, 1999:1).

Material Penyusun Beton

• Air

Air yang diperlukan saat pembuatan dan perawatan tidak mengandung gula, minyak maupun bahan kimia lainnya yang dapat mempengaruhi kualitas beton, bahkan dapat merubah sifat beton sendiri. Air yang digunakan harus sesuai dengan syarat (SNI 7974-2013).

• Semen Portland (PC)

Semen portland adalah semen hidrolisis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen portland terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolisis dan digiling bersama-sama dengan bahan bahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lainnya (SNI 15-2049-2004). Fungsi utama semen adalah mengikat butir-butir agregat sehingga membentuk suatu massa padat dan mengisi rongga rongga udara diantara butiran agregat. Walaupun komposisi semen dalam beton hanya sekitar 10% namun fungsinya sebagai bahan pengikat maka peranan semen menjadi penting.

• Agregat

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. Dari ukurannya, agregat dapat dibedakan menjadi dua golongan

yaitu agregat kasar dan agregat halus (Ulasan PB, 1989:9).

- a) Agregat Kasar, menurut SNI 03-2834-2000 adalah kerikil sebagai hasil desintegrasi alami dari batu atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 5–40 mm. Sedangkan berdasarkan SNI–1969–2008 kerikil sebagai hasil disintegrasi alami dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 4,75 mm (No.4) sampai 40 mm (No.1½ inci).
- b) Agregat halus, Menurut SNI 03-2834-2000 agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil desintegrasi secara alami dari batu atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5,0 mm. Sedangkan berdasarkan SNI–1969–2018 kerikil sebagai hasil disintegrasi alami batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 4,75 mm (No.4).

Limbah Batu Kerajinan

Limbah batu kerajinan terletak di daerah Padalarang. Limbah dihasilkan dari industri berupa batu pecah dengan ukuran beragam. Berdasarkan penelitian sebelumnya menurut Puspitasari, ira & Harianto Zulfaidar (2018) batu pecah limbah kerajinan bisa digunakan sebagai pengganti agregat pada beton. Dengan berat jenis 1,79 dan kuat tekan optimum diperoleh pada campuran 1:5 dengan nilai 3,68 Mpa.

Perencanaan Campuran Beton

Metode yang digunakan dalam *mix design* adalah *Currents British Method* (DoE) disusun oleh *British Departement of Environment* tahun 1975 untuk menggantikan Road Note.4 di Inggris. Untuk Indonesia telah diadakan penyesuaian pada besarnya variansi kuat tekan beton. Perencanaan dengan cara DoE (*Departement of Environmet*) dipakai sebagai standar perencanaan oleh Departemen Pekerjaan Umum di Indonesia dan dimuat dalam buku standar SK SNI T–15–1990. Pemakaian metode DoE dikarenakan metode ini, yang paling sederhana dengan membuahkan hasil yang akurat.

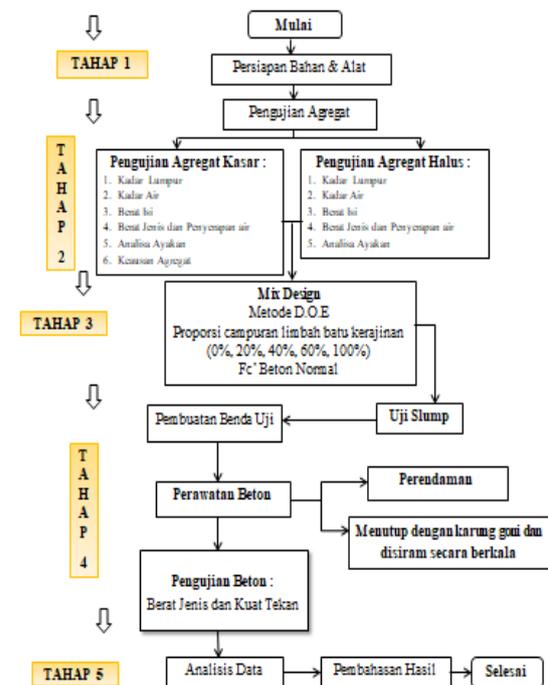
Perawatan (*curing*) Beton

Perawatan dilakukan setelah beton mencapai *final setting*, artinya beton telah mengeras. Perawatan ini dilakukan agar proses hidrasi selanjutnya tidak mengalami gangguan. Jika hal ini terjadi, beton akan mengalami keretakan karena kehilangan air yang begitu cepat. Perawatan dilakukan minimal selama 7 (tujuh) hari dan beton berkekuatan awal tinggi minimal selama 3 (hari) hari serta harus di pertahankan dalam kondisi lembab, kecuali dilakukan perawatan yang di percepat. (PB, 1989:29). Perawatan (*curing*) dengan pembasahan dapat dilakukan di laboratorium ataupun dilapangan :

- 1. Menaruh beton dalam ruangan lembab.
- 2. Merendam dengan air (perendaman).
- 3. Membasahi secara berkala (penyiraman).
- 4. Membungkus dengan bahan menahan penguapan air.
- 5. Menutup dengan bahan yang dapat mengurangi penguapan air dan di basahi secara berkala.
- 6. Menggunakan material khusus (*curing compound*).

Cara no. 1-2 digunakan contoh uji. Cara no. 3-5 digunakan untuk beton dilapangan yang permukaanya datar. Cara no. 6 digunakan untuk permukaan vertikal. Metode pembasahan Paling banyak dilakukan di Indonesia selain karena murah juga mudah dalam pelaksanaannya.

III. METODE PENELITIAN



Gambar 1. Diagram alir tahapan

Alur tahapan :

1. Tahap pertama
 Pada tahap pertama dilakukan persiapan berdasarkan hasil studi dan observasi lapangan. Persiapan meliputi bahan maupun peralatan yang dalam pembuatan benda uji.
2. Tahap kedua
 Pada kedua dilakukan pengujian karakteristik bahan meliputi uji fisik yaitu berat isi agregat, kadar air, lumpur, kekasaran agregat, keausan agregat, berat jenis agregat dan penyerapan air serta analisa saringan agregat.
3. Tahap ketiga
 Pada tahap ketiga pembuatan benda uji dengan metode DoE mix desain disubstitusikan ke proporsi benda uji dengan variabel sebagai berikut:
 - a. Beton dengan kandungan material agregat kasar dari limbah : 0%, 20%, 40%, 60%, 80%, 100%.
 - b. Beton dengan kandungan material agregat kasar dari alam : 0%, 20%, 40%, 60%, 80%, 100%.
4. Tahap keempat
 Pada tahap keempat pembuatan benda uji berupa 12 buah silinder dan dilakukan perawatan dengan perendaman selama 14 hari dan menutup dengan karung goni dan disiram secara berkala selama 7 hari masing-masing 6 buah. Selanjutnya dilakukan pengujian berat jenis beton, dan kuat tekan.
5. Tahap kelima
 Pada tahap kelima dilakukan analisis data dan penarikan kesimpulan dan saran Kadar Air, Berat Jenis dan Penyerapan, Analisa Saringan. Parameter Agregat Kasar yang diuji meliputi Berat Isi, Kadar Air, Kadar Lumpur, Berat Jenis dan Penyerapan, Analisa Saringan, Keausan Agregat.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Agregat

Hasil pembahasan pada pengujian agregat halus, agregat kasar antara batu split dan batu limbah :

1. Hasil kadar lumpur dari batu split sebesar 0.2 % dan limbah sebesar 0.3% memenuhi syarat acuan SNI 03-2461-1991 parameter agregat asar dengan maks. 1% untuk agregat kasar. Sedangkan syarat acuan SNI untuk agregat halus adalah 5%, hasil pemeriksaan pada agregat halus kadar lumpur adalah 0.92% yang artinya memenuhi syarat.

2. Kadar air terkandung dalam kandungan agregat, agregat kasar antara batu split dan batu limbah hasilnya hampir sama tetapi pada batu split 2,45% lebih besar daripada batu limbah kerajinan 2.4%. Menurut SNI 03-2461-1991 parameter agregat kasar, kadar air untuk agregat kasar maks. 3% sehingga agregat kasar pada split dan batu limbah memenuhi syarat.
3. Berat isi batu split 1281.9 lebih kecil dari pada berat isi batu limbah kerajinan 1427.47. Disimpulkan bahwa batu limbah dan split tersebut baik karena dihasilkan antara 1,0-2,0. Bila mendekati antara 1,50-2,00 dapat digunakan untuk beton normal.
4. Berat Jenis SSD antara batu split 2.41 dan batu limbah 2.52. Berat isi untuk campuran beton antara 2,0-3,0. jadi disimpulkan bahwa berat jenis SSD kedua batu split dan batu limbah menunjukkan baik.
5. Analisa ayakan batu split 3.53% lebih kecil daripada analisa ayakan batu limbah kerajinan 4.07%. Karena pada batu limbah pertama lolos ayakan 25 mm sedangkan batu limbah lolos ayakan 19 mm.
6. Keausan agregat pada batu split 26.19% lebih besar daripada keausan agregat batu limbah kerajinan 17.34%. Karena semakin banyak bagian hancur semakin rendah kekuatan agregat tersebut dan akan mempengaruhi kekuatan beton. Hasil yang diperoleh diatas baik, karena maks. aus agregat 50% untk bangunan beton.

Tabel 1. Rekapitulasi hasil pengujian agregat

Parameter	Satuan	Hasil	
AGREGAT HALUS			
Kadar Lumpur	%	0.92	
Kadar Air Asli	%	0.75	
Kadar Air SSD	%	2.882	
Berat isi	%	1543.61	
Berat Jenis Semu		2.708	
Berat Jenis Kering		2.512	
Berat Jenis SSD		2.584	
Analisa Saringan (FM)	%	2.64	
AGREGAT KASAR			
		Split	Limbah
Kadar Lumpur	%	0.2	0.3
Kadar Air Asli	%	2.45	2.4
Kadar Air SSD	%	5.08	3.3
Berat Isi		1281.9	1427.47
Berat Jenis Semu		2.6	2.66
Berat Jenis Kering		2.29	2.44
Berat Jenis SSD		2.41	2.52
Analisa saringan (FM)	%	3.53	4.07
Keausan Agregat	%	26.19	17.34

Sumber : Hasil Pengujian Lab. Struktur Dan Material (21/06/2019 sd 07/07/2019)

Hasil Pengujian Berat Jenis

Pada pengujian berat jenis beton untuk memeriksa perbandingan volume beton yang dilaksanakan dari pengadukan dengan volume

beton berdasarkan perencanaan. Pengujian ini dilakukan setelah perawatan (*curing*) diumur 14 hari.

Tabel 2. Rekapitulasi data berat jenis beton

Kode	Proporsi (S=Split, L=Limbah)	Massa (kg)	Dimensi	Volume (cm ³)	Berat Jenis (gr/cm ³)
1	100% S : 0% L	11,645	15 x 29,7	5,245,762	2,22
1	80% S : 20% L	11,581	14,9 x 29,8	5,193,473	2,23
1	60% S : 40% L	11,574	14,9 x 29,9	5,210,907	2,22
1	40% S : 60% L	11,540	15 x 29,9	5,281,087	2,18
1	20% S : 80% L	11,648	15 x 29,8	5,263,425	2,21
1	0% S : 100% L	11,834	15 x 30	5298,75	2,23
2	100% S : 0% L	11,743	15 x 29,7	5,245,762	2,24
2	80% S : 20% L	11,743	14,9 x 29,9	5,210,907	2,25
2	60% S : 40% L	11,691	15 x 29,7	5,245,762	2,23
2	40% S : 60% L	11,700	14,9 x 29,7	5,176,052	2,26
2	20% S : 80% L	11,666	15 x 29,9	5,281,087	2,21
2	0% S : 100% L	11,492	15 x 29,9	5,263,425	2,18

Sumber : Hasil Pengujian Lab. Struktur Dan Material UPI (09 sd 13/08/2019)

Tabel 2 diatas terbagi 2 kode dengan perawatan yang berbeda. Pada kode 1 merupakan hasil berat jenis beton dari perawatan menutup dengan bahan (karung goni) serta disiram berkala, sedangkan pada kode 2 direndam merupakan hasil dari perawatan.

Hasil Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan dilakukan beton beumur 14 hari. Pada pengujian kuat tekan ini ada 2 benda uji dengan cara perawatan yaitu perawatan dengan cara direndam dan dengan cara menutup bahan (karung goni) disiram secara berkala. Pengujian menggunakan digital compression machine 3000kN CO-325.50SS.

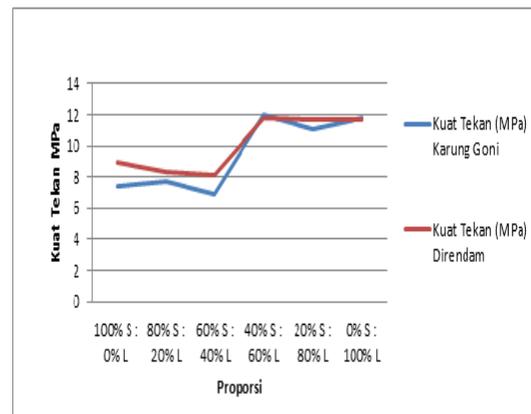
Tabel 3. Rekapitulasi data kuat tekan beton

Kode	Proporsi	Tekanan (kN)	Luas (cm ²)	Kuat Tekan 14 hari (MPa)	Kuat Tekan rata-rata (14 hari)	Konversi 28 hari (MPa)
1	100% S : 0% L	131,3	176,79	7,43	9,48 Mpa	8,44
1	80% S : 20% L	135,1	174,44	7,74		8,79
1	60% S : 40% L	119,8	174,44	6,87		7,88
1	40% S : 60% L	211,7	176,79	11,97		13,6
1	20% S : 80% L	194,7	176,79	11,07		12,5
1	0% S : 100% L	200,6	176,79	11,83		13,4
2	100% S : 0% L	158,2	176,79	8,95		10,10 Mpa
2	80% S : 20% L	145,4	174,44	8,34	9,47	
2	60% S : 40% L	144,5	176,79	8,17	9,28	
2	40% S : 60% L	205	174,44	11,75	13,35	
2	20% S : 80% L	194,7	176,79	11,68	13,27	
2	0% S : 100% L	2007,2	176,79	11,72	13,31	

Sumber : Hasil Pengujian Lab. Struktur Dan Material UPI (09 sd 13/08/2019)

Tabel 3 terbagi 2 kode kuat tekan dengan perawatan yang berbeda. Pada kode 1 merupakan hasil dari perawatan menutup dengan bahan (karung goni) serta disiram berkala. Sedangkan pada kode 2 merupakan hasil dari perawatan direndam.

Hasil kuat tekan rata-rata umur beton 14 hari dengan metode menggunakan menutup bahan (karung goni) serta disiram secara berkala 9,48 MPa sedangkan hasil kuat tekan rata-rata menggunakan metode direndam 10,10 MPa. Perbandingan kuat tekan rata-rata menggunakan metode direndam lebih besar dibandingkan metode menggunakan menu. Berikut grafik 1 perbandingan kuat tekan perawatan curing direndam dan perawatan menutup dengan bahan (karung goni) serta disiram berkala.



Gambar 2. Grafik kuat tekan beton

Hasil perbandingan kuat beton dengan 2 cara perawatan berbeda, dengan menutup bahan (karung goni) disiram secara berkala dan disiram pada proporsi adukan 40% S : 60% L, perawatan dengan menutup bahan (karung goni) disiram secara berkala hasil awal pada umur beton 14 hari 11,97 Mpa menurun dan menaik dengan hasil akhir kuat tekan 11,83 Mpa pada proporsi adukan 0% S : 100% L. Sedangkan pada perawatan direndam hasil awal pada umur beton 14 hari 11,75 MPa semakin menurun dengan hasil akhir 11,72 Mpa pada proporsi adukan 0% S : 100% L.

Pada proporsi 40% S : 60% L, perawatan dengan metode direndam dengan hasil 11,75 MPa lebih rendah dibandingkan dengan metode menutup bahan (karung goni) disiram secara berkala dengan hasil 11,97 MPa.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka disimpulkan sebagai berikut :

1. Hasil pemeriksaan agregat kasar antara batu split dan batu limbah kerajinan hasilnya tidak jauh berbeda, dan hasil memenuhi persyaratan parameter agregat kasar sehingga limbah batu kerajinan dapat digunakan sebagai pengganti material agregat kasar pada beton.
2. Hasil kuat tekan rata-rata umur beton 14 hari dengan metode menggunakan menutup bahan (karung goni) serta disiram secara berkala 9,48 MPa sedangkan hasil kuat tekan rata-rata menggunakan metode direndam 10,10 MPa. Perbandingan kuat tekan rata-rata menggunakan metode direndam lebih besar dibandingkan metode menggunakan menutup bahan (karung goni) serta disiram secara berkala.
3. Pada perawatan dengan menutup bahan (karung goni) disiram secara berkala hasil pengujian tekan pada umur beton 14 hari paling besar pada proporsi adukan 40% S : 60% L yaitu 11,97 MPa.
4. Pada perawatan direndam hasil pengujian tekan pada umur beton 14 hari paling besar pada proporsi adukan 40% S : 60% L yaitu 11,75 MPa.
5. Pada proporsi 40% S : 60% L, perawatan dengan metode direndam dengan hasil 11,75 MPa lebih rendah dibandingkan dengan metode menutup bahan (karung goni) disiram secara berkala dengan hasil 11,97 MPa.

Saran

Dalam penelitian ini adapun saran berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Untuk penelitian ini untuk mendapatkan hasil uji sifat mekanis beton yang lebih baik harus dilakukan uji kuat tarik, uji tegangan regangan dan modulus elastisitas.
2. Untuk penelitian selanjut diharapkan perbanyak benda uji.
3. Penelitian selanjutnya sebaiknya diuji coba dengan perbandingan antara perendaman dengan *curing compound* menggunakan agregat limbah kerajinan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1982, Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia (PUBI – 1982), Departemen Pekerjaan Umum, Dit. Jen Cipta Karya, Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, Bandung.
- Mulyono, Tri. 2004. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: PT. Andi.
- Nurlina, Siti dkk. 2008. *Uji Kuat Tekan Campuran Beton Dengan Limbah Batuan Pabrik Pengrajin Batu Alam Junrejo, Kota Batu*. Jurnal Rekayasa Sipil Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya Malang: Malang.
- Puspita, Ira & Harianto Zulfaidar. 2018. *Perilaku Beton Non-Pasir Dengan Agregat Batu Pecah Limbah Kerajinan*. Jurnal Teknik Sipil, Politeknik TEDC, Cimahi.
- Tanpa Nama. *Kuat Tekan Beton*. Bisa diakses melalui <http://unitedgan007.blogspot.com/2016/01/kuat-tekan-beton.html>. 9 Februari 2019.
- Tanpa Nama. *Analisa Saringan Agregat Kasar dan Halus*. Bisa diakses melalui http://www.academia.edu/7604244/Analisa_saringan_agregat_kasar_dan_halus.html. 9 Februari 2019.
- Tanpa Nama. *Metode Penelitian Eksperimen* <https://ikujuki.blogspot.com/2014/06/metode-penelitian-eksperimen.html>. 10 September 2019.
- Widianto. 2015. *Sifat dan Karakteristik Beton*. <http://widiantok14.blogspot.com/2015/11/sifat-dan-karakteristik-beton.html>.