



Kajian Keuletan pada Beton Variasi Limbah Granit Sebagai Substitusi Parsial Agregat Kasar

Farhan Nuraziz^{1*}, Wibowo Wibowo², Endah Safitri³

¹⁻³Universitas Sebelas Maret Surakarta, Indonesia

Alamat : Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret

Jl. Ir. Sutami 36A, Surakarta 57126. Telp: 0271-634524, Indonesia

Korespondensi penulis: farhan090901@student.uns.ac.id *

Abstract. Concrete is one of the most common construction materials used throughout the world. Concrete consists of three main components: cement, coarse aggregate, and fine aggregate. Coarse aggregate serves as the main structural component in concrete, providing strength and resistance to external loads. Currently, technological advancements in construction are rapidly progressing. Therefore, innovation in concrete production is necessary, one of which is recycled aggregate concrete. The aim of this research is to determine the effect of using granite waste as a partial substitute for coarse aggregate on toughness of concrete. The method used in this research is experimental method. In this study, the variation level of granite waste used in this study was 0%; 15%; 30%; and 45%. The objects used for this research are blocks with dimensions of 400x100x100 mm tested using a Universal Testing Machine. The results of this research show that the toughness value obtained from the results of toughness testing on concrete with varying levels of 0% granite waste; 15%; 30%; and 45% respectively, namely 1.9589 kNmm; 2.2362 kNmm; 2.4189 kNmm; and 2.2118 kNmm.

Keywords: Granite Waste Concrete, Recycle Aggregate Concrete, Toughness.

Abstrak. Beton adalah salah satu bahan konstruksi paling umum yang digunakan di seluruh dunia. Agregat kasar berfungsi sebagai komponen struktural utama dalam beton, memberikan kekuatan dan ketahanan terhadap beban eksternal. Saat ini perkembangan teknologi pada konstruksi semakin pesat. Oleh karena itu, diperlukan inovasi dalam pembuatan beton, salah satunya beton *recycle* agregat. Salah satu bahan alternatif yang telah menjadi fokus penelitian adalah limbah granit. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh penggunaan limbah granit sebagai substitusi parsial agregat kasar terhadap nilai keuletan pada beton. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental. Pada penelitian ini, kadar variasi limbah granit yang digunakan pada penelitian ini yaitu 0% ; 15% ; 30% ; dan 45%. Benda uji yang digunakan untuk penelitian ini yaitu berbentuk balok dengan ukuran 400x100x100 mm diuji menggunakan mesin *Universal Testing Machine*. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa nilai keuletan yang didapat dari hasil pengujian keuletan pada beton dengan kadar variasi limbah granit 0% ; 15% ; 30% ; dan 45% secara berturut-turut yaitu 1,9589 kNmm; 2,2362 kNmm; 2,4189 kNmm; dan 2,2118 kNmm.

Kata kunci: Beton Agregat *Recycle*, Beton Limbah Granit, Keuletan (*toughness*).

1. LATAR BELAKANG

Beton adalah salah satu bahan konstruksi paling umum yang digunakan di seluruh dunia. Beton biasanya terdiri dari tiga komponen utama: semen, agregat kasar, dan agregat halus. Agregat kasar berfungsi sebagai komponen struktural utama dalam beton, memberikan kekuatan dan ketahanan terhadap beban eksternal. Oleh karena itu, diperlukan suatu inovasi dalam pembuatan beton, salah satunya beton *recycle* agregat. Penggunaan beton *recycle* agregat dapat mengurangi dampak negatif pada lingkungan.

Salah satu bahan dalam beton *recycle* agregat yang menjadi fokus penelitian adalah limbah granit atau sering disebut limbah dari industri batu alam. Limbah granit adalah hasil samping dari pengolahan batu alam yang seringkali berakhir sebagai tumpukan besar di tempat pembuangan sampah. Menggunakan limbah granit sebagai pengganti parsial agregat kasar dalam beton dapat memberikan beberapa manfaat, seperti pengurangan limbah dan penghematan sumber daya alam.

Pada penelitian yang telah dilakukan oleh Srinivas et al (2020). Penelitian tersebut meninjau beton dengan keramik dan limbah granit sebagai agregat kasar. Variasi limbah keramik dan limbah granit yang digunakan yaitu 0%; 6%; 12%; 18%; 24%; 30%; dan 36%. Hasil penelitian kuat tekan beton secara berturut-turut yaitu 29,71 MPa; 29,69 MPa; 31,28 MPa; 33,51 MPa; 37,89 MPa; 31,84 MPa; dan 29,89 MPa. Kesimpulan pada penelitian yang telah dilakukan yaitu nilai kuat tekan beton maksimum berada pada kadar limbah keramik dan granit 24% (12% limbah keramik dan 12% limbah granit) dengan nilai 37,89 MPa. Penelitian lainnya mengenai penggunaan limbah granit sebagai pengganti agregat kasar dilakukan oleh Albefanido dkk (2023). Penelitian tersebut meninjau pengaruh penggunaan limbah granit sebagai pengganti agregat kasar terhadap *self compacting concrete*. Variasi penggunaan limbah granit yang dilakukan pada penelitian ini yaitu sebesar 25%, 50%, 75%, dan 100%. Hasil pengujian yang didapat dalam penelitian ini yaitu nilai kuat tekan beton yang didapat baik beton normal hingga beton yang menggunakan variasi granit sebesar 100% mengalami penurunan yang sangat sedikit, yaitu sebesar 1%.

Pengujian keuletan perlu dilakukan untuk mengetahui kemampuan beton dalam mendistribusikan beban yang diterimanya serta kemampuan beton untuk bertahan ketika terkena beban. Pada penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penggunaan limbah granit sebagai substitusi parsial agregat kasar dengan kadar 0%; 15%; 30%; dan 45% terhadap keuletan.

2. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini metode yang digunakan yaitu metode eksperimental dengan benda uji berbentuk balok dengan ukuran $p = 400$ mm, $l = 100$ mm, dan $t = 100$ mm untuk pengujian keuletan. Kadar limbah granit yang digunakan untuk penelitian ini yaitu 0%, 15%, 30%, dan 45% dari berat agregat kasar. Pengujian keuletan dilaksanakan ketika benda uji berumur 28 hari. Benda uji yang digunakan untuk pengujian keuletan dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Benda Uji Keuletan

No	Kadar Limbah Granit (%)	Kode Benda Uji	Umur (Hari)	Jumlah Benda Uji
1	0%	LG 0% - K	28	3
2	15%	LG 15% - K	28	3
3	30%	LG 30% - K	28	3
4	45%	LG 45% - K	28	3
Total Benda Uji				12

Mix Design

Mix design beton dengan kadar variasi limbah granit sebagai substitusi parsial agregat kasar menggunakan FAS 0,58. Hasil perhitungan *mix design* dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Rekapitulasi *Mix Design*

Nama Benda Uji	Agregat Kasar		Semen (kg/m ³)	Air (lt/m ³)	Pasir (kg/m ³)
	Kerikil (kg/m ³)	Limbah Granit (kg/m ³)			
LG-0%	960	0	352,232	205	827,77
LG-15%	819,825	144,68	352,232	205	823,27
LG-30%	678,30	290,70	352,232	205	818,77
Nama Benda Uji	Agregat Kasar		Semen (kg/m ³)	Air (lt/m ³)	Pasir (kg/m ³)
	Kerikil (kg/m ³)	Limbah Granit (kg/m ³)			
LG-45%	535,43	438,08	352,232	205	814,27

Pengujian Bahan Penyusun Beton

Pengujian bahan penyusun beton terbagi menjadi dua, yaitu pengujian untuk agregat kasar (kerikil dan limbah granit) dan pengujian untuk agregat halus (pasir). Pengujian agregat kasar terdiri dari pengujian abrasi, *specific gravity*, dan gradasi sedangkan pengujian untuk agregat halus terdiri dari pengujian gradasi, kadar lumpur, *specific gravity*, dan kandungan zat organik. Pengujian bahan penyusun beton dilakukan di Laboratorium Bahan dan Struktur Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret.

Pengujian Beton Segar

Pengujian beton segar atau *slump test* dalam penelitian ini mengacu pada SNI 1972-2008. Pengujian ini ditujukan untuk mengetahui tingkat workabilitas dari beton yang akan diuji dengan melakukan pengujian *slump* tegak. Pengujian *slump* beton menggunakan kerucut *abrams* yang diletakkan pada tengah plat *flow table*.

Pengujian Keuletan

Keuletan dapat menggambarkan kemampuan beton dalam mendistribusikan beban yang diterima secara merata ke seluruh elemen strukturnya. Nilai keuletan didapat dari grafik hubungan beban – lendutan hasil uji kuat lentur dengan menggunakan alat *Universal Testing Machine* (UTM). Untuk mendapatkan nilai keuletan perlu dilakukan perhitungan luas daerah bidang di bawah garis regresi $f(x)$ dari hubungan antara beban $P(kN)$ dengan lendutan δ (mm). Luasan tersebut dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$L = \int_a^b f(x)dx$$

dimana :

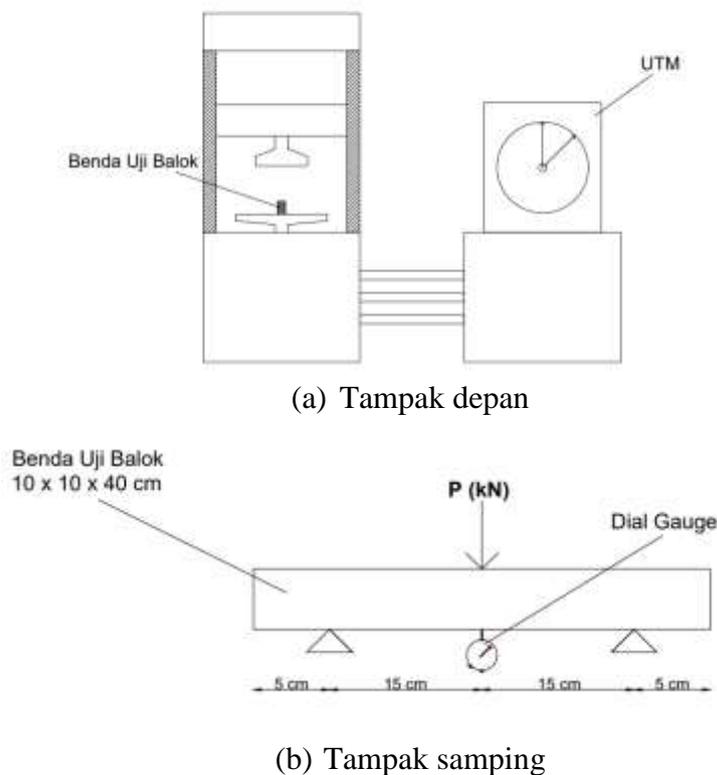
L = Nilai keuletan atau *index of toughness* (kNmm)

f(x) = Garis regresi P (kN) dengan lendutan δ (mm)

a = Lendutan awal, 0 mm (mm)

b = Lendutan saat terjadi retakan pertama (mm)

Set up pengujian keuletan menggunakan mesin *Universal Testing Machine* dengan memberi alat *dial gauge* di bawah benda uji untuk menghitung lendutan yang terjadi dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Set Up Pengujian Keuletan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini memuat proses pengumpulan data, rentang waktu dan lokasi penelitian, dan hasil analisis data (yang dapat didukung dengan ilustrasi dalam bentuk tabel atau gambar, **bukan** data mentah, serta **bukan** dalam bentuk *printscreen* hasil analisis), ulasan tentang keterkaitan antara hasil dan konsep dasar, dan atau hasil pengujian hipotesis (jika ada), serta kesesuaian atau pertentangan dengan hasil penelitian sebelumnya, beserta interpretasinya masing-masing. Bagian ini juga dapat memuat implikasi hasil penelitian, baik secara teoritis maupun terapan. Setiap gambar dan tabel yang digunakan harus diacu dan diberikan penjelasan

di dalam teks, serta diberikan penomoran dan sumber acuan. Berikut ini diberikan contoh tata cara penulisan subjudul, sub-subjudul, sub-sub-subjdul, dan seterusnya.

Hasil Pengujian Bahan Penyusun Beton

Hasil pengujian agregat kasar dan agregat halus dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Hasil Pengujian Bahan Penyusun Beton

Pengujian	Pasir	Kerikil	Limbah Granit	Standar	Kesimpulan
Kadar Lumpur	3,70%	-	-	<5% ASTM C.117	Memenuhi
Kandungan Zat Organik	Kuning Tua	-	-	Kuning Kemerahan ASTM C.40	Memenuhi
Modulus Kehalusan	2,49	6,76	6,79	1,5 < MH < 3,8 SII-0052-80 (Agregat Halus) 6,5 – 7,1 ASTM C 33 (Agregat Kasar)	Memenuhi
<i>Bulk Specific Gravity SSD</i>	2,50	6,30	6,33	2,5 - 2,7 ASTM C.128-79 (Agregat Halus) min. 2,6 ASTM C 127 (Agregat Kasar)	Memenuhi
Pengujian	Pasir	Kerikil	Limbah Granit	Standar	Kesimpulan
<i>Absorption</i>	4,38%	2,27%	0,55%	Maks 3% ASTM C 128 (Agregat Kasar)	Memenuhi
Abrasi	-	25%	20,08%	<40% ASTM C 131	Memenuhi

Hasil Pengujian Beton Segar

Hasil pengujian beton segar slump test dapat dilihat pada Tabel 4 dan Gambar 3 di bawah ini.

Tabel 4. Hasil Pengujian Slump Test

Kadar Limbah Granit	Nilai Slump Beton (cm)
0%	7,00
15%	8,50
30%	6,50
45%	7,00

Berdasarkan Tabel 4 menunjukkan bahwa beton dengan kadar variasi limbah granit 15% memiliki beton segar yang paling encer. Penurunan nilai slump tegak pada beton dengan menggunakan limbah granit dapat terjadi karena karakteristik limbah granit yang lebih tajam, bersudut, dan lebih kasar dibanding agregat kasar berupa batu pecah. Karakteristik pada limbah granit tersebut menyebabkan meningkatnya gesekan antar partikel pada beton serta membuat campuran beton lebih padat sehingga workabilitas menjadi turun.

Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan perlu dilakukan untuk mengetahui kekuatan beton ketika diberi beban hingga beton hancur. Rekapitulasi hasil pengujian kuat tekan beton dapat dilihat pada **Tabel 5**.

Tabel 5. Rekapitulasi Uji Kuat Tekan Beton

Kadar Limbah Granit	F'c (MPa)
0%	22,27
15%	23,26
30%	29,27
45%	25,28

Hasil Pengujian Keuletan

Hasil rekapitulasi pengujian keuletan dapat dilihat pada **Tabel 6** dan **Gambar 4** berikut ini.

Tabel 6. Rekapitulasi Pengujian Keuletan Beton

Kadar Granit	Persamaan	Defleksi Max	Toughness	Toughness Rata-Rata
		(mm)	(kNmm)	(kNmm)
0%	$y = 55,3909 x^2 - 4,3116 x - 0,0472$	0,51	1,8644	1,9589
	$y = 36,0838 x^2 + 2,9410 x - 0,0260$	0,51	1,9647	
	$y = 48,0389 x^2 - 1,2419 x - 0,0693$	0,52	2,0476	
15%	$y = 37,2947 x^2 - 1,9247 x + 0,0949$	0,56	1,9345	2,2362
	$y = 29,0350 x^2 + 3,9658 x - 0,0039$	0,57	2,4344	
	$y = 31,2304 x^2 + 2,4886 x + 0,131$	0,57	2,3396	
30%	$y = 37,0795 x^2 - 3,4046 x + 0,0243$	0,61	2,1868	2,4189
	$y = 28,3881 x^2 + 2,0111 x + 0,0067$	0,61	2,5261	
	$y = 28,6056 x^2 + 2,8482 x - 0,0475$	0,60	2,5438	
45%	$y = 35,5097 x^2 + 3,6525 x + 0,0114$	0,53	2,2812	2,2118
	$y = 27,0963 x^2 + 8,1787 x - 0,1974$	0,54	2,5081	
	$y = 55,3181 x^2 - 7,7879 x + 0,1446$	0,54	1,8461	



Gambar 2. Grafik Pengaruh Kadar Limbah Granit Terhadap Nilai Keuletan

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan terhadap beton keras dapat diketahui bahwa dengan penggunaan limbah granit sebagai substitusi parsial agregat kasar memiliki nilai keuletan yang lebih besar dibanding beton normal. Berdasarkan hasil pengujian yang didapat pada **Tabel 6** dan **Gambar 4** menunjukkan bahwa nilai keuletan beton dengan kadar variasi limbah granit 0%; 15%; 30%; dan 45% secara berturut-turut yaitu 1,9589 kNmm, 2,2362 kNmm, 2,4189 kNmm, dan 2,2118 kNmm. Berdasarkan hasil pengujian tersebut dapat diketahui bahwa dengan penggunaan limbah granit sebagai substitusi parsial agregat kasar memiliki nilai keuletan yang lebih besar dibanding beton normal dengan nilai keuletan maksimum berada pada kadar variasi limbah granit 30%. Nilai keuletan dapat meningkat pada beton limbah granit karena limbah granit memiliki nilai abrasi yang lebih kecil dibanding batu pecah. Selain itu, granit juga memiliki karakteristik kekerasan dan kepadatan yang lebih tinggi sehingga dapat menahan tekanan dan abrasi yang lebih baik dibanding batu pecah.

DAFTAR REFERENSI

- Albefanido, R., Farni, I., & Anggraini, R. (2023). Pengaruh penggunaan limbah keramik granite alam sebagai pengganti agregat kasar terhadap kuat tekan beton memadat sendiri (self compacting concrete). *Padang*.
- American Concrete Institute. (1987). *ACI Committee 363 High strength concrete*. Amerika.
- American Society for Testing and Materials. (2006). *ASTM C33 Standard specification for concrete aggregates*. Amerika.
- American Society for Testing and Materials. (2010). *ASTM C131 Standard test method for resistance to degradation of small-size coarse aggregate by abrasion and impact in the Los Angeles machine*. Amerika.
- American Society for Testing and Materials. (2011). *ASTM C40 Standard test method for organic impurities in fine aggregates for concrete*. Amerika.
- American Society for Testing and Materials. (2012). *ASTM C127 Standard test method for density, relative density (specific gravity), and absorption of coarse aggregate*. Amerika.
- American Society for Testing and Materials. (2015). *ASTM C117-04 Standard test method for materials finer than 75- μ m (No. 200) sieve in mineral aggregates by washing*. Amerika.
- American Society for Testing and Materials. (2017). *ASTM C128 Standard test method for density, relative density (specific gravity), and absorption of fine aggregate*. Amerika.
- Badan Standarisasi Nasional. (2019). *SNI 2847-2019 tentang persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan penjelasan*. Jakarta.

- Bayrak, G., & Yilmaz, S. (2014). Granite based glass-ceramic materials. *ACTA Physica Polonica A*, No. 2, Proceedings of the 3rd International Congress APMAS2013. Turkey.
- European Committee for Standardization. (1992). *Eurocode 1992 Design of concrete structures*. Inggris.
- Gere, J. M., & Timoshenko, S. P. (2000). *Mechanics of materials*. MA: PWS Engineering.
- Srinivas, K., Vijaya, S. K., & Jagadeeswari, K. (2020). Concrete with ceramic and granite waste as coarse aggregate. *India*.
- Wibowo, Safitri, E., & Kamal, M. (2022). Kajian kuat kejut dan keuletan pada beton mutu tinggi memadat mandiri menggunakan bahan tambah metakaolin dengan variasi perbandingan alkali aktivator. *Jurnal Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret*, 10(1), 1-12.