

## TINJAUAN KARAKTERISTIK BETON DENGAN AGREGAT KASAR DARI LIMBAH BETON DENGAN VARIASI JUMLAH SEMEN

Abdul Rochman<sup>1\*</sup>, Nur Khotimah<sup>2</sup>, Budi Setyawan<sup>3</sup>, Eka Nur Fajarrini<sup>4</sup>, Yoga Sulistiyono<sup>5</sup>  
<sup>1,2,3,4,5</sup> Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta

\*Email: [ar126@ums.ac.id](mailto:ar126@ums.ac.id)

### Abstrak

Perkembangan dalam bidang konstruksi tidak hanya memberikan manfaat positif, namun juga dapat mensisakan dampak negatif, salah satunya adalah limbah beton yang keberadaannya semakin hari semakin menumpuk. Sudah banyak upaya untuk memanfaatkan limbah tersebut, diantaranya adalah dengan cara mendaur ulang limbah beton tersebut menjadi agregat untuk dipakai membuat beton baru. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik beton dengan menggunakan agregat kasar dari pecahan limbah beton. Dalam upaya meningkatkan kuat-tekan beton yang dihasilkan, pada benda uji diberi tambahan semen dengan variasi penambahan 0 %, 10%, 20%, 30%, 40% dan 50% dengan 5 benda uji di setiap variasinya. Limbah beton yang digunakan merupakan limbah beton bekas sampel uji di laboratorium Teknik Sipil UMS. Perancangan campuran menggunakan metode DOE/SNI 03-2834-2000. Benda uji berbentuk silinder yang memiliki ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Pengujian dilakukan setelah beton berumur 28 hari. Dari pengujian diperoleh, nilai slump, berat jenis, kuat-tekan, dan kuat tarik beton dengan agregat kasar dari limbah beton nilainya cenderung lebih rendah dari beton normal. Dari hasil pengujian juga diperoleh, nilai slump, berat jenis, kuat-tekan, dan kuat tarik beton dengan agregat kasar dari limbah beton nilainya cenderung turun seiring bertambahnya jumlah semen yang digunakan.

**Kata kunci:** agregat kasar, limbah bekas beton, slump, berat jenis, kuat-tekan, kuat tarik

## 1. PENDAHULUAN

Perkembangan bidang konstruksi tidak hanya memberikan dampak yang positif, namun juga dapat mensisakan dampak yang negatif, seperti limbah beton yang semakin hari semakin menumpuk. Untuk itu perlu diupayakan teknologi yang bersifat inovatif untuk mendaur ulang pemanfaatan limbah tersebut. Disinilah dirasakan pentingnya mengembangkan suatu penelitian yang berkesinambungan.

Penelitian yang memanfaatkan limbah beton belum banyak dilakukan. Beton adalah bahan yang didapat dengan cara mencampurkan semen portland (atau semen hidrolik yang lain), agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambah yang membentuk massa padat (Rochman, 2021). Beton merupakan material konstruksi yang sederhana dalam proses pembuatannya, namun cukup kompleks dalam tahap desainnya. Kompleksitas permasalahan dimulai dari pemilihan bahan penyusunnya, proporsi campuran, pencampuran, pemadatan, perawatan, maupun interaksi adhesi dan kohesi antara material penyusunnya (Nawy, 1985).

Banyaknya limbah beton yang ada di Indonesia, serta pengolahan limbah beton yang masih minim menjadikan pemanfaatan limbah beton masih hanya sebatas sebagai tanah urug dan dibuang sembarangan yang mengakibatkan tanah menjadi tidak subur serta merusak

ekosistem alam. Padahal sebenarnya limbah beton dapat dimanfaatkan untuk beberapa tujuan, seperti sebagai bahan pengganti agregat kasar (kerikil) dan agregat halus (pasir) pada pembuatan beton baru. Dengan pemanfaatan seperti ini, maka akan meningkatkan nilai ekonomi limbah beton, serta mengurangi penggunaan material dari alam.

Penelitian tentang pemanfaatan limbah beton telah banyak dilakukan, diantaranya oleh Soelarso & Baehaki, (2016) yang meneliti tentang pengaruh penggunaan limbah beton sebagai pengganti agregat kasar pada beton normal. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan limbah pada beton dengan proporsi 25% menunjukkan penurunan rata-rata nilai kuat tekan dan modulus elastisitas yang cukup signifikan yaitu 45,39% dan 77,35%. Pada proporsi 50% menunjukkan penurunan 56,99% dan 77,45%. Pada proporsi 75% menunjukkan penurunan 61,65% dan 79,26%, dan pada proporsi 100% menunjukkan penurunan 66,62% dan 79,12%. Prosentase paling optimum pada proporsi limbah 25%.

Turnip (2016), dalam penelitiannya tentang pemanfaatan limbah beton sebagai pengganti agregat kasar pada campuran beton mendapatkan hasil, bahwa kuat-tekan beton tanpa campuran limbah beton 0% pada umur 28 hari

sebesar 20,498 MPa. sedangkan kuat-tekan beton pada prosentase 50% turun menjadi 13,086 MPa.

Ismail A. G., (2017) dalam penelitiannya, tentang pemakaian agregat daur ulang yang digunakan sebagai substitusi agregat kasar dari agregat puing-puing tiang pancang dengan mutu K-350 diperoleh hasil, bahwa kuat-tekan dari beton normal dan beton dengan variasi agregat daur ulang 25%, 50%, 75%, dan 100% berturut turut sebesar 33,95 MPa, 33,39 MPa, 41,12 MPa, 34,24 MPa, dan 31,50 MPa.

Lukito P., (2018) melakukan penelitian tentang limbah beton yang digunakan sebagai pengganti agregat kasar dan agregat halus. Berdasarkan hasil penelitian pemakaian limbah beton sebagai pengganti agregat kasar dan halus terhadap kuat tekan beton, dapat disimpulkan bahwa pemakaian limbah beton pasir kasar mempunyai nilai tekan lebih baik, yaitu sebesar 15.377 MPa di bandingkan dengan pemakaian limbah beton pasir halus yang sebesar 13,101 MPa.

Kusumawardhana, (2018) yang meneliti tentang pemanfaatan limbah beton sebagai bahan campuran agregat kasar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa prosentase campuran limbah beton optimum dicapai pada variasi 40% dengan nilai kuat tekan rerata 31,85 MPa. Hal yang sama terjadi pada uji kuat tarik beton dengan nilai optimum ditemukan pada variasi campuran 40% dengan nilai kuat tarik rerata 3,87 MPa. Semakin banyak menggunakan agregat kasar dari limbah beton kekuatan beton mengalami penurunan

Dinata, (2019) yang meneliti penggunaan limbah beton dengan presentase 0%, 25%, 50%, 75% dan 100%. Penelitian tersebut menghasilkan kuat tekan tertinggi pada substitusi agregat limbah beton sebanyak 25% untuk umur 14 dan 28 hari sebesar 25,76 MPa dan 29,82 MPa. Budiman (2019), dalam penelitiannya tentang pemanfaatan limbah beton mendapatkan hasil bahwa kuat-tekan beton meningkat nilai sebesar 14,89% pada substitusi limbah beton 60%.

Sudika I. G. M., (2019) yang meneliti tentang penggunaan limbah beton sebagai substitusi agregat kasar mendapatkan hasil bahwa kuat-tekan tertinggi dicapai pada presentase substitusi agregat sebanyak 25%, yaitu sebesar 25,76 MPa pada umur 14 hari dan 29,82 MPa pada umur 28 hari. Kuat-tekan terendah ditunjukkan pada prosentase substitusi sebanyak 100%, yaitu sebesar 22,36 MPa dan 26,61 MPa untuk benda uji berumur 14 dan 28 hari.

Dhodho (2019) dalam penelitiannya tentang pengaruh penggunaan agregat kasar daur ulang dari limbah beton terhadap sifat mekanik

beton mendapatkan hasil, bahwa penggunaan agregat kasar daur ulang dari limbah beton sebagai bahan tambah mengalami penurunan mutu beton yang signifikan. Mutu beton terbaik berada pada prosentase 25% meskipun beton mengalami penurunan dan masih masuk dalam golongan beton normal.

Penelitian ini juga akan mengkaji pengaruh penggunaan limbah beton sebagai pengganti agregat kasar terhadap nilai **slump**, berat jenis, kuat-tekan dan kuat-tarik beton. Sebagai upaya untuk meningkatkan kuat-tekan dan kuat-tarik beton yang dihasilkan, dicoba ditambahkan jumlah semen dengan presentase 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50% dari perhitungan kebutuhan semen normal.

Hal yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah ; (i) untuk mengetahui karakteristik agregat kasar yang terbuat dari limbah beton. (ii) untuk mengetahui sifat-sifat beton segar ditinjau dari nilai slump beton yang menggunakan agregat kasar dari limbah beton. (iii) Untuk mengetahui hasil optimum yang didapatkan dari berbagai penambahan variasi semen (10%, 20%, 30%, 40% dan 50%) dari jumlah normal berat semen.

Manfaat yang diharapkan diperoleh dari penelitian ini antara lain : (i) mampu meningkatkan nilai ekonomis limbah beton (ii) mampu mengurangi dampak pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh buangan limbah beton sehingga menjadikan limbah beton lebih ramah lingkungan karena dapat dimanfaatkan kembali dalam pembangunan.

Nilai kuat-tekan beton diperoleh dengan melakukan pengujian tekan terhadap benda uji silinder (diameter 150 mm, tinggi 300 mm) yang dibebani dengan gaya tekan sampai benda uji hancur (Rochman, 2021). Sketsa pengujian dapat dilihat pada Gambar 1. Kuat tekan beton dapat diperoleh dengan persamaan berikut (SNI 03-1974-2011)

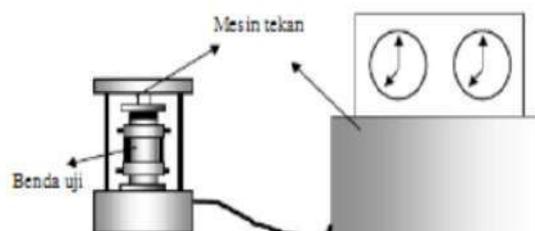
$$f'_c = \frac{P_{maks}}{1/4\pi D^2} \quad (1)$$

dengan :

$f'_c$  = kuat tekan beton, ( MPa )

$P_{maks}$  = beban maksimum, (N)

$D$  = diameter silinder benda uji, (mm)



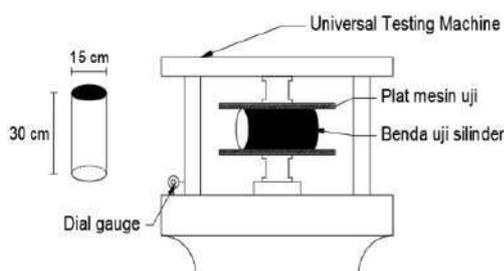
Gambar 1. Sketsa pengujian kuat tekan

Nilai kuat-tarik beton diperoleh dengan melakukan pengujian terhadap benda uji silinder (diameter 150 mm, tinggi 300 mm) dengan posisi terbaring. Pembebanan diberikan sampai benda uji terbelah (Rochman, 2021). Sketsa pengujian dapat dilihat pada Gambar 2. Kuat-tarik belah beton dapat diperoleh dengan persamaan berikut,

$$f_t = \frac{2P_{max}}{\pi LD} \quad (2)$$

dengan :

- $f_t$  = kuat-tarik belah beton, ( MPa )
- $P_{maks}$  = beban maksimum, (N)
- $D$  = diameter silinder benda uji, (mm)
- $L$  = panjang silinder benda uji, (mm)



Gambar 2. Sketsa pengujian kuat tekan

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan penambahan variasi semen sebesar 10%, 20%, 30%, 40% dan 50% dari jumlah semen normal yang digunakan. Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknologi Beton Universitas Muhammadiyah Surakarta.

### 2.1. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah antara lain :

- (a). Semen portland jenis semen PPC merk Gresik.
- (b). Agregat halus (pasir), diambil dari Pionir Beton Readymix, Bolon, Kec. Colomadu, Kab. Karanganyar.
- (c). Agregat kasar, dari olahan limbah beton yang diambil dari Laboratorium Teknologi Beton UMS.
- (d). Air, diambil dari laboratorium Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, kampus Universitas Muhammadiyah Surakarta (UMS).

### 2.2. Peralatan

Peralatan yang digunakan antara lain:

- (a). Ayakan standart
- (b). Timbangan
- (c). Mesin Los Angeles
- (d). Molen
- (e). Alat uji slump / kerucut Abram's

- (f). Cetakan benda uji
- (g). *Universal Testing Machine ( UTM )*
- (h). Alat penunjang seperti sikat besi, palu karet, tongkat besi, cetok, dan sebagainya.

## 2.3. Tahapan penelitian

Berdasarkan bagan alir di atas, maka penelitian ini dilaksanakan dalam empat tahap, yaitu:

1) Tahap I : Persiapan alat dan bahan penelitian. Pada tahap ini disiapkan semua peralatan dan bahan yang akan digunakan untuk penelitian. Persiapan bahan meliputi semen portland, agregat halus, agregat kasar dari olahan limbah beton.

2) Tahap II : Pengujian sifat-sifat agregat. Pada tahap ini dilakukan pengujian pada bahan-bahan yang akan digunakan untuk penelitian untuk mengetahui apakah memenuhi persyaratan atau tidak. Pengujian terhadap agregat halus meliputi; uji kandungan zat organik, uji *Saturated Surface Dry (SSD)*, uji kandungan lumpur. Pengujian agregat kasar meliputi; uji keausan, uji berat jenis, uji serap air, dan uji gradasi.

3). Tahap III : Pembuatan dan perawatan benda uji. Setelah sifat-sifat bahan diketahui, kemudian dilakukan rancangan campuran beton, dalam penelitian ini digunakan metode DOE/SNI 03-2834-2000. Setelah itu dilakukan penimbangan bahan susun, kemudian dilakukan pencampuran dengan mesin *mixer concrete*. Setelah adukan tercampur kemudian diukur kekentalannya menggunakan *slump test*. Setelah pengukuran nilai slump, kemudian diteruskan dengan pembuatan benda uji menggunakan cetakan silinder diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Rincian benda uji dapat dilihat pada Tabel 1. Setelah 24 jam cetakan dibuka dan dilakukan perawatan dengan cara direndam dalam bak air.

Tabel 1.  
Jumlah dan rincian benda uji

Agregat kasar (dari limbah beton)	Agregat halus (pasir alami)	Jenis uji	% penambahan semen	Jumlah benda uji
Sesuai kebutuhan normal (hasil hitungan <i>mix design</i> )	Sesuai kebutuhan normal (hasil hitungan <i>mix design</i> )	Kuat-tekan	0%	5
			10%	5
			20%	5
			30%	5
			40%	5
		Kuat-tarik	0%	5
			10%	5
			20%	5
			30%	5
			40%	5
Jumlah benda uji				60

4). Tahap IV : Pengujian benda uji. Setelah perendaman selama 28 hari, kemudian benda uji diangkat dalam air dan ditiris selama 24 jam. Setelah itu dilakukan pengujian berat jenis, kuat-tekan dan kuat-tarik beton. Pengujian dilakukan dengan alat *Universal Testing Machine ( UTM )* di laboratorium Teknologi Beton Universitas Muhammadiyah Surakarta.



(a). Uji slump



(b). Uji kuat tekan beton



(c). Uji kuat-tarik belah beton

**Gambar 2. Foto dokumentasi penelitian**

5) Tahap V : Analisis data dan pembahasan. Pada tahap ini, data yang diperoleh dari hasil pengujian dianalisis untuk mendapatkan kesimpulan. Data yang sudah selesai dianalisa dibuat suatu kesimpulan yang berhubungan dengan tujuan penelitian.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Pengujian bahan penyusun beton

Pengujian yang dilakukan terhadap agregat kasar (kerikil) dari limbah beton ditampilkan pada Tabel 2, dan pengujian agregat halus (pasir) dari limbah beton pada Tabel 3.

**Tabel 2. Pengujian agregat kasar (limbah beton)**

Jenis pengujian	Hasil pengujian	Standar	Kesimpulan
Keausan	99,99%	<27%	Tidak memenuhi syarat
Berat jenis	2,68	2,4-2,8	Memenuhi syarat
Penyerapan ( <i>absorpsi</i> )	2,36%	<3%	Memenuhi syarat
Modulus halus butir	6,335	5,0-8,0	Memenuhi syarat

**Tabel 3. Pengujian agregat halus (pasir alami)**

Jenis pengujian	Hasil pengujian	Standar	Kesimpulan
Kandungan bahan organik	No.2 (kuning muda)	Kuning	Memenuhi syarat
<i>Saturated Surface Dry (SSD)</i>	Kondisi jenuh kering muka (JKM)	-	Memenuhi syarat
Berat jenis	2,429	2,5-2,7	Memenuhi syarat
Penyerapan ( <i>absorpsi</i> )	3,52%	< 5%	Memenuhi syarat
Kandungan lumpur	4,41%	< 5%	Memenuhi syarat
Modulus halus butir	2,73	1,5-3,8	Memenuhi syarat

Dari Tabel 2 dan Tabel 3 di atas terlihat bahwa, secara umum bahan yang digunakan dalam penelitian memenuhi syarat.

#### 3.2 Pengujian *slump test*

Dalam pengujian *slump test* ini kerucut Abram's dengan ukuran diameter atas 10 cm, diameter bawah 20 cm dan tinggi 30 cm. Hasil pengujian ditampilkan pada Tabel 4 dan Gambar 3 di bawah.

**Tabel 4. Hasil pengujian *slump test***

Variasi % penambahan semen	0%	10%	20%	30%	40%	50%
Nilai <i>slump</i> (cm)	11,38	10,75	10,25	8,40	8,36	8,00

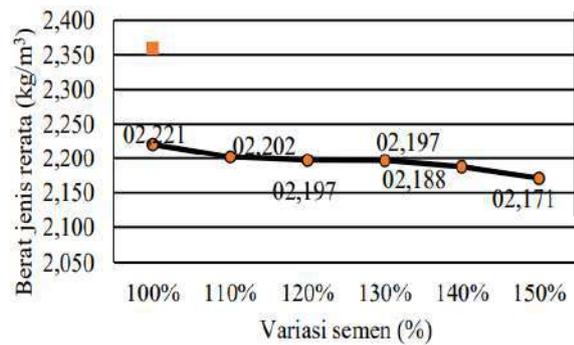


**Gambar 3. Grafik hubungan nilai *slump* dengan presentase variasi semen**

Dari Tabel 4 dan Gambar 3 terlihat bahwa nilai *slump* cenderung turun seiring dengan bertambahnya prosentase penambahan semen, yaitu dari 11,38 cm turun menjadi 10,75 cm, 10,25 cm, 8,40 cm, 8,36 cm dan 8,00 cm berturut-turut untuk prosentase penambahan semen 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50%. Hal ini disebabkan karena penambahan jumlah semen tidak diikuti dengan penambahan jumlah air. Hal ini mengakibatkan nilai faktor air semen (*fas*) menjadi menurun yang mengakibatkan adukan beton jadi lebih sulit dipadatkan sehingga nilai *slump* jadi lebih kecil.

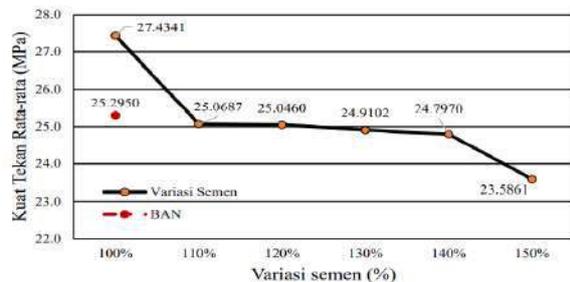
#### 3.3 Pengujian berat jenis

Berat jenis beton didapat dengan cara membagi berat sampel balok beton (*W*) dengan volume beton (*V*). Hasil Perhitungan berat jenis beton dapat dilihat pada Gambar 4.



**Gambar 4. Grafik berat jenis silinder beton (kg/m<sup>3</sup>)**

Dari Gambar 4 terlihat, bahwa berat jenis beton menggunakan agregat kasar dari limbah beton nilainya lebih kecil dibanding beton dengan agregat kerikil alami, yaitu 2360 kg/m<sup>3</sup>. Berat jenis cenderung turun seiring dengan bertambahnya prosentase penambahan semen, yaitu dari 2221 kg/m<sup>3</sup> turun menjadi 2202 kg/m<sup>3</sup>, 2197 kg/m<sup>3</sup>, 2197 kg/m<sup>3</sup>, 2188 kg/m<sup>3</sup> dan 2171 kg/m<sup>3</sup> berturut-turut untuk prosentase penambahan semen 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50%. Hal ini disebabkan penambahan jumlah semen tidak diikuti dengan penambahan jumlah air. Hal ini mengakibatkan nilai faktor air semen (fas) menjadi menurun yang mengakibatkan adukan beton jadi lebih sulit dipadatkan sehingga mengakibatkan banyak rongga udara didalam beton, yang menyebabkan berat jenis beton menurun.



**Gambar 5. Grafik kuat-tekan silinder beton**

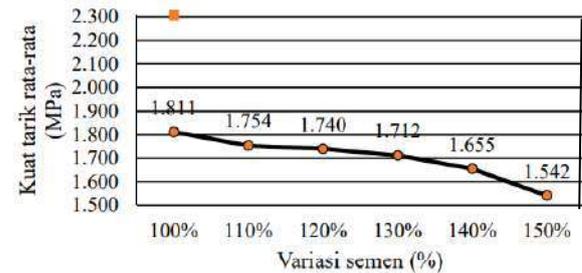
### 3.4. Pengujian kuat-tekan beton.

Hasil pengujian kuat-tekan benda uji silinder disajikan pada Gambar 5. Dari Gambar 5 terlihat, bahwa kuat-tekan beton menggunakan agregat kasar dari limbah beton nilainya lebih kecil dibanding beton dengan agregat kerikil alami, yaitu 27,434 MPa. Kuat-tekan beton cenderung turun seiring dengan bertambahnya prosentase penambahan semen, yaitu dari 25,295 MPa turun menjadi 25,068 MPa, 25,046 MPa, 24,910 MPa, 24,797 MPa dan 23,586 MPa berturut-turut untuk prosentase penambahan semen 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50%. Hal ini disebabkan penambahan jumlah semen tidak diikuti dengan penambahan jumlah air. Hal ini

mengakibatkan nilai faktor air semen (fas) menjadi menurun yang mengakibatkan adukan beton jadi lebih sulit dipadatkan sehingga mengakibatkan banyak rongga udara didalam beton, yang menyebabkan kuat-tekan beton menurun.

### 3.5. Pengujian kuat-tarik belah beton.

Hasil pengujian kuat-tarik belah benda uji silinder disajikan pada Gambar 5.



**Gambar 6. Grafik kuat-tarik belah silinder beton**

Dari Gambar 6 terlihat, bahwa kuat-tarik belah beton menggunakan agregat kasar dari limbah beton nilainya lebih kecil dibanding beton dengan agregat kerikil alami, yaitu 2,306 MPa. Kuat-tekan beton cenderung turun seiring dengan bertambahnya prosentase penambahan semen, yaitu dari 1,811 MPa turun menjadi 1,754 MPa, 1,740 MPa, 1,712 MPa, 1,655 MPa dan 1,542 MPa berturut-turut untuk prosentase penambahan semen 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50%. Hal ini disebabkan penambahan jumlah semen tidak diikuti dengan penambahan jumlah air. Hal ini mengakibatkan nilai faktor air semen (fas) menjadi menurun yang mengakibatkan adukan beton jadi lebih sulit dipadatkan sehingga mengakibatkan banyak rongga udara didalam beton, yang menyebabkan kuat-tarik belah beton menurun.

## 4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian di atas dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- Nilai *slump* turun seiring dengan bertambahnya prosentase penambahan semen.
- Berat jenis beton menggunakan agregat kasar dari limbah beton nilainya lebih kecil dibanding beton dengan agregat kerikil alami. Berat jenis cenderung turun seiring dengan bertambahnya prosentase penambahan semen.
- Kuat-tekan beton menggunakan agregat kasar dari limbah beton nilainya lebih kecil dibanding beton dengan agregat kerikil alami. Kuat-tekan beton cenderung turun

seiring dengan bertambahnya prosentase penambahan semen.

- d) Kuat-tarik beton menggunakan agregat kasar dari limbah beton nilainya lebih kecil dibanding beton dengan agregat kerikil alami. Kuat-tarik beton cenderung turun seiring dengan bertambahnya prosentase penambahan semen.

## DAFTAR PUSTAKA

- Budiman, B., 2019, Limbah Beton Sebagai Material Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Karakteristik, *INTEK : Jurnal Penelitian*.
- Dinata, S., 2019, *Pengaruh Daur Ulang Limbah Beton Padat Sebagai Substitusi Agregat Kasar Pada Campuran Beton Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Belah*, Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil Universitas Ngurah Rai, Bali.
- Dhodho dan Zakaria, 2019, Pengaruh Penggunaan Agregat Kasar Daur Ulang Dari Limbah Beton Terhadap Sifat Mekanik Beton, Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil Institut Teknologi Malang.
- Ismail, A. G., 2017, *Pengaruh Beton Daur Ulang dan Bahan Tambah Fly Ash Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton Struktural Ramah Lingkungan*, Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Kusumawardhana, I., 2018, *Pengaruh Penggunaan Agregat Kasar Beton Limbah Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Tarik Beton Normal*. Tugas Akhir. Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta
- Lukito, P., 2018, *Pengaruh Variasi Gradasi Limbah Beton Sebagai Bahan Pengganti Agregat Terhadap Kuat Tekan*, Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Malang.
- Mulyono, T., 2004, *Teknologi Beton.*, CV Andi Offset (Penerbit ANDI), Yogyakarta.
- Nawy, 1985, *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*, penerbit Rafika Aditama, Bandung
- Rochman, A., 2021, *Teknologi Beton*. Penerbit Muhammadiyah University Press, Surakarta.
- Sudika, I. M. G., Partama, I. G. N. E & Dinata, I. G. S., 2019, *Analisis Limbah Benda Uji Beton Untuk Mensubstitusi Agregat Kasar Pada Campuran Beton*, Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil Universitas Ngurah Rai. Denpasar.
- Soelarso, S., & Baehaki, B., 2016, Pengaruh Penggunaan Limbah Beton Sebagai Pengganti Agregat Kasar pada Beton Normal terhadap Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas. *Fondasi: Jurnal Teknik Sipil*.
- Turnip, E. T., 2016, *Pemanfaatan Limbah Beton sebagai Pengganti Agregat Kasar pada Campuran Beton*, Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil Universitas 17 Agustus 1945, Surabaya.
- Soelarso, S., & Baehaki, B., 2016, Pengaruh Penggunaan Limbah Beton Sebagai Pengganti Agregat Kasar pada Beton Normal terhadap Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas. *Fondasi: Jurnal Teknik Sipil*