

## Substitusi Agregat Halus Dengan Serbuk Kaca Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton dengan Penambahan Zat Epoxy

**Rino Dwi Laksono, Syahrul Sariman, Arman Setiawan**

Jurusan Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Bosowa Makassar

E-mail : rinodwilaksono@gmail.com

---

### Artikel info

#### Artikel history:

Diterima: 24-04-2022

Direvisi: 10-06-2022

Disetujui: 19-08-2022

**Abstract.** *The construction world has developed very quickly in recent years. Concrete is one example. Over time many new innovations have emerged to strengthen the concrete itself and the means of reducing waste that exist in the community. The purpose of this study was to obtain the influence of partial substitution of sand with glass powder by 40%, 50%, 60% and the addition of epoxy substances by 10% on the strength of concrete bending press. 44 samples were made, including 20 normal concrete samples and 24 variation concrete samples. Concrete will be soaked for 28 days. Testing of compressive strength, and bending strength of concrete is carried out when the life of the test object reaches 28 days. The results of this test show that variation concrete has a compressive strength, and a higher bending strength of concrete than normal concrete. The more use of glass powder on the concrete mixture, the more decreased the compressive strength, and the strength of its lentur. However, the compressive strength and flexural strength of variation concrete are still higher than the normal compressive and flexural strength of concrete. Epoxy does not have a great impact on concrete containing glass powder.*

**Abstrak.** Dunia konstruksi berkembang sangat cepat dalam beberapa tahun terakhir. Beton merupakan salah satu contohnya. Seiring berjalannya waktu banyak inovasi baru yang muncul guna memperkuat beton itu sendiri dan sarana dalam pengurangan limbah yang ada di masyarakat. Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk memperoleh pengaruh substitusi parsial pasir dengan serbuk kaca sebesar 40%, 50%, 60% dan penambahan zat epoxy sebesar 10% terhadap kekuatan tekan lentur beton. Ada 44 sampel yang dibuat, termasuk 20 sampel beton normal dan 24 sampel beton variasi. Sampel Beton direndam selama 28 hari sebelum dilakukan pengujian kuat tekan dan kuat lentur beton. Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa beton variasi memiliki kuat tekan, dan kuat lentur beton yang lebih tinggi dibandingkan beton normal. Semakin banyak penggunaan serbuk kaca pada campuran beton, semakin menurun kuat tekan, dan kuat lenturnya. Namun demikian kuat tekan dan kuat lentur beton variasi masih lebih tinggi daripada kuat tekan dan kuat lentur beton normalnya. Epoxy tidak berdampak besar pada beton yang mengandung serbuk kaca.

---

#### Keywords:

*Glass Powder; Epoxy;*

*Compressive Strength; Flexible*

#### Corresponden author:

Email: rinodwilaksono@gmail.com



artikel dengan akses terbuka dibawah lisensi CC BY -4.0

## 1. PENDAHULUAN

Dunia konstruksi berkembang sangat cepat dalam beberapa tahun terakhir. Namun perkembangan tersebut memiliki dampak positif dan negatif pada kehidupan. Pemanfaatan beton yang semakin meningkat dalam dunia konstruksi turut berdampak pada peningkatan kebutuhan material campuran yang diperoleh dari hasil *eksploitasi* sehingga menyebabkan menurunnya persediaan material yang selama ini diperoleh dari alam. Selain daripada itu adanya pembongkaran bangunan-bangunan juga memberikan masalah yang baru karena banyaknya material bongkaran konstruksi menjadi limbah. Buruknya lagi bila limbah-limbah tersebut menjadi masalah karena tidak dapat diurai secara alami, limbah beton, kaca, gipsum, aluminium dan lain-lain.

Seiring berjalannya waktu banyak inovasi baru yang muncul guna memperkuat beton itu sendiri dan sarana dalam pengurangan limbah yang ada di masyarakat. Olehnya itu pemikiran – pemikiran untuk membuat konstruksi berwawasan lingkungan mulai dikembangkan, salah satunya dengan memanfaatkan limbah menjadi bahan pengganti sebagian agregat sebagai pengisi beton.

Substitusi kaca sebagai pengganti sebagian pasir bisa mengisi rongga yang kosong dalam beton itu sendiri, sehingga dapat menjadikan beton tahan terhadap air. Menambahkan kaca ke beton dapat meningkatkan kuat tekannya. (P & Tanzil, 2013). Adapun (Ayu Suhartini1), 2014) menjelaskan bahwa kuat lentur beton meningkat sebanding dengan jumlah fragmen kaca yang digunakan sebagai pengganti agregat halus.

Pada kondisi tertentu, penggunaan bahan tambah dengan jumlah tertentu dapat ditambahkan ke campuran beton untuk meningkatkan kualitasnya. Dalam hal ini beton yang ditambahkan resin epoxy sebagai bahan

tambah dengan masa perawatan (perendaman) 28 hari berhasil meningkatkan kuat tekan beton dibanding beton biasa tanpa tambahan epoxy. (Putri et al., 2014)

Dalam penelitian ini, pembuatan campuran beton menggunakan serbuk kaca sebagai pengganti agregat halus serta epoxy sebagai zat aditif diharapkan bisa menjadi bahan alternatif untuk memperoleh komposisi ideal campuran beton yang memiliki kuat tekan yang lebih tinggi dari campuran beton normalnya. Selain itu dari sisi lain dapat mengurangi jumlah limbah pecahan kaca yang sering terdapat di lingkungan sekitar.

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan desain penelitian eksperimental murni yang dilakukan di laboratorium untuk memberikan suatu gambaran mengenai pengaruh penggantian sebagian agregat halus dengan serbuk kaca dan penambahan zat *aditif epoxy* terhadap kuat tekan dan kuat lentur beton.

### 2.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Pelaksanaan penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Bosowa Makassar pada tanggal 26 November 2021 s/d 26 Januari 2022

### 2.2 Prosedur Penelitian

Variabel bebas dalam penelitian ini yaitu serbuk kaca dan zat aditif epoxy, variabel terikatnya yaitu agregat halus. Sedangkan variabel tetapnya adalah semen, agregat kasar dan air. Ruang lingkup penelitian ini meliputi:

- Penyiapan alat uji dan material penyusun beton
- Melakukan pengujian karakteristik agregat kasar dan agregat halus
- Melakukan perancangan campuran (*mix desain*) beton normal
- Pembuatan, perawatan sampel beton normal
- Pengujian kuat tekan beton normal
- Pembuatan, perawatan sampel beton variasi yang menggunakan serbuk kaca dan epoxy
- Pengujian kuat tekan beton variasi.
- Pengujian kuat lentur beton variasi.
- Analisis hubungan kuat tekan dan kuat tarik beton variasi

### 2.3 Rancangan Benda Uji

Benda uji yang dibutuhkan adalah silinder beton dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm untuk pengujian kuat tekan beton, serta balok beton dengan ukuran 15 cm x 15 cm x 60 cm untuk pengujian kuat lentur beton. Dengan substitusi serbuk kaca pada agregat halus (pasir) sebesar 40%, 50%, dan 60% serta dengan penambahan epoxy sebesar 10%.

**Tabel 1.** Notasi Sampel, Komposisi Campuran dan Jumlah Benda Uji

No	Notasi Sampel	PCC (%)	Batu Pecah (%)	Pasir (%)	Serbuk kaca (%)	Epoxy (%)	Jumlah	Keterangan
1	BN	100	100	100	-		20	
2	SKT 40	100	100	60	40		20	
3	SKT 50	100	100	50	50		3	
4	SKT 60	100	100	40	60		3	Sampel Uji Tekan
5	SKET 40	100	100	60	40	10	3	
6	SKET 50	100	100	50	50	10	3	
7	SKET 60	100	100	40	60	10	3	
8	ET 10	100	100	100	-	10	3	
9	SKL 40	100	100	60	40		1	Sampel Uji Lentur
10	SKL 50	100	100	50	50		1	
11	SKL 60	100	100	40	60		1	
12	SKEL 40	100	100	60	40	10	1	
13	SKEL 50	100	100	50	50	10	1	
14	SKEL 60	100	100	40	60	10	1	
15	EL 10	100	100	100	-	10	1	
Total							44	

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium

### 2.4 Analisa Data

Perancangan campuran (*mix design*) beton dilakukan untuk memperoleh komposisi campuran beton yang ideal sesuai dengan kuat tekan beton yang ingin dicapai. Penentuan komposisi campuran juga tergantung dari hasil pengujian agregat kasar dan agregat halus yang bertujuan untuk mendapatkan informasi mengenai karakteristik kedua jenis agregat tersebut. Pengujian karakteristik agregat yang dimaksud meliputi:

- a. Pemeriksaan analisa saringan

Pengujian ini melihat persentase lolos saringan ukuran butir agregat yang telah diayak lalu dilakukan penimbangan untuk diketahui berat butiran tertahan pada masing-masing ukuran saringan.

- b. Pengujian Kadar Lumpur  
Bertujuan untuk menentukan jumlah lumpur di dalam agregat. Konsentrasi lumpur yang rendah menunjukkan agregat berkualitas tinggi.
- c. Pengujian Berat Isi Agregat  
Merupakan suatu pengujian yang bertujuan untuk mengetahui density agregat dengan cara membandingkan berat agregat dengan volume dalam sebuah mold .
- d. Pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar dan agregat halus  
Berat jenis jenuh kering permukaan (*SSD specific gravity*) merupakan berat jenis yang mempertimbangkan volume pori yang hanya bisa dimasuki semen dan juga diresapi volume partikel.
- e. Pengujian kadar air agregat kasar dan agregat halus  
Tujuan pengujian ini untuk mengetahui kandungan air yang berada dalam suatu agregat. Untuk dapat mengetahui suatu kadar air yaitu dengan cara membandingkan antara berat agregat sebelum dikeringkan dengan agragat setelah dilakukan pengeringan baik di oven ataupun di sangrai dan hasil dari perhitungan di laporkan dengan persen (%). Pengaruh dari kadar air dalam agragat sangat menentukan mutu atau kualitas mortar yang akan dibuat. Maka dari itu dalam melakukan perancangan suatu mutu mortar dibutuhkan adanya faktor koreksi agar mortar tidak mengalami bleeding.

Kuat tekan beton adalah besarnya beban yang dapat ditahan sampel beton per satuan luas yang menyebabkan benda uji beton hancur ketika dibebani dengan gaya tekan yang dihasilkan oleh mesin tekan. (Pane et al., 2015) Kuat tekan beton drumuskan sebagai:

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

Dalam hal ini :

- F'c = Kuat tekan beton (N/mm<sup>2</sup>)
- P = Beban maksimum
- A = Luas penampang

Rumus perhitungan kuat lentur dimana bidang patah terletak di daerah pusat (1/3 jarak titik perletakan bagian tengah), maka kuat lentur beton dihitung menurut persamaan berikut.

$$f_s = \frac{P.L}{b.h^2} \tag{2}$$

Dalam hal ini :

- fs = Kuat lentur beton (Mpa)
- P = Beban maksimum
- L = Jarak antara dua garis perletakan (mm)
- b = Lebar tampang lintang patah horizontal (mm)
- h = Lebar tampang lintang patah vertical (mm)

Rumus perhitungan kuat lentur dimana bidang patah terletak di luar pusat (1/3 jarak titik perletakan bagian tengah), maka kuat lentur beton dihitung menurut persamaan berikut.

Dirumuskan :

$$f_{s1} = \frac{P.a}{b.h^2} \tag{3}$$

Dalam hal ini :

- F<sub>s1</sub> = Kuat lentur beton (Mpa)
- P = Beban maksimum
- A = Jarak rata-rata tampang lintang patah dan tumpuan luar yang terdekat, diukur pada 4 tempat pada sudut dari bentang
- B = Lebar tampang lintang patah horizontal (mm)
- h = Lebar tampang lintang patah vertical (mm)

Peraturan SNI 03-2847-2002 menetapkan nilai modulus keruntuhan lentur untuk beton normal (tanpa tulangan) yaitu :

$$f_r = 0.70 \sqrt{f'_c} \tag{4}$$

Korelasi hubungan kuat tekan dan kuat lentur beton variasi dihitung dengan menggunakan metode curve fitting dengan persamaan sebagai berikut.

$$\sum_{i=1}^n (a \cdot X_1 - Y_1 \cdot \sqrt{X_1}) = 0 \tag{5}$$

Dalam hal ini :

- Xi = Kuat tekan beton sampel ke - i
- Yi = Kuat lentur beton sampel ke - i
- a = Koefisien korelasi antara kuat tekan dan kuat lentur beton

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Hasil Pengujian Agregat Halus

Dalam Tabel 2 berikut disajikan distribusi agregat berdasarkan hasil analisa saringan agregat halus. Gradasi agregat halus dinyatakan dengan banyaknya persentase agregat yang lolos saringan no. 4 (4.75 mm).

**Tabel 2.** Distribusi Butiran Agregat Halus (Pasir)

No.	Ukuran ayakan	% Lolos	Interval
	Saringan (ASTM E11)		
1.	3/8 in (9,5 mm)	100	-
2.	No. 4 (4,75 mm)	100	90-100
3.	No. 8 (2,36 mm)	96,29	80-100
4.	No. 16 (1,18 mm)	71,07	50-85
5.	No. 30 (0,6 mm)	49,90	25-60
6.	No. 50 (0,3 mm)	25,62	5-30
7.	No. 100 (0,15mm)	7,20	0-10
8.	No. 200 (0,075 mm)	1,70	-

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium, 2022

Sedangkan dalam Tabel 3 ditampilkan hasil pemeriksaan berat jenis dan tingkat penyerapan agregat halus terhadap air..

**Tabel 3.** Hasil pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat halus

Jenis Pemeriksaan	Metode	Benda Uji		Rata-rata
		A	B	
Berat jenis dan penyerapan				
1. Bulk	SNI 03-1970-2008	2,37	2,41	2,39
2. SSD		2,40	2,45	2,42
3. Semu		2,44	2,50	2,47
4. Penyerapan		1,28	1,40	1,34

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium, 2022

#### Hasil Pengujian Agregat Kasar

Dalam Tabel 4 berikut ditampilkan distribusi agregat berdasarkan hasil analisa saringan agregat kasar Gradasi agregat kasar dinyatakan dengan banyaknya persentase agregat yang lolos saringan 3/4'' dan tertahan saringan no. 4 (4.75 mm).

**Table 4.** Distribusi Butiran Agregat Kasar (Batu Pecah)

No.	Ukuran ayakan	% Lolos	Interval
	Saringan (ASTM E11)		
1.	3/4 in (19,05 mm)	100	90-100
2.	1/2 in (12,7 mm)	36,87	20-55
3.	3/8 in (9,5 mm)	9,17	0-15
4.	No. 4 (4,75 mm)	3,58	0-5
5.	No. 8 (2,36 mm)	2,06	-
6.	No. 16 (1,18 mm)	0,46	-
7.	No. 30 (0,6 mm)	0,44	-
8.	No. 50 (0,3 mm)	0,40	-
9.	No. 100 (0,15mm)	0,39	-
10.	No. 200 (0,075 mm)	0,34	-

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium

Demikian juga dalam Tabel 5 ditampilkan hasil pemeriksaan berat jenis agregat kasar dan tingkat penyerapannya terhadap air

**Tabel 5.** Hasil pemeriksaan berat jenis dan absorpsi batu pecah

Jenis Pemeriksaan	Metode	Benda Uji		Rata-rata
		A	B	
Berat jenis dan penyerapan				
1. Bulk	SNI 03-1970-2008	2,48	2,49	2,49
2. SSD		2,53	2,54	2,54
3. Semu		2,62	2,61	2,62
4. Penyerapan		2,16	1,81	1,99

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium

**Hasil Perancangan Campuran**

Dari hasil perancangan campuran beton normal diperoleh komposisi masing-masing material beton, seperti yang diperlihatkan pada Tabel 6 berikut.

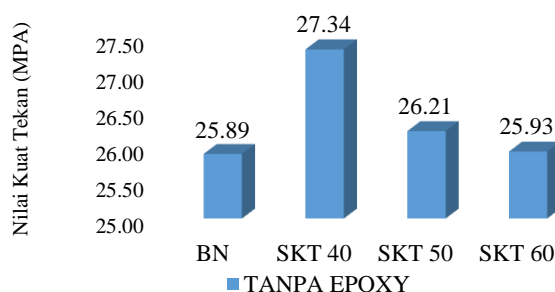
**Tabel 6.** Komposisi Kebutuhan Material Beton

Bahan Mortar	Berat / M <sup>3</sup> Beton (Kg)	Volume Benda Uji	Berat Untuk 1 Silinder	Berat Untuk 5 Silinder
Air	193,90	0,0053	1,03	6,16
Semen	436,17		2,31	13,87
Pasir	658,33		3,49	20,93
Bp 1-2	960,95		5,09	30,55

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium

**Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Serbuk**

Pada penelitian ini, beton menggunakan serbuk kaca sebagai substitusi pasir dengan persentase 40%, 50%, dan 60%. Berdasarkan Gambar 1 di bawah ini, dapat digambarkan grafik perbandingan kuat tekan beton normal terhadap kuat tekan beton variasi sebagai berikut :

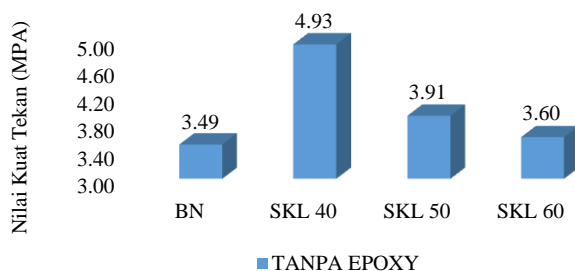


**Gambar 1.** Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Variasi

Dari Gambar 1 dapat dijelaskan bahwasannya beton variasi memiliki kuat tekan lebih tinggi disbanding dengan beton normal. Semakin tinggi persentase serbuk kaca yang digunakan maka kuat tekannya akan semakin menurun.

**Hasil Pengujian Kuat lentur Beton Serbuk Kaca**

Pada penelitian ini, beton menggunakan serbuk kaca sebagai substitusi dengan persentase 40%, 50%, dan 60%. Berdasarkan Gambar 2 di bawah ini, dapat digambarkan grafik perbandingan kuat lentur beton normal terhadap kuat lentur beton variasi sebagai berikut :

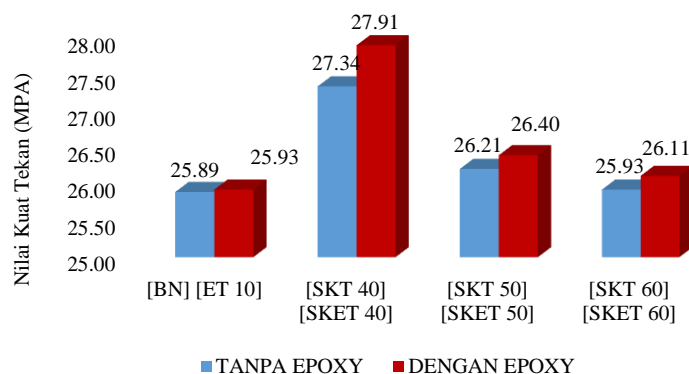


**Gambar 2.** Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Variasi

Gambar 2 dapat dijelaskan bahwasannya beton variasi memiliki kuat lentur lebih tinggi disbanding dengan beton normal. Semakin tinggi substitusi serbuk kaca maka semakin rendah kuat lenturnya.

**Pengujian Kuat Tekan Beton Epoxy yang Mengandung Serbuk Kaca**

Pada penelitian ini, campuran beton normal menggunakan serbuk kaca sebagai substitusi agregat halus dengan persentase 40%, 50%, dan 60% dengan disertai penambahan zat epoxy 10%. Pada Gambar 3 di bawah ini diperlihatkan grafik perbandingan kuat tekan beton normal dengan kuat tekan beton variasi:



**Gambar 3.** Perbandingan Kuat Tekan Beton Normal dengan Beton Variasi

Dari Gambar 3 dapat dijelaskan bahwasannya kuat tekan beton variasi yang mengandung serbuk kaca lebih tinggi daripada kuat tekan beton normal dan beton epoxy. Semakin tinggi persentase serbuk kaca yang digunakan kuat tekannya akan semakin menurun, namun dengan penambahan epoxy sebesar 10% hasil yang didapat lebih tinggi dari kuat tekan beton variasi serbuk kaca tanpa epoxy. Adapun perbandingan persentase kenaikan kuat tekan beton normal dengan kuat tekan beton variasi yaitu :

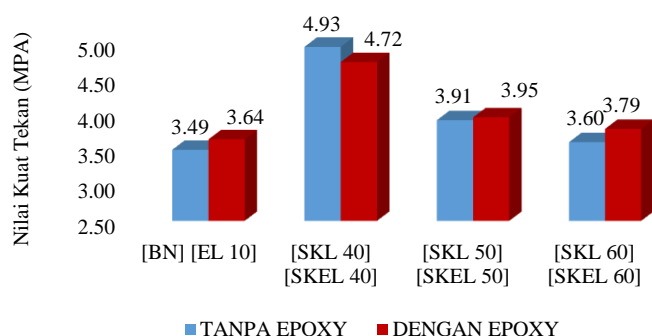
**Tabel 7** Presentase Kenaikan Kuat Tekan Beton Variasi terhadap Beton Normal

Notasi	Kuat Tekan (Mpa)	Persentase Kenaikan dan Penurunan (%)
BN	25,89	0,13%
ET 10	25,93	
SKT 40	27,34	2,07%
SKET 40	27,91	
SKT 50	26,21	0,72 %
SKET 50	26,40	
SKT 60	25,93	0,73 %
SKET 60	26,11	

Nilai kuat tekan rerata pada benda uji yang memakai substitusi serbuk kaca dan penambahan epoxy yang mengalami peningkatan. Peningkatan kuat tekan paling tinggi diperoleh pada beton variasi SKET 40 dengan oersentasi peningkatan 2,07%

**Pengujian Kuat tekan Epoxy yang Mengandung Serbuk Kaca**

Pada penelitian ini, beton menggunakan serbuk kaca sebagai substitusi dengan persentase 40%, 50%, dan 60% dengan penambahan zat epoxy 10%.



**Gambar 4.** Perbandingan Kuat Lentur dan Kuat Tekan Beton Variasi

Dari Gambar 4 dapat dijelaskan bahwasannya kuat lentur beton variasi yang mengandung serbuk kaca memiliki kuat lentur lebih tinggi daripada beton normal dan beton epoxy. Semakin tinggi persentase serbuk kaca yang digunakan kuat lenturnya akan semakin menurun. Namun dengan penambahan epoxy sebesar 10% hasil yang didapat lebih tinggi dari kuat lentur beton variasi serbuk kaca tanpa epoxy. Adapun perbandingan persentase kenaikan kuat lentur beton variasi yaitu :

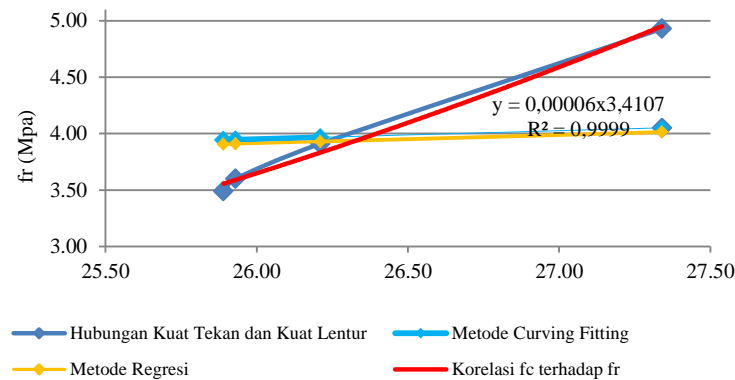
**Tabel 8.** Persentase Kenaikan Kuat Lentur Beton Variasi

Notasi	Kuat Lentur (Mpa)	Persentase Kenaikan/Penurunan (%)
BN	3,49	
EL 10	3,64	4,20%
SKL 40	4,93	
SKEL 40	4,72	-4,32%
SKL 50	3,91	
SKEL 50	3,95	1,02%
SKL 60	3,60	
SKEL 60	3,79	5,19 %

Nilai kuat lentur rerata pada benda uji yang memakai substitusi serbuk kaca dan penambahan epoxy yang mengalami peningkatan paling tinggi pada penelitian ini diperoleh pada beton variasi SKEL 60.

**Hubungan Kuat Tekan Dengan Kuat Lentur Beton Variasi Serbuk Kaca**

Pada Gambar 5 dapat digambarkan grafik hubungan kuat tekan beton dengan kuat lentur beton variasi. Dengan menggunakan persamaan curve fitting diperoleh bentuk persamaan hubungan kuat tekan terhadap kuat lentur beton variasi  $f_r = 0.780 \sqrt{f'_c}$ .



**Gambar 5.** Grafik Hubungan Kuat Tekan dengan Kuat lentur Beton Variasi

Bila dilakukan pendekatan dengan analisis numerik, diperoleh bentuk persamaan regresinya  $y = 0.00006x^{3.41107}$  dengan koefisien korelasi  $R^2 = 0.999$ , dalam hal ini variabel y sebagai kuat lentur dan x sebagai nilai kuat tekan, seperti yang diperlihatkan dalam Gambar 5. Hal ini menunjukkan hubungan yang signifikan antara kuat tekan beton dengan kuat lenturnya mengikuti persamaan regresinya.

**4. KESIMPULAN DAN SARAN**

Hasil analisis dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa komposisi campuran beton normal yang terdiri dari pasir 658.54 kg/m<sup>3</sup>, batu pecah 960.99 kg/ m<sup>3</sup>, semen 436.17 kg/ m<sup>3</sup>, dan air 194.30 kg/ m<sup>3</sup>. Kemudian didapatkan pengaruh serbuk kaca sebagai pengganti sebagian pasir sebanyak 40%, 50%, dan 60% membuat kuat tekan dan kuat lentur beton meningkat sebesar 27,34 MPa, 26,21 MPa, dan 25,93 MPa untuk kuat tekan, sedangkan untuk kuat lentur sebesar 4,93 MPa, 3,91 MPa, dan 3,60 MPa. Pengaruh penambahan zat epoxy dengan persentase 10% terbukti membuat kuat lentur dan tekan beton meningkat dari beton normal sebesar 0,13% untuk kuat tekan dan kuat lentur sebesar 4,20%. Penambahan zat epoxy dengan persentase 10% pada variasi beton yang mengandung serbuk kaca 40%, 50%, dan 60% dapat meningkatkan kuat tekan dan kuat lentur beton sebesar 27,91 MPa, 26,40 MPa, dan 26,11 MPa untuk kuat tekan, sedangkan untuk kuat lentur sebesar 4,72 MPa, 3,95 MPa, dan 3,79 MPa.

**5. DAFTAR PUSTAKA**

Ayu Suhartini1), A. S. S. G. A. H. (2014). Pengaruh Penambahan Tumbukan Limbah Botol Kaca Sebagai Bahan Substitusi Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Beton. Pengaruh Penambahan Tumbukan Limbah Botol Kaca Sebagai Bahan Substitusi Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Beton, 2(N0.1), 66–80. <https://jurnal.unismabekasi.ac.id/index.php/bentang/article/view/363>

Lisantono, A., & Tandean, E. (2019). Pengaruh Epoxy Terhadap Sifat Mekanik Beton Dengan Bahan Tambah Kaca Sebagai Substitusi Agregat Halus. In Jurnal Rekayasa Konstruksi Mekanika Sipil (JRKMS) (pp. 75–84). <https://doi.org/10.54367/jrkms.v2i2.521>

P, F. E. G., & Tanzil, G. (2013). Variasi Bubuk Kaca Substitusi Sebagian Pasir Dengan. 1(1), 68–73.

- Pane, F. P., Tanudjaja, H., & R.S. Windah. (2015). Pengujian Kuat Tarik Belah Dengan Variasi Kuat Tekan Beton. *Jurnal Sipil Statik*, 3(5), 313–321.
- Putri, N. P., Kusumawati, D. H., Rohmawatii, L., & Fmipa, F. (2014). Sifat Mekanik Beton Polimer Epoksi dengan Pengisi Partikel Nanokalsit-silika Mechanical Properties of Polymer Concrete Epoxy Filler Particles with Nanocalcite-silica. 2(2), 38–41.
- Rikardus, J. J. S. T. Y. (2014). Pengaruh Penggunaan Serbuk Kaca Sebagai Bahan Substitusi Agregat Halus Terhadap Sifat Mekanik Beton. *Jurnal Teknik Sipil*, 13(1), 1–11. <https://doi.org/10.24002/jts.v13i1.639>