

## **Pengaruh Serbuk Besi Dan Natrium Silika Serta Natrium Hidroksida Terhadap Beton**

**Yosua Kevin Jordan Randa \*<sup>1</sup>, Frans Phengkarsa \*<sup>2</sup>, Desi Sandy\*<sup>3</sup>**

\*<sup>1</sup> Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar, Indonesia, [yosuaranda01@gmail.com](mailto:yosuaranda01@gmail.com)

\*<sup>2,3</sup> Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar, Indonesia, [Fphengkarsa@hotmail.com](mailto:Fphengkarsa@hotmail.com) dan [sandy.mylife@yahoo.co.id](mailto:sandy.mylife@yahoo.co.id)

**Corresponding Author:** [yosuaranda01@gmail.com](mailto:yosuaranda01@gmail.com)

### **Abstrak**

Penggunaan serbuk besi sebagai pengganti sebagian dari pasir pada campuran beton merupakan Salah satu alternatif untuk mengurangi limbah serbuk besi yang dapat mencemarkan lingkungan. Penelitian ini menggunakan serbuk besi dan natrium silika serta natrium hidroksida pada campuran beton yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh sifat mekanis beton yang dihasilkan. Dalam penelitian ini dilakukan serangkaian tahapan proses yang meliputi pengujian karakteristik material lalu perencanaan komposisi campuran beton dengan *mix design* serta pembuatan benda uji berupa silinder dengan ukuran 15 cm x 30 cm sebanyak 48 benda uji dan balok dengan ukuran 60 cm x 15 cm x 15 cm sebanyak 12 benda uji kemudian dilakukan pengujian benda uji dengan umur beton yang telah ditentukan yaitu 7 hari, 21 hari, dan 28 hari. Dari hasil penelitian penggunaan serbuk besi dengan variasi 0%, 10%, 15%, 20% diperoleh nilai kuat tekan sebesar 25,146 MPa, 18,514 MPa, 17,505 MPa, dan 16,770 MPa, sedangkan pada nilai kuat tarik didapatkan hasil sebesar 2,642 MPa, 1,463 MPa, 1,415 MPa, 1,345 MPa dan pada nilai kuat lentur berturut-turut diperoleh hasil sebesar 2,642 MPa, 1,463 MPa, 1,415 MPa dan 1,345 MPa. Dari hasil diatas menunjukkan bahwa penggunaan serbuk besi dan natrium silika serta natrium hidroksida dapat menurunkan sifat mekanis beton.

**Kata kunci:** Beton, Besi, Natrium Silika, Natrium Hidroksida, Sifat

### **Abstract**

*The use of iron filings as a partial substitute for sand in concrete mixes is an alternative to reduce iron filings waste which can pollute the environment. This study used iron powder and sodium silica and sodium hydroxide in the concrete mixture which aims to determine the effect of the mechanical properties of the resulting concrete. In this study, a series of process stages were carried out which included testing material characteristics and then planning the composition of the concrete mix with *mix design* as well as making test specimens in the form of cylinders with a size of 15 cm x 30 cm as many as 48 test objects and blocks with a size of 60 cm x 15 cm x 15 cm as many as 12 test objects then testing the test objects with a predetermined concrete age of 7 days, 21 days, and 28 days. From the results of the study using iron filings with variations of 0%, 10%, 15%, 20%, the compressive strength values were 25.146 MPa, 18.514 MPa, 17.505 MPa and 16.770 MPa, while the tensile strength values obtained were 2.642 MPa, 1.463 MPa, 1.415 MPa, 1.345 MPa and the flexural strength values obtained were 2.642 MPa, 1.463 MPa, 1.415 MPa and 1.345 MPa respectively. The results above show that the use of iron powder and sodium silica and sodium hydroxide can reduce the mechanical properties of concrete.*

**Keywords:** Concrete, Iron, Sodium Silica, Sodium Hydroxide, Properties

## PENDAHULUAN

Beton merupakan hasil dari pencampuran beberapa material penyusun seperti pasir, kerikil, semen, dan air. Pada umumnya beton terdiri dari bahan tambahan (*additive*) yang mudah didapatkan, kemudahan dalam mengelolah (*workability*), dan memiliki keawetan (*durability*) serta kekuatan (*strength*) yang dibutuhkan dalam suatu dunia konstruksi. Mutu dalam beton merupakan pertanda dari kualitas, kekuatan dan karakteristik dari beton. Dari sifat yang dimiliki beton itulah menjadikan beton sebagai bahan alternatif untuk dikembangkan baik bentuk fisik maupun metode pelaksanaannya.[1] Semakin tingkat kekuatan struktur yang dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan.[2] Mutu beton juga dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor salah satunya ialah komposisi bahan-bahan campuran beton, spesifikasi dari bahan campuran yang berbeda maka mutu beton yang dihasilkan juga berbeda-beda. Beton dibuat dengan cara mencampur agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil), maupun bisa diganti dengan agregat lainnya dan air serta semen portland. Kualitas campuran beton yang baik akan menentukan mutu beton yang baik tinggi, tujuan campuran bahan, baik sebagai pengganti maupun tambahan campuran beton bertujuan untuk memperbaiki sifat-sifat beton[3]

Dengan seiring dengan perkembangan teknologi dibidang konstruksi, banyak inovasi-inovasi bermunculan salah satunya yaitu beton polimer. Beton polimer (*polymer concrete*) adalah material komposit yang terbuat dari bahan polimer sintesis yang digunakan dalam pembuatan beton, contohnya seperti beton polimer yang menggunakan bahan kimia berupa natrium silika dan natrium hidroksida dalam campuran beton. Aktivator merupakan zat atau unsur yang menyebabkan zat atau unsur lain bereaksi.[4] Dalam reaksi polimerisasi, silika (Si) dan aluminium (Al) mempunyai peranan yang penting dalam ikatan polimerisasi.[5]

Beton polimer memiliki kelebihan antara lain, kekuatannya tinggi, daya tahan terhadap kimia dan korosi, daya serap air yang rendah dan stabilitas pematangan tinggi dibandingkan dengan beton konvensional pada umumnya. Beton polimer bisa mengeras di dalam air sehingga bisa digunakan untuk memperbaiki bangunan-bangunan di dalam air.[6]

Dalam penelitian ini dilakukan substitusi material dengan menggantikan bahan baik agregat kasar, agregat halus maupun semen dengan bahan lainnya, misalnya abu sekam padi dengan semen, batu gamping menggantikan agregat kasar dan lain-lainnya. Alternatif yang sering digunakan yaitu dengan menggantikan material dengan cara memanfaatkan limbah. Limbah serbuk besi dimanfaatkan dengan cara menggunakannya sebagai substitusi agregat halus.[7] dengan menggabungkan aktivator berupa natrium hidroksida dan natrium silika

Limbah serbuk besi adalah limbah yang dihasilkan dari proses pemotongan, penggergajian maupun hasil tempa besi. Limbah tersebut merupakan bahan potensial yang dapat dimanfaatkan karena kandungan utamanya yang sebagian besar merupakan unsur besi.[8] Besi mengandung unsur besi murni dengan kandungan sekitar 0,2% karbon. Biji besi yang didapatkan dari alam umumnya merupakan senyawa besi dengan oksigen seperti hematite ( $Fe_2O_3$ ), magnetite ( $Fe_3O_4$ ), limonite ( $Fe_2O_3$ ) atau siderite ( $FeCO_3$ ).[9] Serbuk besi memiliki kemiripan dengan agregat halus dari sisi ukuran dan gradasi. karena limbah serbuk besi tidak dikelola dengan baik sehingga terbuang sia-sia dan dapat berpotensi untuk mencemarkan lingkungan. Penelitian tentang penggunaan serbuk besi pernah dilakukan oleh [10][11] tentang "Pengaruh Kuat Tekan Beton Dengan Menggunakan Limbah Serbuk Besi Sebagai *Admixture* Agregat Halus" dengan menggunakan variasi 0%, 10%, 20%, 30% dari berat agregat halus (pasir). Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan serbuk besi yang baik adalah pada variasi 10%-30%.

Dengan melihat hasil penelitian sebelumnya, maka dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui sifat mekanis beton yang dihasilkan dari penggunaan serbuk besi dan natrium hidroksida serta natrium silika pada beton.

## METODOLOGI PENELITIAN

### 1. Lokasi Pengambilan Material

Serbuk besi yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari limbah hasil usaha pandai besi pelita lumbewe yang berlokasi di Desa Lumbewe, Kecamatan Burau, Kabupaten Luwu Timur, Provinsi Sulawesi Selatan. Limbah besi yang diambil masih berbentuk bongkahan kecil yang padat dan keras maka perlu dihancurkan hingga membentuk serbuk dengan gradasi yang serupa dengan agregat halus.



Gambar 1. Lokasi pengambilan material

### 2. Peralatan Dan Material

Peralatan yang akan digunakan dalam penelitian telah tersedia di Laboratorium Struktur Dan Bahan Universitas Kristen Indonesia Paulus dan material yang akan digunakan berupa agregat kasar, agregat halus, *Portland Composite Cement* (PCC), natrium hidroksida, natrium silika serta serbuk besi



Gambar 4. Serbuk besi



Gambar 3. Natrium silika



Gambar 2. Natrium hidroksida

### 3. Pengujian Karakteristik Agregat

Pengujian karakteristik agregat bertujuan untuk mengetahui agregat layak digunakan dalam pembuatan benda uji dengan ketentuan spesifikasi BSNI. Adapun standar acuan yang digunakan dalam mengetahui kelayakan agregat sebagai berikut:

Tabel. 1 Pengujian Karakteristik Agregat

Pengujian	Standar Pengujian	
	Agregat Kasar	Agregat Halus
Kadar air (%)	SNI 03-1971-2011	SNI 03-1971-2011
Kadar lumpur (%)	SNI 03-4142-1996	SNI 03-4142-1996
Berat volume (kg/liter)	SNI 03-4804-1998	SNI 03-4804-1998
Berat jenis dan penyerapan	SNI 1969-2008	SNI 1969-2008
Modulus kehalusan	SNI 03-1968-1990	SNI 03-1968-1990
Zat organik	-	SNI 2816-2014

### 4. Perencanaan Campuran (*Mix Design*)

Dalam menghasilkan proporsi campuran berkualitas, metode campuran yang digunakan mengacu pada *mix design* dengan metode SNI 03-2834-2000.

### 5. Pembuatan benda uji

pembuatan benda uji mengacu pada spesifikasi *mix design* SNI 03-2834-2000. Yaitu

#### a. Proses Pencampuran Material

Semua material yang sudah ditakar sesuai dengan hasil *mix design* dicampurkan dengan menggunakan mesin pengaduk (*mesin molen*).

#### b. Pengujian *Slump Test*

Dalam penelitian ini dilakukan pengukuran nilai *slump test* dan nilai *slump test* yang direncanakan adalah sebesar 30 mm - 60 mm.

#### c. Proses Pencetakan Benda Uji

Setelah mendapatkan nilai *slump test*, maka beton segar dapat dimasukkan kedalam cetakan silinder berdiameter 15 cm dengan tinggi 30 cm dan cetakan berbentuk balok dengan dimensi ukuran 60 cm × 15 cm × 15 cm. cetakan beton dидiamkan selama ± 24 jam diatas permukaan yang datar.

#### d. Identifikasi Benda Uji

Benda uji yang telah kering dan dilepaskan dari cetakan diberi kode sesuai dengan variasi dan umur yang ditentukan.

### 6. Perawatan benda uji

Benda uji dikeluarkan dari cetakan silinder lalu dilakukan perawatan dengan perendaman benda uji di dalam bak air sampai waktu pengujian beton. Perendaman benda uji mengacu pada SNI 2493-2011. Tujuan perendaman ini adalah sebagai berikut:

- Memperbesar kemungkinan tercapainya kekuatan beton yang disyaratkan dengan cara menstabilkan hidrasi semen.
- Mencegah terjadinya retak pada permukaan beton akibat penguapan air pada beton yang masih muda.

## 7. Pengujian sifat mekanis beton

### a. Kuat Tekan Beton

Pengujian dilakukan untuk mendapatkan nilai beban maksimal yang diterima beton setelah melalui proses perawatan dengan umur yang telah ditentukan. Pengujian ini dilaksanakan dengan mengacu pada SNI 1974 : 2011.

### b. Kuat Tarik Belah Beton

Pengujian ini dilakukan saat beton telah mencapai umur 28 untuk mengetahui nilai kuat tarik maksimal beton dapat diterima. Pengujian ini dilaksanakan dengan mengacu pada SNI 2491: 2014.

### c. Kuat Lentur Beton

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kapabilitas balok saat balok diberikan gaya tegak lurus untuk mencapai nilai maksimumnya hingga balok menjadi patah dan dinyatakan dalam Mega Pascal (MPa).



Gambar 5. Hasil uji Kuat Tekan Beton



Gambar 6. Hasil uji Kuat Tarik Belah Beton



Gambar 7. Hasil uji Kuat Lentur Beton

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Trial Mix

Dalam penelitian ini pengujian trial mix dilakukan dengan durasi 3 hari dengan nilai mutu yang direncanakan  $f'c = 25$  MPa. Berikut hasil trial mix dengan durasi umur 3 hari:

Tabel. 2 hasil *trial mix* beton pada durasi 3 hari

Kode	Umur (Hari)	Kuat Tekan Beton (Mpa)	Rerata Kuat Tekan Baton (Mpa)
I	3	25,478	25.477
II	3	24,062	
III	3	26,893	

Dari tabel diatas menunjukkan bahwa beton telah mencapai kuat tekan yang direncanakan yaitu 25 MPa, maka penelitian dapat dilanjutkan ketahap pembuatan benda uji.

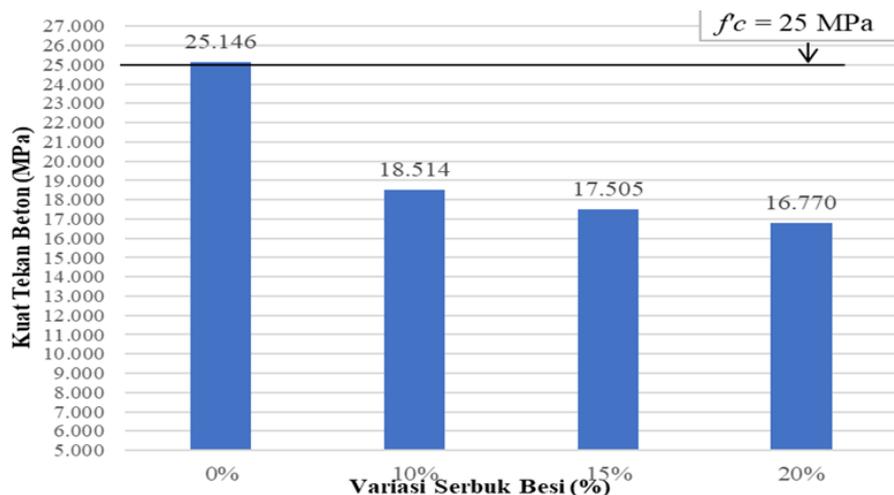
## 2. Pengujian Kuat Tekan Beton

Adapun hasil pengujian kuat tekan yang telah dilakukan maka diperoleh nilai kuat tekan sebagai berikut:

Tabel. 3 hasil perhitungan kuat tekan pada setiap variasi dan umur beton

Variasi serbuk besi	Umur (hari)	Nilai kuat tekan (MPa)	Rerata kuat tekan (MPa)	Persentase penurunan (%)	Persentase kenaikan (%)
0%	7	25,115	25,146	-	0,58
	21	25,130			
	28	25,195			
10%	7	17,421	18,514	25,94	-
	21	18,872			
	28	19,250			
15%	7	16,840	17,505	29,98	-
	21	17,084			
	28	18,589			
20%	7	15,679	16,770	32,92	-
	21	16,985			
	28	17,646			

Adapun grafik yang diperoleh dari perhitungan nilai kuat tekan dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 8. Hasil Kuat Tekan Beton Pada Umur 28 Hari (Mpa)

Dari Tabel. 3 dan Gambar. 8 menunjukkan bahwa penggunaan serbuk besi dengan variasi 10%, 15%, dan 20% serta aktivator mengalami penurunan. Dengan nilai kuat tekan rata-rata pada variasi serbuk besi 10% dan aktivator sebesar 18,514 Mpa atau turun sebesar 25,94%, variasi serbuk besi 15% dengan aktivator sebesar 17,505 Mpa atau turun sebesar 29,98% serta variasi serbuk besi 20% dan aktivator sebesar 16,770 Mpa atau turun sebesar 32,92%.

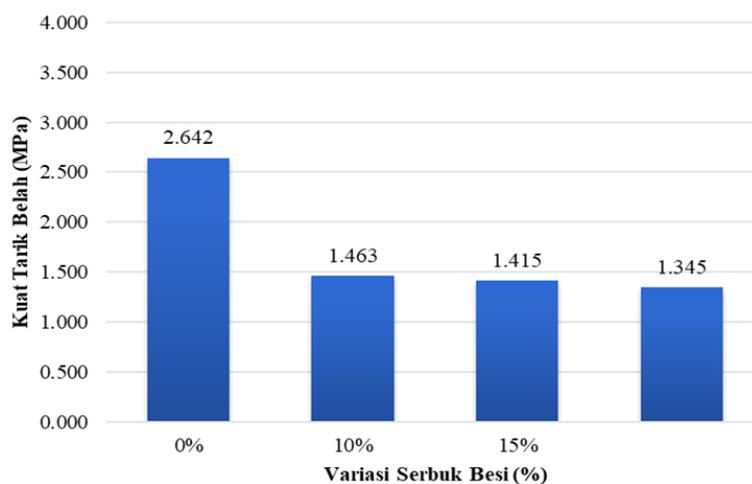
## 3. Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Adapun hasil pengujian kuat tekan yang telah dilakukan maka diperoleh nilai kuat tarik belah sebagai berikut:

Tabel. 4 Hasil Perhitungan Kuat Tarik Belah

Variasi serbuk besi	Beban maks. (P)		Kuat tarik belah (MPa)	Kuat tarik belah aktual rata-rata (MPa)
	(kN)	(N)		
0%	190	190000	2,689	2,642
	170	170000	2,406	
	200	200000	2,831	
10%	115	115000	1,628	1,463
	90	90000	1,274	
	105	105000	1,486	
15%	105	105000	1,486	1,415
	100	100000	1,415	
	100	95000	1,345	
20%	100	100000	1,415	1,345
	90	90000	1,274	
	95	95000	1,345	

Adapun grafik yang diperoleh dari perhitungan nilai kuat tarik belah dapat dilihat sebagai berikut Dari



Gambar 9. Hasil Kuat Tarik Belah

Gambar 9. Menunjukkan bahwa kuat tarik belah berbanding terbalik, dimana nilai kuat tarik serbuk besi dengan variasi 10% dan aktivator sebesar 1,463 MPa, serbuk 15% sebesar 1,415 MPa dan pada variasi 20% sebesar 1,345 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa semakin banyak jumlah penggunaan variasi serbuk besi pada beton dapat menurunkan kuat tarik belah beton.

#### 4. Pengujian Kuat Lentur Beton

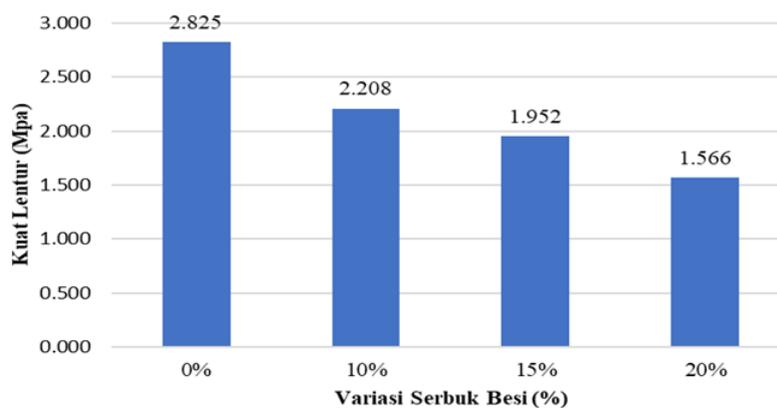
Adapun hasil pengujian kuat tekan yang telah dilakukan maka diperoleh nilai kuat lentur sebagai berikut :

Tabel. 5 Hasil Perhitungan Kuat Lentur Beton

Variasi serbuk besi	Beban maks. (P)		Kuat Lentur Aktual (MPa)	Kuat Lentur aktual rata-rata (MPa)
	(ton)	(kN)		
0%	1,9	18639	2,872	2,771

	1,6	15696	2,418	
	2	19620	3,023	
10%	0,8	7848	1,209	
	1,9	18639	2,872	2,166
	1,6	15696	2,418	
15%	0,9	5886	0,907	
	1,5	14715	2,267	1,915
	0,8	16677	2,569	
20%	0,9	8829	1,360	
	1,5	14715	2,267	1,612
	0,8	7848	1,209	

Adapun grafik yang diperoleh dari perhitungan nilai kuat lentur dapat dilihat sebagai berikut



Gambar 10. Hasil Perhitungan Kuat Lentur Beton

Dari Gambar 10. Menunjukkan bahwa hasil yang diperoleh berbanding terbalik, dimana semakin banyak jumlah penggunaan serbuk besi dengan aktivator pada beton dapat menurunkan nilai kuat lentur pada beton. Pada beton normal didapat nilai kuat lentur sebesar 2,825 MPa sedangkan nilai kuat lentur dengan serbuk besi pada variasi 10% sebesar 2,208 MPa, serbuk besi variasi 15% sebesar 1,952 MPa dan variasi 20% sebesar 1,566 MPa.

## 5. Hubungan Antara Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Belah

Tabel. 6 Persentase Hubungan Antara Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Belah (%)

Variasi serbuk besi	$f'c$ (MPa)	$ft$ (MPa)	Persentase hubungan (%)
0%	25,195	2,642	10,487
10%	19,250	1,463	7,598
15%	18,589	1,415	7,614
20%	17,646	1,345	7,620

Sehingga didapatkan persentase pada persentase hubungan antara kuat tekan dengan kuat tarik belah, pada serbuk besi 0% sebesar 10,487%, serbuk besi 10% sebesar 7,598%, serbuk besi 15% sebesar 7,614% dan pada serbuk 20% sebesar 7,620 dari nilai kuat tekan.

## 6. Hubungan Antara Kuat Tekan Dan Kuat Lentur

Tabel. 7 Persentase Hubungan Antara Kuat Tekan Dengan Kuat Lentur (%)

Variasi serbuk besi	$f'c$ (MPa)	$f_r$ (MPa)	Koefisien kolerasi
0%	25,195	2,771	0,55
10%	19,250	2,166	0,49
15%	18,589	1,915	0,44
20%	17,646	1,612	0,38

Sehingga diperoleh hasil pada serbuk besi nilai kuat lentur  $0,55\sqrt{f'c}$  dari nilai kuat tekan, serbuk besi 10% nilai kuat lentur  $0,49\sqrt{f'c}$  dari nilai kuat tekan, serbuk besi 15% nilai kuat lentur  $0,44\sqrt{f'c}$  dari nilai kuat tekan dan pada serbuk besi 20% nilai kuat lentur  $0,38\sqrt{f'c}$  dari nilai kuat tekan.

## KESIMPULAN

Penggunaan substitusi serbuk besi dan aktivator berupa natrium silika serta natrium hidroksida mengalami penurunan, dimana pada variasi serbuk besi 0%, 10%, 15%, 20% diperoleh kuat tekan sebesar 25,146 MPa, 18,514 MPa, 17,505 MPa, 16,770 MPa. Pada hasil nilai kuat tarik belah dan kuat lentur terjadi penurunan, dimana semakin banyak penggunaan serbuk besi yang digunakan maka semakin besar penurunannya. Hal ini disebabkan oleh faktor kurangnya kemampuan daya serap serbuk besi serta lemahnya daya ikat yang dihasilkan dari natrium silika serta natrium hidroksida sehingga beton tidak mengikat secara sempurna.

Untuk hubungan kuat tekan dengan kuat tarik belah menunjukkan bahwa berbanding terbalik dengan bertambahnya persentase variasi serbuk besi tetapi memenuhi dilihat dari referensi menyatakan kisaran 7%-11%. Pada hubungan kuat tekan dengan kuat lentur menunjukkan bahwa hubungan antara kuat tekan dan kuat lentur terjadi penurunan koefisien korelasi kuat lentur beton terhadap kuat tekan beton.

## DAFTAR PUSTAKA:

- [1] P. Setiyawan, D. S. Adhy, and R. Ahyar, "Karakteristik Kuat Tekan Campuran Beton Dengan Tambahan Serat Tembaga dan Serbuk Besi," vol. 26, no. 2, pp. 72–79, 2021, <http://jurnal.unissula.ac.id/index.php/jss/article/view/18638>
- [2] Erlina, M. R. Iskandar, and N. A. Pohan, "Pengaruh Penambahan Limbah Bubut Besi Terhadap Kuat Tekan Beton," vol. IV, no. 2, pp. 1–16, 2022, <https://jurnal.ucy.ac.id/index.php/CivETech/article/view/1293>
- [3] A. Yunanda, R. Imani, and R. Nasmirayanti, "Kuat Tekan Beton Dengan Substitusi Parsial Sisa Bubut Besi Sebagai Agregat Halus," vol. 4, no. 2, 2022, <https://jurnal.pnj.ac.id/index.php/cmj/article/view/4710>
- [4] Darma Adi S, Farizka Rahman N, and Han Ay Lie, "Studi Experimental Pengaruh Perbedaan Molaritas Aktivator Pada Perilaku Beton Geopolimer Berbahan Dasar Fly Ash," vol. 7, pp. 89–98, 2018, <http://ejournal-s1.undip.ac.id/>
- [5] N. L. Gandina and Y. D. Setiyarto, "Studi Eksperimental Beton Geopolimer Dengan Memanfaatkan Fly

*Ash Sebagai Penganti Semen Dan Serat Mat Sebagai Aditif*,” vol. 1, no. April, pp. 26–36, 2020, <https://ojs.unikom.ac.id/index.php/crane/article/view/4181>

- [6] Arifah Hidayah Pulungan, Fauzi, and K. Sembiring, “*Pembuatan Dan Karakterisasi Beton Polimer Dengan Menggunakan Campuran Batu Apung Dan Agregat Pasir Serta Tepung Ketan Dengan Perekat Poliester*,” no. 1, pp. 1–7, 2015, <https://www.neliti.com/publications/221219/pembuatan-polimer-dengan-menggunakan-campuran-batu-apung>
- [7] I. Saputra, Rosalina, and C. Yusnar, “*Substitusi Parsial Agregat Halus Dengan Serbuk Besi Pada Campuran Laston AC-WC*,” 2021, <http://e-jurnal.pnl.ac.id/JSST/article/view/2381>
- [8] F. A. Khamudillah, D. Suhendar, and A. Supriadin, “*Sintesis dan Karakterisasi Pigmen Merah Besi (III) Oksida dari Serbuk Besi Limbah Bubut Logam*,” *al-Kimiya*, vol. 4, no. 1, pp. 45–50, 2019, <https://journal.uinsgd.ac.id/index.php/ak/article/view/5083>
- [9] S. Bahri, “*Pemanfaatan Limbah Serbuk Besi Sebagai Agregat Halus Pada Campuran Aspal Panas*,” *Inersia, J. Tek. Sipil*, vol. 9, no. 2, pp. 39–46, 2019, <https://ejournal.unib.ac.id/inersiajurnal/article/view/6645>
- [10] S. Fansuri and A. Intan Nura Diana, “*Pengaruh Kuat Tekan Beton Dengan Menggunakan Limbah Serbuk Sebagai Admixture Agregat Halus*,” no. May, 2020, <http://ejournalwiraraja.com/index.php/FT/article/view/918>
- [11] H. Purwanto and U. C. Wardani, “*Pengaruh Penambahan Serbuk Besi Terhadap Kuat Tekan Beton Mutu K225*,” vol. 5, pp. 103–112, 2020, <https://jurnal.univpgri-palembang.ac.id/index.php/deformasi/article/view/5039>