



PENGARUH PENAMBAHAN SERBUK BESI TERHADAP KUAT TEKAN BETON MUTU K225

Herri Purwanto^{1*}, Utari Cakra Wardani²

¹²Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas PGRI Palembang

*Corresponding Author, Email : irwanto1969@gmail.com

ABSTRAK

Desa Limbang Jaya merupakan salah satu sentra pengrajin besi di Kabupaten Ogan Ilir yang menghasilkan limbah serbuk besi yang tidak dimanfaatkan. Dengan semakin berkembangnya teknologi beton, semakin banyak pula inovasi untuk meningkatkan mutu beton, salah satunya adalah dengan memasukkan sebagian bahan pengganti (substitusi) kedalam campuran penyusun beton, yang dapat berupa bahan limbah yang tidak terpakai dan di antaranya adalah serbuk besi yang dihasilkan dari Desa Limbang Jaya. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar pengaruh penambahan limbah serbuk besi sebagai bahan campuran beton terhadap mutu beton rencana K225 (umur 14 hari dan 28 hari), dengan variasi campuran 0%, 5%, 10%, dan 15%. Hasil uji kuat tekan beton polos diperoleh sebesar 241,17 kg/cm². Dan dengan penambahan serbuk besi sebesar 5%, 10% dan 15% didapat hasil kuat tekan 218,50 kg/cm², 217,59 kg/cm² dan 216,63 kg/cm². Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa penambahan limbah serbuk besi dari Desa Limbang Jaya dengan variasi 5% sampai 15% menunjukkan nilai yang semakin menurun, sehingga perlu dilakukan penelitian lagi dengan variasi di bawah 5%.

Kata Kunci : Limbang Jaya, Serbuk Besi, Beton Mutu K225, Kuat Tekan

PENDAHULUAN

Saat ini perkembangan infrastruktur di Indonesia sangat pesat, dan seiring pembangunan infrastruktur yang terus meningkat, maka perkembangan teknologi pada material bangunan juga ikut meningkat terutama pada konstruksi beton. Sebagai bahan konstruksi, beton paling umum digunakan, baik untuk konstruksi dengan skala besar dan rumit, maupun bangunan kecil dengan bentuk yang lebih sederhana. Keunggulan beton yaitu kemampuannya dalam menahan gaya tekan yang tinggi, dapat dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi, tahan terhadap api dan perubahan cuaca, harga yang relatif murah karena menggunakan bahan lokal yang mudah didapat, serta perawatannya yang relatif mudah dan murah.

Dengan semakin berkembangnya teknologi beton, semakin banyak pula inovasi untuk meningkatkan mutu beton, dan salah satu inovasi tersebut adalah dengan memasukkan sebagian bahan pengganti (substitusi) ke dalam campuran penyusun beton. Bahan pengganti dapat berupa bahan limbah yang tidak terpakai dan bisa dimanfaatkan dalam campuran beton. Menurut Agus Setiawan (2016), fungsi dari bahan pengganti campuran beton adalah untuk memodifikasi sifat-sifat dan karakteristik beton itu sendiri diantaranya adalah untuk memudahkan pengerjaan (*workability*), *durability*, penghematan biaya dan waktu pengerasan beton

Desa Limbang Jaya yang berada di Kecamatan Tanjung Batu Kabupaten Ogan Ilir adalah salah satu desa yang mayoritas penduduknya yang berpenghasilan sebagai

pengrajin besi seperti membuat pisau, parang, celurit, pedang dan sebagainya. Dari hasil kerajinan tersebut menghasilkan serbuk sisa-sisa potongan dari besi yang tidak digunakan lagi dan menjadi limbah yang tidak terpakai.

Dengan memanfaatkan limbah serbuk besi tersebut, penelitian ini dilakukan yaitu dengan menambahkan limbah serbuk besi dengan komposisi 5%, 10% dan 15% ke dalam campuran beton normal, dimana hal ini dimaksudkan untuk mengetahui pengaruh penambahan limbah serbuk besi tersebut terhadap mutu beton K225

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar pengaruh penambahan limbah serbuk besi sebagai bahan campuran beton terhadap mutu beton rencana K225 (umur beton 14 hari dan 28 hari), dengan dengan variasi campuran 0%, 5%, 10%, dan 15%.

TINJAUAN PUSTAKA

Menurut Agus Setiawan (2016), beton merupakan suatu material untuk konstruksi yang didapat dari campuran semen, pasir, dan koral atau batu pecah, serta air. Dan dengan tujuan untuk memperbaiki sifat-sifat beton, beberapa bahan tambahan dicampur ke dalam komponen beton tersebut, yang diharapkan dapat meningkatkan *workability*, *durability*, serta waktu pengerasan beton. Dan seiring dengan bertambahnya waktu tersebut campuran beton akan menjadi keras seperti batuan, dan akan memiliki kuat tekan yang tinggi tetapi kuat tariknya rendah.

Kajian Terdahulu

Fansuri, S., & Nura, A. I. (2020) di dalam penelitiannya menyatakan diketahui bahwa terdapat pengaruh yang cukup signifikan dengan adanya penambahan serbuk besi, namun penambahan serbuk besi yang terlalu berlebihan juga dapat mengurangi kekuatan beton itu sendiri. Penggunaan serbuk besi yang baik adalah pada variasi 10% - 30% dengan kuat tekan beton karakteristik optimum 21,42 N/mm² dan pengaruh sebesar 26% - 60%.

Kurniati, A. (2020) menyimpulkan bahwa : 1). Pengaruh penambahan serbuk besi sebanyak 2,5% sudah cukup untuk menutupi rongga yang kurang bisa dipenuhi oleh pasir dan masih terbaluri sempurna oleh semen, sedangkan pada variasi campuran 5% dan 10% penambahan terlalu banyak dan menyebabkan turunnya kuat tekan; 2). Persentase penambahan serbuk besi menyebabkan terjadinya kenaikan berat jenis beton mulai dari campuran 0%, 2,5%, 5%, 10% yaitu, 2419 kg/m³, 2424 kg/m³, 2449 kg/m³, 2501 Kg/m³; 3). Nilai kuat tekan yang paling bagus adalah pada variasi campuran serbuk besi 2,5% karena terjadi kenaikan kuat tekan sebesar 6,6%.

Paryati, N. (2015), di dalam penelitiannya menyampaikan bahwa serbuk besi dan baja penggunaannya paling optimal yaitu 25% dengan $\sigma_k = 121,9823 \text{ kg/cm}^2$. Dan dalam penelitiannya mengalami kendala antara lain : 1) kesalahan pemilihan permukaan yang ditekan, di mana permukaan bidang yang tidak rata, sehingga kuat tekan beton yang dihasilkan menjadi rendah; 2) korosi antar butir agregat, yang mengakibatkan kuat tekan beton rendah; 3) timbulnya gelembung air dan adanya segregasi (pemisahan butir), menyebabkan berkurangnya kuat tekan beton.

Sifat Beton

Menurut Kardiyono Tjokrodinuljo (2007), beton bersifat getas, sehingga mempunyai kuat tekan tinggi namun kuat tariknya rendah. Kuat tekan beton biasanya berhubungan dengan sifat-sifat lain, maksudnya bila kuat tekannya tinggi, umumnya sifat-sifat yang lainnya juga baik.

Kelebihan dan Kekurangan Beton

Menurut Agus Setiawan tahun (2016) terdapat beberapa keuntungan dan kerugian dalam penggunaan material beton antara lain:

- a) Keuntungan penggunaan beton adalah memiliki kuat tekan yang tinggi, memiliki ketahanan terhadap api yang lebih baik dibandingkan material baja, membentuk struktur yang sangat kaku, memiliki umur layan yang panjang dengan biaya perawatan yang rendah, dapat dicetak dengan berbagai penampang, tidak terlalu membutuhkan tenaga kerja dengan keterampilan yang tinggi.
- b) Kerugian penggunaan beton yaitu 1) memiliki kuat tarik yang rendah, 2) agar dapat menjadi suatu elemen struktur, material penyusun beton perlu dicampur, dicetak dan setelah itu diperlukan perawatan untuk mencapai kuat tekannya, 3) biaya pembuatan cetakan beton cukup tinggi, 4) adanya retakan pada beton akibat susut beton dan beban hidup yang bekerja, 5) mutu beton sangat tergantung pada proses pencampuran material maupun proses pencetakan beton tersebut

Bahan Pembuatan Beton

Komponen beton terdiri dari :

- a. Semen.
Semen Portland adalah material berbentuk bubuk abu-abu dan banyak mengandung kalsium dan alumunium silika. Bahan dasar pembuat semen sebenarnya adalah batu kapur yang mengandung CaO , serta lempung atau tanah liat yang banyak mengandung SiO_2 dan Al_2O_3 . (Agus Setiawan, 2016).
- b. Agregat
Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton. Agregat menempati kurang lebih 70% dari volume beton. Walaupun namanya hanya bahan pengisi, akan tetapi agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat betonnya, sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian penting dalam pembuatan beton. Menurut Edwar G. Nawy (dalam Amiwarti, A., & Mahipal, M., 2019), berdasarkan standar SK SNI-5-04-1989-E, agregat yaitu bahan baku beton yang berupa pasir, kerikil atau batu pecah dan beberapa kombinasi dari bahan itu. Agregat merupakan komponen beton yang paling berperan dalam menentukan besarnya
- c. Air
Air diperlukan pada pembuatan beton untuk memicu proses kimiawi semen, membasahi agregat dan memberikan kemudahan dalam pengerjaan beton. Air yang dapat diminum umumnya dapat digunakan sebagai campuran beton.

Serbuk besi

Menurut Daryus, A.(dalam Bahri, S., & Irawan, D. A. S, 2010), serbuk besi adalah hasil dari sisa potongan atau sisa pembubutan besi tuang yang merupakan hasil pemakaian di industri. Ada tiga jenis besi tuang yang banyak digunakan yaitu besi tuang kelabu (*grey cast iron*), besi tuang ulet atau besi tuang nodular (*nodular cast iron*), dan besi tuang putih (*white cast iron*), ketiga jenis besi tuang ini mempunyai komposisi kimia yang hampir sama. Pemakaian besi industri menghasilkan limbah buangan berupa serbuk besi yang merupakan hasil langsung dari sisa pembubutan dan pemotongan besi.

Secara umum serbuk besi mengandung kimia (Bahri, S., & Irawan, D. A. S, 2010) seperti tertera dalam tabel berikut :

Tabel 1. Kandungan Kimia Serbuk Besi

Kandungan Kimia	Persentase (%)
Silikon (Si)	1-3
Carbon (C)	2-4
Mangan (Mn)	0,8
Fospor (P)	0.1
Sulfur (S)	0.05
Besi (Fe)	Sisa

Kuat Tekan Beton

Dalam SK SNI M-14-1989 E dijelaskan pengertian kuat tekan beton yakni besarnya beban per satuan luas yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan. Menurut Mulyono (dalam Adiguna, A, 2019). kuat tekan beton mengidentifikasi mutu sebuah struktur di mana semakin tinggi tingkat kekuatan struktur yang dikehendaki, maka semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan. Faktor yang dapat mempengaruhi mutu kekuatan beton yaitu 1). Proporsi bahan penyusun; 2) Metode pencampuran; 3) Perawatan; 4) Keadaan pada saat pengecoran.

Sifat dan karakteristik material penyusun beton akan mempengaruhi kinerja beton yang dibuat, dimana beton yang dibuat harus disesuaikan dengan kelas dan mutu beton (Mulyono, 2004). Menurut SNI-03-1974-1990 (dalam Hamdi, H., Dafrimon, D., Harijadi, S., & Revias, R, 2019), beton dibagi dalam kelas dan mutu sebagai berikut :

Tabel 2. Kelas dan Mutu Beton

Kelas Beton	Mutu Beton	Kekuatan Tekan(Kg/cm ²)	Tujuan Pemakaian Beton
I	Bo	50 - 80	Non-Struktural
II	B1	100	Rumah Tinggal
	K125	125	Perumahan
	K175	175	Perumahan
	K225	225	Perumahan dan Bendungan
III	K > 225	> 225	Jembatan, Bangunan Tinggi, Terowongan Kereta Api

METODE PENELITIAN

Jenis Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan cara eksperimen beton normal dengan mutu beton K225 yang diberi limbah serbuk besi dengan variasi 0%, 5%, 10%, 15% dari volume agregat halus serta di uji kuat tekannya menggunakan benda uji berbentuk kubus ukuran 15 x 15 x 15 pada umur 14 dan 28 hari dengan benda uji 10 sampel untuk setiap campurannya

Tahapan Penelitian

Dalam hal ini akan dilakukan pemeriksaan agregat (kadar lumpur, berat jenis, kadar air, analisa saringan), selanjutnya dibuat sampel kubus yang diberi limbah serbuk besi dengan variasi 0%, 5%, 10%, 15% dari volume agregat halus. Tahapan selanjutnya dilakukan perawatan beton dengan cara perendaman benda uji mulai dari 24 jam sampai dengan waktu yang telah direncanakan. Tujuan perendaman beton adalah untuk mengetahui pengaruh perbedaan variasi lama perendaman terhadap kuat tekan benda uji beton setelah berumur 14 dan 28 hari. Dan setelah sampel beton cukup umur, dilakukan pengujian kuat tekan beton

Adapun material yang digunakan yaitu semen Baturaja tipe I, agregat halus berupa pasir dari Tanjung Raja Ogan Ilir, agregat kasar berupa batu pecah dari Lahat, air dari PDAM Tirtamusi Palembang dan limbah serbuk besi dari Desa Limbang Jaya Tanjung Batu Ogan Ilir

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemeriksaan Agregat Halus

Tabel 3. Pemeriksaan Sand Equivalent Value (Kadar Lumpur)

Description	Unit	Test I	Test II
Pouring material	Time	12.26	12.30
Shaking material + 10 Minutes	Time	12.36	12.40
Placing after rinsing material	Time	12.38	12.42
Reading + 20 Minutes	Time	12.58	13.02
Measured Results			
Height of clay h1	Mm	35	36
Height of sand by piston h2	Mm	34	35
Silt content $h1/h2 \times 100$	%	97,14	97,22
Average		97,18	

Tabel 4. Moisture content Test (Kadar Air)

Description	Unit	Test I	Test II
Weight of cont + wet spl	Gr	1482.6	1113.6
Weight of cont + dry spl	Gr	1402.0	1046.4
Weight of water N-O	Gr	75.6	67
Weight of container	Gr	133.6	133.6
Weight dry spl O-Q	Gr	1273.4	913
W% $P/R \times 100$	gr	5.93	7.33

Tabel 5. Pemeriksaan *Bulk Density* pada Agregat Halus
Flowing

Description	Unit	Test
Weight of container A	Gr	2233.4
Weight of spl + container B	Gr	5669.2
Weight of sample C = B-A	Gr	3435.8
Volume of container D	Gr	2560
Unit weight E = C / D	Gr	1.34

Rodding

Description	Unit	Test
Weight of container A	Gr	2233.4
Weight of spl + container B	Gr	5936.8
Weight of sample C = B-A	Gr	3703.4
Volume of container D	Gr	2560
Unit weight E = C / D	Gr	1.44

Tabel 6. Pemeriksaan Saringan Agregat Halus

Inch	Mm	Weight retained gr	Acumul retained gr	Acumul retained %	Passing %
3/8	9.5 mm	0.1	0.1	0.06	99.94
1/4	6.3 mm	6.4	7.4	0.46	99.54
4	4.75 mm	2.4	9.8	0.62	99.38
8	2.36 mm	22.8	32.6	2.06	97.94
16	1.18 mm	131.4	164	10.38	89.62
30	0.60 mm	672.4	836.4	52.97	47.03
50	0.30 mm	529.6	1366	86.52	13.48
100	0.15 mm	188.8	1554.8	98.47	1.53
200	0.075 mm	0.2	1555	98.49	1.51
Pan	-	23.8	1578.8		

Tabel 7. Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus

Description	Unit	Test
Weight of s.s.d condition	Gr	500.0
Weight of dry sample in air A	Gr	499.0
Weight of pycn + water B	Gr	651.0
Weight of pycn + spl + water C	Gr	952.6
Bulk sp Gravity A / B + 500-C	Gr/cc	2.51
Bulk sp.gr s.s.d basic 500/B + 500 -C	Gr/cc	2.52
Apparent sp Grabity A/ B+A-C	Gr/cc	2.52
Absorption 500-A/A x 100	%	0.20

Pemeriksaan Agregat Kasar

Tabel 8. Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar

Descripti		Unit	Test
Weight of dry sample in air	A	Gr	1755.6
Weight of spl s.s.d basic	B	Gr	1815.2
Weight of saturated spl in water	C	Gr	1118
Bulk sp. Gravity	A/B-C	Gr/cc	2.51
Bulk sp.gr s.s.d basic	B/B-C	Gr/cc	2.60
Apparent sp Gravity	A/A-C	Gr/cc	2.75
Absorption	$B-A/A \times 100$	%	3.39

Tabel 9. Pemeriksaan *Bulk Density* Agregat Kasar

Flowing

Description		Unit	Test
Weight of container	A	Gr	2233.4
Weight of spl + container	B	Gr	5663.0
Weight of sample	$C = B-A$	Gr	3429.6
Volume of container	D	Gr	2560
Unit weight	$E = C / D$	Gr	1.33

Rodding

Description		Unit	Test
Weight of container	A	Gr	2233.4
Weight of spl + container	B	Gr	6132.4
Weight of sample	$C = B-A$	Gr	2899.2
Volume of container	D	Gr	2560
Unit weight	$E = C / D$	Gr	1.52

Tabel 10. Pemeriksaan Saringan split

Inch	Mm	Weight retained gr	Acumul retained gr	Acumul retained %	Passing %
1	25.0 mm	351.8	351.8	17.78	82.22
3/4	19.0 mm	458.2	810	40.95	59.05
1/2	12.5 mm	857.2	1667.2	84.30	15.7
3/8	9.5 mm	192.8	1860	94.05	5.95
1/4	6.3 mm	63.0	1923	97.23	2.77
4	4.75 mm	6.4	1929.4	97.56	2.44
8	2.36 mm	3.8	1933.2	97.75	2.25
16	1.18 mm	0.6	1933.8	97.78	2.22
30	0.60 mm	0.4	1934.2	97.80	2.2
50	0.30 mm	0.2	1934.4	97.81	2.19
100	0.15 mm	-	-	-	-
Pan		43.2	1977.6		

Pengujian Kuat Tekan

Tabel 11. Hasil. Pengujian Kuat Tekan Beton. Normal

No	Umur (hari)	Berat (gr)	Beban (kn)	Beban (kg)	Luas (cm ²)	Kuat tekan beton (kg/cm ²)	∑ rata-rata (kg/cm ²)
1	14	7400	460	46.920	225	208.53	213.51
2		7800	475	48.450	225	215.33	
3		7800	465	47.430	225	210.80	
4		7400	475	47.940	225	215.33	
5		7600	480	48.960	225	217.60	
6	28	7800	520	53.040	225	235.73	241.17
7		7900	535	54.570	225	242.53	
8		7700	515	52.530	225	233.46	
9		7600	550	56.100	225	249.33	
10		7800	540	55.080	225	244.80	

Tabel 12. Hasil Uji Kuat Tekan Beton Penambahan Serbuk Besi 5%

No	Umur (hari)	Berat (gr)	Beban (kn)	Beban (kg)	Luas (cm ²)	Kuat tekan beton (kg/cm ²)	∑ rata-rata (kg/cm ²)
1	14	7800	410	41.820	225	185.86	187.67
2		7800	415	42.330	225	188.13	
3		8000	420	42.840	225	190.40	
4		7900	400	40.800	225	181.33	
5		7800	425	43.350	225	192.67	
6	28	8000	495	50.490	225	224.40	218.50
7		8200	485	48.960	225	219.86	
8		8000	460	46.920	225	208.53	
9		8200	480	48.960	225	217.60	
10		8100	490	49.980	225	222.13	

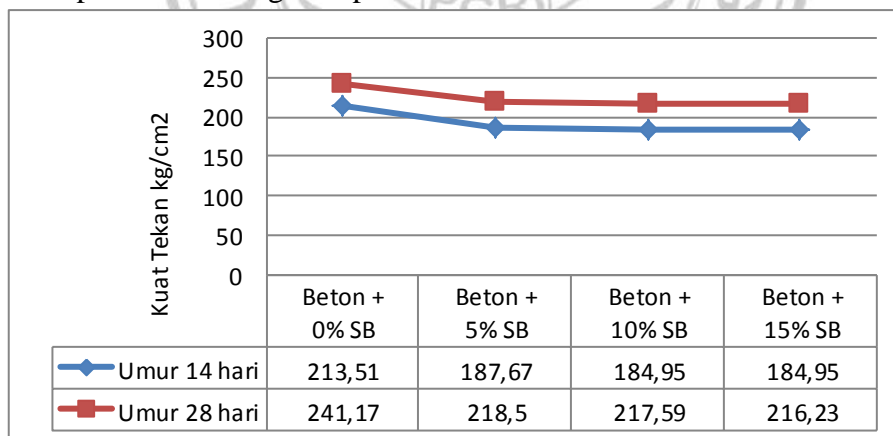
Tabel 13. Hasil Uji Kuat Tekan Beton Penambahan Serbuk Besi 10%

No	Umur (hari)	Berat (gr)	Beban (kn)	Beban (kg)	Luas (cm ²)	Kuat tekan beton (kg/cm ²)	∑ rata-rata (kg/cm ²)
1	14	8000	410	41.820	225	185.86	184.95
2		8200	400	40.800	225	181.33	
3		8000	415	42.330	225	188.13	
4		8100	400	40.800	225	181.33	
5		8200	415	42.330	225	188.13	
6	28	8200	495	50.490	225	224.40	217.59
7		8200	460	49.980	225	208.53	
8		8000	475	47.940	225	213.59	
9		8200	485	49.470	225	219.86	
10		8200	490	49.980	225	222.13	

Tabel 13. Hasil Uji Kuat Tekan Beton Penambahan Serbuk Besi 15%

No	Umur (hari)	Berat (gr)	Beban (kn)	Beban (kg)	Luas (cm ²)	Kuat tekan beton (kg/cm ²)	Σ rata-rata (kg/cm ²)
1	14	8200	400	40.800	225	181.33	184.95
2		8000	410	41.820	225	185.86	
3		8100	420	42.840	225	190.40	
4		8200	400	40.800	225	181.33	
5		8200	410	41.820	225	185.86	
6	28	8200	480	48.960	225	217.60	216.23
7		8200	495	50.490	225	224.40	
8		8100	465	48.430	225	210.80	
9		8200	475	48.450	225	215.33	
10		8000	470	47.940	225	213.06	

Kuat tekan yang diperoleh dari hasil pengujian sebagaimana pada tabel-tabel diatas menunjukkan hasil yang menurun di setiap penambahan serbuk besi nya. Di mana pada beton normal diperoleh rata-rata kuat tekan beton di umur 14 hari yaitu 213,51 kg/cm² dan di umur 28 hari 241,17 kg/cm². Pada campuran beton dengan penambahan 5% serbuk besi diperoleh rata-rata kuat tekan beton di umur 14 hari yaitu 187,67 kg/cm² dan di umur 28 hari 218,50 kg/cm². Pada campuran beton dengan penambahan 10% serbuk besi diperoleh rata-rata kuat tekan beton di umur 14 hari yaitu 184,95 kg/cm² dan di umur 28 hari 217,59 kg/cm². Pada campuran beton dengan penambahan 15% serbuk besi diperoleh rata-rata kuat tekan beton di umur 14 hari yaitu 184,95 kg/cm² dan di umur 28 hari 216,23 kg/cm². Hasil ini ditampilkan melalui grafik pada Gambar 1 berikut



Gambar 1. Grafik Hubungan Kuat Tekan Beton dengan Penambahan Serbuk Besi

Dari grafik diatas dapat dilihat terjadi penurunan kuat tekan beton seiring dengan bertambahnya serbuk besi dari 5% sampai 15%, sehingga dengan semakin bertambahnya serbuk besi dalam campuran beton maka mutu beton akan semakin menurun. Dan hal ini perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan penambahan serbuk besi dibawah 5%

KESIMPULAN

Dari hasil uji kuat tekan beton dengan penambahan serbuk besi dari Desa Limbang Jaya dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Kuat tekan beton normal pada umur 28 hari sebesar 241,17 kg/cm² dan melebihi mutu beton rencana sebesar 225 kg/cm²
2. Kuat tekan beton setelah penambahan serbuk besi 5%, 10% dan 15% adalah sebesar 218,5 kg/cm², 217,59 kg/cm² dan 21623 kg/cm²
3. Dari hasil uji kuat tekan beton tersebut terjadi penurunan di setiap penambahan campuran limbah serbuk besi terhadap beton normal, sehingga mutu beton semakin menurun dari mutu beton rencana K225
4. Perlu penelitian lebih lanjut dengan penambahan serbuk besi dibawah 5%

DAFTAR PUSTAKA

- Adiguna, A. (2019). *Desain Marka Jalan Dari Beton Dengan Replacement System*. Jurnal Deformasi, 4(1), 44-51.
- Amiwarti, A., & Mahipal, M. (2019). *Analisa Pengaruh Serbuk Kaca dan Abu Terbang Sebagai Bahan Pengganti Alternatif Terhadap Kuat Tekan Beton*. Jurnal Deformasi, 4(1), 1-11.
- Bahri, S., & Irawan, D. A. S. (2010). *Pengaruh Limbah Serbuk Besi Sebagai Pengganti Sejumlah Agregat Halus Terhadap Campuran Aspal*. Inersia, Jurnal Teknik Sipil, 1(2), 25-32.
- Fansuri, S., & Nura, A. I. (2020). *Pengaruh Kuat Tekan Beton Dengan Menggunakan Limbah Serbuk Besi Sebagai Admixture Agregat*. Jurnal Mitsu, Media Informasi Teknik Sipil. 8(1), 26-32
- Hamdi, H., Dafrimon, D., Harijadi, S., & Revias, R. (2019). *Pengaruh Penambahan Kawat Bendrat Galvanis pada Campuran Beton Terhadap Kuat Lentur Beton*. Jurnal Deformasi, 4(1), 30-43.
- Kurniati, A. (2020). *Pengaruh Pemakaian Limbah Serbuk Besi Sebagai Filler Terhadap Kuat Tekan $f_c'41,5$ Mpa*. Abstract of Undergraduate Research, Faculty of Civil and Planning Engineering, Bung Hatta University, 2(2), 1-2.
- Mulyono Tri (2004). *Teknologi Beton*. Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Paryati, N. (2015). *Kuat Tekan Beton Dengan Penambahan Serbuk Besi Dan Baja*. Bentang, 3(1).
- Setiawan Agus (2016). *Perancangan struktur beton bertulang berdasarkan SNI 2847: 2013*. Program Studi Teknik Sipil Universitas Pembangunan Jaya. Penerbit Erlangga.
- SK SNI M-14-1989-F, *Metode Pengujian Kuat Tekan Beton*, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Tjokrodimuljo Kardiyono (2007). *Teknologi Beton*. Biro Penerbitan Teknik Sipil dan Lingkungan Universitas Gadjah Mada.