



PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH BUBUT BESI TERHADAP KUAT TEKAN BETON

Oleh : Erlina¹, Muhammad Ryan Iskandar¹, Nazira Aulia Pohan²
e-mail : erlinahakuan@gmail.com, muhammad.ryan01@gmail.com,
Naziraaulia1@gmail.com

ABSTAK: Beton digunakan sebagai bahan baku konstruksi dalam proyek bangunan. Karakteristik yang dimiliki beton sangat dipengaruhi oleh bahan-bahan yang terkandung didalam campuran dan cara pengolahannya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kuat tekan beton dengan memanfaatkan limbah bubuk besi sebagai bahan tambahan sebesar 0% , 5% , 10%.

Penelitian dilakukan dengan membandingkan pengaruh kuat tekan, kuat lentur beton dengan serat limbah bubuk besi. Pengujian yang dilaksanakan di laboratorium selanjutnya dihitung dengan formula dan prosedur yang telah ditentukan untuk menentukan besarnya kuat tekan beton dan kuat lentur. Hasil pengujian dan perhitungan diperoleh nilai daya serap air berkisar 2,909% sampai 3,787% dan nilai berat jenis beton sebesar 2,29 gr/cm³ sampai 2,32 gr/cm³.

Hasil penelitian menunjukkan pengujian kuat tekan beton diketahui nilai kuat tekan beton normal sebesar 22,64 MPa, kuat tekan beton dengan 5% limbah bubuk besi sebesar 23,39 MPa dan kuat tekan beton dengan tambahan 10% limbah bubuk besi sebesar 26,41 MPa. Semakin besar persentase penambahan limbah bubuk besi, semakin besar juga kuat tekan beton tersebut.

Kata Kunci : Beton, Serat limbah bubuk besi, kuat tekan, kuat lentur

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang Masalah

Beton digunakan sebagai bahan baku konstruksi dalam proyek bangunan, gedung, rumah tinggal, apartemen, digunakan juga sebagai jalan raya, jembatan, *fly over*, bendungan tiang pancang dan berbagai pembangunan infrastruktur yang sedang marak saat ini.

Karakteristik yang dimiliki beton sangat dipengaruhi oleh bahan-bahan yang terkandung didalam campuran dan cara pengolahannya. Secara umum material beton yang digunakan pada konstruksi terdiri atas air, pasir (agregat halus) dan kerikil (agregat kasar) dan semen sebagai bahan pengikat, yang dicampur dengan perbandingan tertentu dan untuk menghasilkan kekuatan tertentu pula.

1) adalah staf pengajar Program Studi Teknik Sipil Universitas Cokroaminoto Yogyakarta

2) adalah mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Cokroaminoto Yogyakarta

Beton sendiri memiliki kelebihan dan kekurangan, kelebihan beton yaitu kekuatannya tinggi, mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan struktur, biaya pemeliharaan rendah, mempunyai kuat tekan yang tinggi dan lain sebagainya, sedangkan kekurangan beton yaitu, mempunyai berat jenis 2400 kg/cm². Kuat tarik kecil, dan menuntut ketelitian yang tinggi dalam pelaksanaannya.

Disetiap bengkel las bubut sering kita jumpai sisa bubut besi yang merupakan limbah dari hasil bubut besi. Sampai saat ini sisa limbah bubut belum dapat di maksimalkan secara optimal. Semakin pesatnya kemajuan di dunia pembangunan, banyak muncul inovasi dalam meningkatkan kualitas dan mutu terhadap beton. Sebagai contoh, penambahan bahan tertentu untuk meningkatkan kuat tekan beton.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang maka permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini adalah:

- 1) Adakah perbedaan kuat tekan beton antara campuran normal, campuran normal ditambah bubut besi sebesar 5% dari berat semen dan campuran normal ditambah bubut besi sebesar 10% dari berat semen?
- 2) Seberapa besar persentase perbedaan kuat tekan beton antara campuran normal, campuran normal ditambah bubut besi sebesar 5% dari berat semen dan campuran normal ditambah bubut besi sebesar 10% dari berat semen.
- 3) Apakah serat besi dapat difungsikan sebagai penambahan material dalam beton ?
- 4) Adakah perbedaan yang signifikan antara ketiga variasi campuran terhadap daya serap air?

1.3. Batasan Masalah

Dalam penyusunan penelitian ini, diberikan batasan – batasan sebagai berikut :

- 1) Perencanaan campuran menggunakan Standar Nasional Indonesia.
- 2) Bahan untuk agregat kasar berukuran 20 mm.
- 3) Reaksi kimia tidak dibahas dalam penelitian ini.
- 4) Ukuran panjang serat yang digunakan 60 mm.
- 5) Serat yang digunakan adalah limbah bubut besi.
- 6) Uji kuat tekan beton dilakukan pada umur dua puluh delapan hari.
- 7) Uji daya serap air dilakukan pada umur tujuh hari.

1.4. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah :

- 1) Untuk memanfaatkan limbah bubut besi terhadap kuat tekan beton.
- 2) Mengetahui besarnya kuat tekan beton dengan tambahan limbah bubut besi sebesar 0% , 5% , 10%.
- 3) Untuk mengetahui kualitas beton tanpa bahan tambahan dan beton dengan penambahan limbah bubut besi.
- 4) Untuk mengetahui nilai daya serap air terhadap ketiga variasi campuran.

2. Tinjauan Pustaka dan Landasan Teori

2.1. Tinjauan Pustaka

Sifat dari bahan beton, yaitu sangat kuat untuk menahan tekan, tetapi tidak kuat (lemah) untuk menahan tarik. Oleh karena itu, beton dapat mengalami retak jika beban yang dipikulnya menimbulkan tegangan tarik yang melebihi kuat tariknya (Asroni, 2010).

Penambahan serat banyak mengubah perilaku beton setelah retak misalnya terjadi peningkatan regangan tarik setelah beton runtuh, sehingga dihasilkan beton yang lebih keras dan beton yang tahan terhadap benturan (Salain, 2008 dalam Jaya, 2010). Peningkatan kekerasan beton banyak dipengaruhi oleh konsentrasi serat dan ketahanan serat terhadap cabutan yang terutama ditentukan oleh perbandingan aspek serat (perbandingan panjang/diameter) dan faktor lain seperti bentuk dan tekstur permukaan.

Tjokrodimuljo (1996) mendefinisikan beton serat (fiber concrete) sebagai bahan komposit yang terdiri dari beton biasa dan bahan lain yang berupa serat (batang-batang dengan diameter antara 5 dan 500 μm dengan panjang sekitar 2,5 mm sampai 10 mm). Penambahan serat pada beton dimaksudkan untuk memperbaiki kelemahan sifat yang dimiliki oleh beton yaitu memiliki kuat tarik yang rendah.

2.2. Landasan Teori

2.1.1 Daya Serap air

Daya serap air adalah persentase berat air yang mampu diserap oleh agregat jika direndam dalam air. Meningkatnya daya serap air disebabkan meningkatnya porositas beton semen akibat kelebihan air yang tidak bereaksi dengan semen. Air ini akan menguap atau tinggal didalam beton semen yang menyebabkan terjadinya pori-pori (capillary pores) pada pasta semen sehingga akan menghasilkan pasta yang porous, hal ini akan menyebabkan semakin berkurangnya kedapapan air beton semen. (Tjokrodimulyo, 1996).

$$\text{Penyerapan air (PA)} = \frac{m_b - m_k}{m_k} \times 100\% \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan:

m_b : berat massa setelah direndam (kg)

m_k : berat massa kering (tetap) (kg)

2.1.2 Kuat Tekan Beton

Kekuatan tekan beton akan bertambah dengan naiknya umur beton. kekuatan beton akan naiknya secara cepat (linier) sampai umur 28 hari, tetapi setelah itu kenaikannya akan kecil. Biasanya kekuatan tekan rencana beton dihitung pada umur 28 hari.

Semakin tingkat kekuatan struktur yang dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan. Kriteria penerimaan beton harus sesuai dengan standar yang berlaku. Menurut Standar Nasional Indonesia, kuat tekan harus memenuhi 0.85 f_c untuk kuat tekan rata-rata dua silinder.

Rumus kuat tekan (kg/cm^2) beton.

$$\text{Kuat tekan} = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan :

P= beban maksimum (kg)

A= luas penampang benda uji (cm^2)

Besarnya kuat tekan beton dipengaruhi oleh sejumlah faktor yaitu :

- 1) Faktor air semen (f.a.s)
- 2) Jenis semen dan kualitas nya.
- 3) Jenis dan lekuk-lekuk (relief) bidang permukaan agregat.
- 4) Efisiensi.
- 5) Perawatan (curing), suhu.
- 6) Umur pada keadaan yang normal.

Penentuan mutu kuat tekan beton berdasarkan jenis benda ujinya. Mutu dapat dibagi menjadi 2 yaitu:

- 1) Mutu beton K adalah kuat tekan karakteristik beton kg/cm^2 dengan benda uji kubus sisi 15cm (BS-1881).
- 2) Mutu beton f_c adalah kuat tekan beton dalam Mpa dengan ($1 \text{ Mpa} = 10 \text{ kg/cm}^2$) yang diisyaratkan dengan benda uji silinder diameter 15 cm dengan tinggi 30 cm (ASTM C-39)

2.1.3 Berat Jenis Beton

Pada pelaksanaan berat jenis benda uji ditimbang dan diukur untuk mengetahui berat volumenya kemudian berat jenis benda uji dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Berat Jenis beton} = \frac{W}{V} \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan :

W = berat benda uji (gram)

V = volume benda uji (cm^3)

3. Metode Penelitian

3.1. Bahan dan Benda Uji

3.1.1. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut;

- 1) Semen yang digunakan pada penelitian ini adalah semen merk Gresik, semen jenis PCC (*Portland Composite Cement*), kemasan kantong 40 Kg.
- 2) Air yang digunakan adalah air yang berada di laboratorium Bahan Universitas Cokroaminoto Yogyakarta.
- 3) Pasir yang digunakan adalah pasir yang berasal dari sungai Progo.
- 4) Kerikil yang digunakan maksimum 20 mm.

- 5) Serat limbah bubuk yang digunakan panjangnya 60 mm dan berbentuk spiral.

3.1.2. Benda Uji

Benda uji yang digunakan dalam pengujian kuat tekan, yaitu berupa silinder beton dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.

Tabel 1 Rincian Benda Uji

Pengujian	Kode	Diameter (Mm)	Tinggi (Mm)	Persentase Serat Besi (%)	Jumlah (Sampel)	Umur (Hari)
Kuat Tekan	BN	150	300	0	3	28
	BLB 1	150	300	5	3	
	BLB 2	150	300	10	3	
Total Sampel					9	

Keterangan :

BN : Beton Normal

BLB : beton dengan limbah bubuk besi

Kadar serat per 1 benda uji 5% atau 10% dari berat semen.

3.2. Alat Yang Digunakan

- 1) Timbangan dengan kapasitas 2 kg dan 20 kg
- 2) Kerucut abrams
- 3) Cetakan benda uji kuat tekan berupa silinder baja dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm.
- 4) Tempat pengadukan beton
- 5) Compression Testing Machine.
- 6) Gelas ukuran 1000 ml, cetok semen, ember, dan lain-lain.

3.3. Perencanaan Campuran Beton

Penelitian ini menggunakan rancang campur beton yang mengacu pada peraturan SNI. Syarat Kuat tekan (f_c) pada penelitian ini adalah 20 mpa.

3.4. Pengujian Nilai Slump

Slump beton adalah besaran kekentalan plastisitas dan kohesif dari beton segar. Menurut SNI 1972-2008, cara pengujian nilai slump adalah:

- 1) Basahi cetakan dan letakkan diatas permukaan datar, lembab, tidak menyerap air dan kaku. Cetakan harus ditahan secara kokoh ditempat selama pengisian, oleh operator yang terdiri atas bagian injakan. Dari contoh beton yang diperoleh dari butir

- 6, segera isi cetakan dalam tiga lapis, setiap lapis sekira sepertiga dari volume cetakan.
- 2) Padatkan setiap lapisan dengan 25 tusukan menggunakan batang pematat. Sebarkan penusukan secara merata diatas permukaan setiap lapisan. Untuk lapisan bawah, akan membutuhkan penusukan secara miring dan membuat sekira setengah dari jumlah tusukan dekat ke batas pinggir cetakan, dan kemudian lanjutkan penusukan vertikal secara spiral pusat permukaan. Padatkan lapisan bawah seluruhnya hingga kedalamannya. Hindari batang penusuk mengenai pelat dasar cetakan. Padatkan lapisan kedua dan lapisan atas seluruhnya hingga kedalamannya, sehingga penusukan menembus batas lapisan dibawahnya.
 - 3) Dalam pengisian dan pemadatan lapisan atas, lebih adukan beton diatas cetakan sebelum pemadatan dimulai. Bila pemadatan menghasilkan beton turun dibawah ujung atas cetakan, tambahkan adukan beton untuk tetap menjaga adanya kelebihan permukaan beton pada bagian atas cetakan dengan cara mengelindingkan batang penusuk diatasnya. Lepaskan segera cetakan dari beton dengan cara mengangkat dalam arah vertikal secara hati-hati. Angkat cetakan dengan jarak 300 mm dalam waktu 5 ± 2 detik tanpa gerakan lateral atau torsional. Selesaikan seluruh pekerjaan pengujian dari awal pengisian hingga pelepasan cetakan tanpa gangguan dalam waktu tidak lebih dari $2 \frac{1}{2}$ menit.
 - 4) Setelah beton menunjukkan penurunan pada permukaan, ukur segera slump dengan menentukan perbedaan vertikal antara bagian atas cetakan dan bagian pusta permukaan atas beton. bila terjadi keruntuhan atau keruntuhan geser beton pada satu sisi atau sebagian massa beton, abaikan pengujian tersebut dan buat pengujian baru dengan porsi lain dari contoh.

3.5. Pengujian Kuat Tekan

Langkah pengujian :

- 1) Menyiapkan benda uji silinder beton yang akan diuji.
- 2) Meletakkan benda uji silinder beton pada alat uji kuat tekan (CTM)
- 3) Mengatur jalur compression testing machine pada posisi nol.
- 4) Menyalakan compression testing mechine kemudian membaca jarum penunjuk beban sampai silinder beton hancur.
- 5) Mencatat besarnya nilai beban tekan maksimum yang kemudian digunakan untuk menghitung nilai kuat tekan silinder beton.

3.6. Perawatan Beton (Curing)

Perawatan beton untuk menjaga agar permukaan beton segar selalu lembab sejak adukan beton dipadatkan sampai beton dianggap cukup keras. Curing akan menjamin proses reaksi hidrasi berlangsung dengan sempurna sehingga timbulnya retak-retak dapat dihindarkan dan mutu beton dapat terjamin. Perawatan dilakukan dengan cara merendam benda uji pada hari kedua sampai umur 28 hari didalam air. Beton diangin-anginkan pada umur 28 hari hingga waktu dilakukan pengujian terhadap benda uji.

3.7. Tahapan Analisis Data

Membandingkan pengaruh kuat tekan, kuat lentur beton dengan serat limbah bubuk besi. Tahapan-tahapan selengkapnya dalam penelitian ini meliputi :

- 1) Persiapan
Tinjauan literatur dan persiapan seluruh bahan dan peralatan yang dibutuhkan dalam penelitian.
- 2) Pembuatan
Proses uji pendahuluan dan perencanaan, proses pencampuran (*mixing*) sampai perawatan (*curing*).
- 3) Pengujian
Pengujian benda uji yaitu, uji daya serap air dan uji kuat tekan dari benda uji.
- 4) Analisis Data
Pengolahan hasil dari percobaan benda uji analisis data yang dilakukan adalah Analisis kuat tekan.
- 5) Penarikan kesimpulan.

3.8. Analisa Data

Data-data yang sudah diperoleh dari hasil penelitian selanjutnya dilakukan proses analisa data. Dari hasil pengujian yang dilaksanakan di laboratorium selanjutnya dihitung dengan formula dan prosedur yang telah ditentukan untuk menentukan besarnya kuat tekan beton dan kuat lentur. Data diatas berupa angka-angka dalam tabel yang menunjukkan bagaimana tingkat kuat tekan, dan daya serap air pada benda uji beton.

4. Hasil Penelitian

4.1. Hasil Pengujian Nilai Slump

Hasil pengujian nilai slump dari masing-masing campuran beton normal dan beton serat dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2 Hasil Pengujian Nilai Slump

Keterangan	Kode	Nilai Slump (Cm)
Tanpa limbah bubuk	BN	13
5% limbah bubuk	BLB 1	12
10% limbah bubuk	BLB 2	12



Gambar 1 Nilai slump beton normal dan serat

4.2. Hasil Pengujian Beton Normal

4.3.1. Daya Serap Air

Setelah beton normal berumur 7 hari diperoleh hasil daya serap air seperti tabel 3 berikut ini.

Tabel 3 Hasil pengujian daya serap air beton normal

Kode	Tanggal		Berat Kering (gr)	Berat Basah (gr)	Daya Serap (%)	Rata-Rata (%)
	Dibuat	Di Uji				
BN 1	07/02/2020	06/03/2020	11930	12034	0,872	3,787
BN 2	07/02/2020	06/03/2020	11976	12281	2,547	
BN 3	07/02/2020	06/03/2020	12200	12245	0,369	

Dari hasil pengujian dan perhitungan diperoleh nilai daya serap air rata-rata dari beton normal sebesar 3,787%.

4.3.2. Berat Jenis Beton

Setelah beton normal berumur 28 (dua puluh delapan) hari diperoleh berat jenis beton pada tabel 4.3.

Tabel 4 Hasil pengujian berat jenis beton normal

Kode Benda Uji	Tanggal		Volume cm ³	Berat Benda Uji (gram)	Berat Jenis Benda Uji (gr/cm ³)	Rata-Rata
	Dibuat	Di Uji				
BN 1	07/02/2020	06/03/2020	5301,44	12000	2,263537	2,29158
BN 2	07/02/2020	06/03/2020	5301,44	12146	2,291077	
BN 3	07/02/2020	06/03/2020	5301,44	12300	2,320125	

Dari hasil pengujian dan perhitungan diperoleh nilai berat jenis rata-rata dari beton normal sebesar 2,29 (gr/cm³).

4.3.3. Kuat Tekan Beton

Setelah beton berumur 28 hari dilakukan pengujian kuat tekan beton diperoleh nilai kuat tekan rata-rata seperti pada tabel 5 berikut ini:

Tabel 5 Hasil pengujian kuat tekan beton normal

Kode	Tanggal		Luas (cm ²)	Berat (kg)	Tekanan Maksimum (kg)	Kuat Tekan Maksimum (kg/cm ²)	Kuat Tekan Maksimum (Mpa)	Kuat Tekan Maksimum rata-rata
	Dibuat	Di Uji						
BN1	07/02/2020	06/03/2020	176,71	12	40000	226,36	22,64	22,64
BN 2	07/02/2020	06/03/2020	176,71	12,15	40000	226,36	22,64	
BN 3	07/02/2020	06/03/2020	176,71	12,3	40000	226,36	22,64	

Dari hasil pengujian dan perhitungan diperoleh nilai kuat tekan rata-rata adalah 22,64 Mpa.

4.3. Hasil Pengujian Beton ditambah 5% bubut besi.

4.3.1. Daya Serap Air

Setelah beton 5% bubut besi berumur tujuh hari diperoleh hasil daya serap air seperti tabel 6 berikut ini.

Tabel 6 Hasil pengujian daya serap air beton 5% bubut besi.

Kode	Tanggal		Berat Kering (gr)	Berat Basah (gr)	Daya Serap (%)	Rata-Rata (%)
	Dibuat	Di Uji				
BLB 1	07/02/2020	06/03/2020	11915	12025	0,923	3,201
BLB 2	07/02/2020	06/03/2020	12045	12176	1,088	
BLB 3	07/02/2020	06/03/2020	12183	12328	1,190	

Dari hasil pengujian dan perhitungan diperoleh nilai daya serap air rata-rata dari beton 5% bubut besi sebesar 3,201%

4.3.2. Berat Jenis Beton

Setelah beton normal berumur 28 (dua puluh delapan) hari diperoleh berat jenis beton pada tabel 7 berikut ini:

Tabel 7 Hasil pengujian berat jenis beton 5% bubuk besi

Kode Benda Uji	Tanggal		Volume cm ³	Berat Benda Uji (gram)	Berat Jenis Benda Uji (gr/cm ³)	Rata-Rata
	Dibuat	Di Uji				
Blb 1	07/02/2020	06/03/2020	5301,44	12100	2,26	2,3004452
Blb 2	07/02/2020	06/03/2020	5301,44	12262	2,31	
Blb 3	07/02/2020	06/03/2020	5301,44	12225	2,31	

Dari hasil pengujian dan perhitungan diperoleh nilai berat jenis rata-rata dari beton 5% bubuk besi sebesar 2,3004452 (gr/cm³).

4.3.3. Kuat Tekan Beton

Setelah beton berumur 28 hari dilakukan pengujian kuat tekan beton diperoleh nilai kuat tekan rata-rata seperti pada tabel 8 berikut ini:

Tabel 8 Hasil pengujian kuat tekan beton 5% bubuk besi

Kode	Tanggal		Luas (cm ²)	Berat (kg)	Tekanan Maksimum (kg)	Kuat Tekan Maksimum (kg/cm ²)	Kuat Tekan Maksimum (Mpa)	Kuat Tekan Maksimum rata-rata
	Dibuat	Di Uji						
BLB 1	07/02/2020	06/03/2020	176,71	12	42000	237,68	23,77	23,39
BLB 2	07/02/2020	06/03/2020	176,71	12,15	40000	226,36	22,64	
BLB 3	07/02/2020	06/03/2020	176,71	12,3	42000	237,68	23,77	

Dari hasil pengujian dan perhitungan diperoleh nilai kuat tekan rata-rata sebesar 23,39 Mpa.

4.4. Hasil pengujian beton ditambah 10% bubut besi.

4.4.1. Daya Serap Air

Setelah beton berumur tujuh (7) hari diperoleh hasil daya serap air seperti tabel 9 berikut ini.

Tabel 9 Hasil pengujian daya serap air beton 10% bubut besi

Kode	Tanggal		Berat Kering (Gr)	Berat Basah (Gr)	Daya Serap (%)	Rata-Rata (%)
	Dibuat	Di Uji				
BLB 1	07/02/2020	06/03/2020	12212	12321	0,893	2,909
BLB 2	07/02/2020	06/03/2020	12185	12354	1,387	
BLB 3	07/02/2020	06/03/2020	12223	12300	0,630	

Dari hasil pengujian dan perhitungan diperoleh nilai daya serap air rata-rata dari beton normal sebesar 2,909%.

4.4.2. Berat Jenis Beton

Setelah beton normal berumur 28 (dua puluh delapan) hari diperoleh berat jenis beton pada tabel 10 berikut ini:

Tabel 10 Hasil pengujian berat jenis beton 10% bubut besi

Kode Benda Uji	Tanggal		Volume cm ³	Berat BU (gram)	Berat Jenis BU (gr/cm ³)	Rata-Rata
	Dibuat	Di Uji				
BLB 1	07/02/2020	06/03/2020	5301,44	12320	2,323898	2,324841
BLB 2	07/02/2020	06/03/2020	5301,44	12300	2,3201254	
BLB 3	07/02/2020	06/03/2020	5301,44	12355	2,3304999	

Dari hasil pengujian dan perhitungan diperoleh nilai berat jenis rata-rata dari beton 10% bubut besi sebesar 2,324841 gr/cm³.

4.4.3. Kuat Tekan Beton

Setelah beton berumur 28 hari dilakukan pengujian kuat tekan beton diperoleh nilai kuat tekan rata-rata seperti pada tabel 11 berikut ini:

Tabel 11 Hasil pengujian kuat tekan beton 10% bubut besi

Kode	Tanggal		Luas (cm ²)	Berat (kg)	Tekanan Maksimum (kg)	Kuat Tekan Maksimum (kg/cm ²)	Kuat Tekan Maksimum (Mpa)	Kuat Tekan Maksimum rata-rata
	Dibuat	Di Uji						
BLB 1	07/02/2020	06/03/2020	176,71	12	44000	249,00	24,90	26,41
BLB 2	07/02/2020	06/03/2020	176,71	12,15	48000	271,63	27,16	
BLB 3	07/02/2020	06/03/2020	176,71	12,3	48000	271,63	27,16	

Dari hasil pengujian dan perhitungan diperoleh nilai kuat tekan rata-rata adalah 26,41 Mpa.

4.5. Perbandingan Hasil Penelitian

4.4.1. Perbandingan hasil pengujian daya serap air Beton

Tabel 12 Hasil Pengujian Daya Serap Air

Keterangan	Kode	Berat Kering (gr)	Berat Basah (gr)	Daya Serap (%)	Rata-Rata (%)
Tanpa Bubut	BN 1	11930	12034	0,872	3,787
	BN 2	11976	12281	2,547	
	BN 3	12200	12245	0,369	
5% L. Bubut	BLB 1	11915	12025	0,923	3,201
	BLB 2	12045	12176	1,088	
	BLB 3	12183	12328	1,190	
10% L. Bubut	BLB 1	12212	12321	0,893	2,909
	BLB 2	12185	12354	1,387	
	BLB 3	12223	12300	0,630	



Gambar 2 perbandingan nilai daya serap air

Dari gambar grafik dapat kita lihat nilai daya serap air tertinggi pada beton normal sebesar 3,787% dan nilai daya serap air terendah pada beton dengan penambahan 10% limbah bubuk besi, dapat disimpulkan bahwa semakin besar nilai persentase limbah bubuk semakin kecil pula penyerapan air pada beton.

4.4.2. Perbandingan hasil pengujian berat jenis Beton

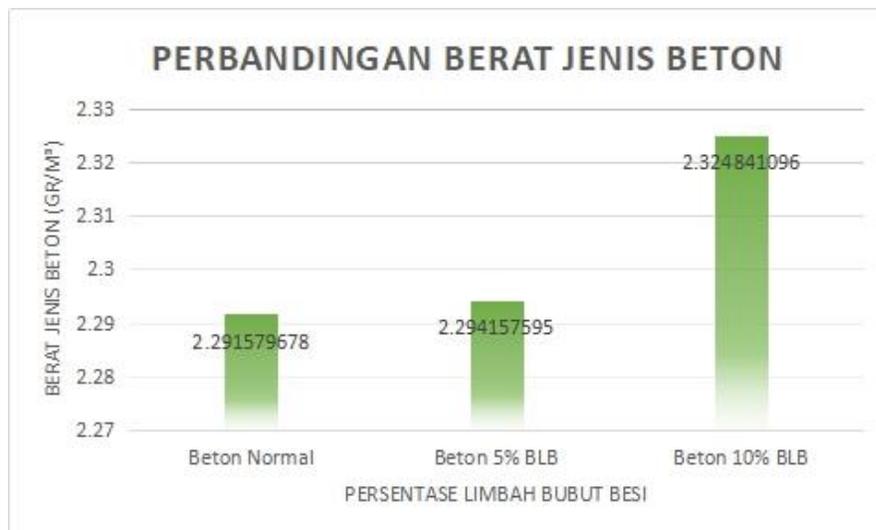
Dari hasil pengujian terhadap berat jenis beton maka dapat diketahui perbandingan nilai berat jenis beton tersebut. Adapun perbandingan nilai berat jenis beton sesuai tabel 13 berikut ini:

Tabel 13 Perbandingan nilai berat jenis beton

No	Kode Benda Uji	Tanggal		Volume cm ³	Berat Benda Uji (gr)	Berat Jenis Benda Uji (gr/cm ³)	Rata-Rata
		Dibuat	Di Uji				
1	BN 1	07/02/2020	06/03/2020	5301,44	12000	2,26353697	2,2915797
2	BN 2	07/02/2020	06/03/2020	5301,44	12146	2,29107667	
3	BN 3	07/02/2020	06/03/2020	5301,44	12300	2,32012539	
4	BLB 1	07/02/2020	06/03/2020	5301,44	12000	2,26353697	2,2941576
5	BLB 2	07/02/2020	06/03/2020	5301,44	12262	2,31295753	
6	BLB 3	07/02/2020	06/03/2020	5301,44	12225	2,30597829	
7	BLB 1	07/02/2020	06/03/2020	5301,44	12320	2,32389796	2,3248411
8	BLB 2	07/02/2020	06/03/2020	5301,44	12300	2,32012539	
9	BLB 3	07/02/2020	06/03/2020	5301,44	12355	2,33049994	

Berdasarkan data dari tabel 4.14 perbandingan nilai berat jenis beton diketahui bahwa nilai berat jenis terendah adalah beton normal sebesar 2,2915797 gr/cm³. Nilai berat jenis tertinggi adalah beton dengan tambahan bubuk besi sebesar 10% adalah sebesar 2,3248411 gr/cm³. Dapat disimpulkan semakin tinggi nilai persentase limbah bubuk besi semakin besar pula nilai berat jenis nya.

Dari hasil pengujian berat jenis mortar dapat digambarkan grafik berat jenis beton seperti pada gambar 3 Berikut ini;



Gambar 3 Grafik Perbandingan Berat Jenis Beton

4.4.3. Perbandingan hasil pengujian kuat tekan Beton

Dari hasil pengujian terhadap kuat tekan beton maka dapat diketahui perbandingan besarnya kuat tekan beton tersebut. Adapun perbandingan besarnya kuat tekan dapat dilihat pada tabel 14.

Tabel 14 Perbandingan hasil pengujian kuat tekan beton

Kombinasi penambahan limbah bubuk besi	Diameter (cm)	Luas (cm ²)	Berat (kg)	Tekanan maksimum (kg)	Kuat tekan maksimum (kg/cm ²)	Kuat tekan maksimum (Mpa)	Kuat tekan maksimum Rata-rata
0%	15	176,71	12000	40000	226,3595722	22,63595722	22,63595722
	15	176,71	12146	40000	226,3595722	22,63595722	
	15	176,71	12300	40000	226,3595722	22,63595722	
5%	15	176,71	12000	42000	237,6775508	23,76775508	23,39048913
	15	176,71	12262	40000	226,3595722	22,63595722	
	15	176,71	12225	42000	237,6775508	23,76775508	
10%	15	176,71	12320	44000	248,9955294	24,89955294	26,40861675
	15	176,71	12300	48000	271,6314866	27,16314866	
	15	176,71	12355	48000	271,6314866	27,16314866	



Gambar 4 perbandingan kuat tekan beton

5. Kesimpulan

Secara umum dari hasil penelitian dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Pada pengujian daya serap air beton diketahui nilai daya serap air beton normal sebesar 3,787%, daya serap air beton dengan tambahan 5% limbah bubuk besi sebesar 3,201% dan daya serap air beton dengan tambahan 10% limbah bubuk besi sebesar 2,909%. Semakin besar persentase penambahan limbah bubuk besi semakin kecil daya serap air beton nya.
- 2) Pada pengujian berat jenis mortar diketahui nilai berat jenis beton normal sebesar 2,29158 gr/cm³, berat jenis beton dengan 5% limbah bubuk besi sebesar 2,3004452 gr/cm³ dan berat jenis beton dengan tambahan 10% limbah bubuk besi sebesar 2,324841 gr/cm³. Semakin besar persentase penambahan limbah bubuk besi, semakin besar juga berat jenis beton nya.
- 3) Pada pengujian kuat tekan beton diketahui nilai kuat tekan beton normal sebesar 22,64 MPa, kuat tekan beton dengan 5% limbah bubuk besi sebesar 23,39 MPa dan kuat tekan beton dengan tambahan 10% limbah bubuk besi sebesar 26,41 MPa. Semakin besar persentase penambahan limbah bubuk besi, semakin besar juga kuat tekan beton nya.

6. Saran

Setelah melaksanakan penelitian ini, penulis ingin memberikan saran sebagai berikut:

- 1) Dalam hal persiapan bahan material, pemeriksaan bahan yang akan digunakan sebagai bahan susun beton harus diperiksa dengan teliti dan cermat karena akan berpengaruh terhadap hasil pengujian.
- 2) Pada waktu proses pemadatan tusuk secara merata keseluruhan bagian dalam cetakan agar pemadatan terjadi secara sempurna.
- 3) Pada waktu pelaksanaan uji kuat tekan beton, benda uji harus berada ditengah-tengah bidang tekan. Sehingga diperoleh nilai kuat tekan yang maksimal.
- 4) Distribusi limbah bubuk besi pada campuran beton perlu memperhitungkan waktu dan metode pencampuran sehingga diperoleh distribusi limbah bubuk besi yang merata.

Daftar Pustaka

- Ariatama, Ananta, 2007, *Pengaruh Pemakaian Serat Kawat Berkait Pada Kekuatan Beton Mutu Tinggi Berdasarkan Optimasai Diameter Serat*, Universitas Diponegoro: Semarang
- Dwicahyani, Arum, 2012, *Perbandingan Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Beton Serat Limbah Bubut Besi Terhadap Beton Serat Fabrikasi*, Universitas Negeri Surakarta: Surakarta
- Erlina. 2016, *Buku Bahan Kuliah Teknologi Beton*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik. Universitas Cokroaminoto Yogyakarta
- Erlina, E. (2020). *Pengaruh Penambahan Serat Ijuk Terhadap Kekuatan Mortar Beton Paving Block*. CivETech, 2(1)
- Erlina, E. (2020). *Validasi Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Beton Normal Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Beton Dengan Penambahan Serbuk Kayu Jati Dan Serbuk Kayu Kelapa*. CivETech, 2(2)
- Tjokrodimulyo, K, 1996, *Teknologi Beton*, Nafagiri, Yogyakarta.
- Kristiyanto, H., & Susmanto, P. (2020). *Studi Eksplorasi Limbah Genteng Asal Godean Sebagai Bahan Tambah Pada Campuran Beton*. CivETech, 2(1)
- Nurokhman, N. (2020). *Fiber Gelas Ex Limbah Porselen Sebagai Bahan Tambah Pada Beton Normal*. CivETech, 2(1)
- Syuhada, 2019, *Perbandingan Kuat Tekan Mortar Antara Pasir Sungai Progo, Sungai Krasak Dan Sungai Gendol*, Universitas Cokroaminoto Yogyakarta : Yogyakarta