

PEMANFAATAN LIMBAH BUBUT BESI PADA BETON SERAT DITINJAU DARI KUAT TEKAN DAN KUAT LENTUR

¹Qomariah, ²Dandung Novianto, ³Ikrar Hanggara, ⁴Deny Firmanto

^{1,2,3,4}Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang

¹qomariah-suryadi@gmail.com, ²d.novianto64@gmail.com, ³ikrar@polinema.ac.id,

⁴deny7official@gmail.com,

Abstract

The practice of steel lathing by students of Mechanical Engineering State Polytechnic of Malang produces an abundant amount of steel fiber waste. In this research steel fiber was utilized to substitute coarse aggregate in fiber concrete mixture. The purpose of this research is to find out the compressive and flexure strengths of fiber concrete carried out at Material Laboratory Civil Engineering Politeknik Negeri Malang, and to estimate the cost. The required data were of the results of coarse aggregate and fine aggregate tests, and physical cutting of steel lathing waste. Mix design concrete referred to SNI 03-2834-2000. Compressive strength test used 54 cylindrical specimens of Ø15 x 30cm varied at 0%, 5%, and 10% substitutions. Tests were carried out on concrete aged 7, 14, and 28 days. The flexural strength test used 6 beam specimens of 15 x 15 x 60cm varied at 0%, 5%, and 10% substitution. Tests were carried out on 28 days of concrete. The experiment resulted in 39.01 Mpa compressive strength at 0% variation; 24.54 Mpa compressive strength at 5% variation; 21.80 Mpa compressive strength at 10% variation; in 3.87 Mpa flexure strength at 0% substitution; 4.27 Mpa flexure strength at 5% substitution; 4.07 Mpa flexure strength at 10% substitution. The greatest result of flexure strength test occurred at 5% variation; at Rp.940,276/m³ at 0% variation and at Rp.938,719/m³ at 5% variation or 0.2 % decrease.

Key word : Steel lathe waste, compressive strength, flexure strength

Pendahuluan

Beton merupakan salah satu bahan konstruksi yang memiliki banyak kelebihan. Antara lain, mempunyai kuat tekan yang tinggi dan dapat dibentuk sesuai kebutuhan. Beton juga memiliki kekurangan. Kekurangan beton terletak pada kuat lentur dan tarik yang rendah.

Perkembangan teknologi semakin maju terutama pada perancangan kuat tekan dan kuat lentur beton. Kini, untuk membuat beton tidak hanya mengandalkan bahan-bahan beton konvensional yaitu kerikil, pasir, semen, dan air. Namun bisa juga dipadukan dengan serat atau limbah yang berbentuk serat. Pada konstruksi salah satu alternatif untuk mengatasi retak lebih cepat akibat beban lentur yang diterima pada beton yaitu menggunakan beton serat. Beton serat dimaksudkan bukan untuk inovasi semata, tetapi juga untuk meningkatkan mutu beton. Konsep dari beton ini adalah *steel fiber concrete*.

Serat yang bisa digunakan yaitu potongan serat bubut besi. Serat tersebut bisa

ditambahkan atau disubstitusikan kedalam proporsi campuran beton. Bubut besi yang didapat dari proses pembuatan benda uji menggunakan jenis baja ST37 yang diproses dengan mesin bubut manual (Machine Turning) dan mesin bubut otomatis CNC yang dilakukan di bengkel praktek teknik mesin Politeknik Negeri Malang.

Proses tersebut menghasilkan serat besi yang berbentuk spiral dengan ukuran panjang dan tebal yang berbeda. Serat tersebut termasuk limbah karena tidak memiliki fungsi. Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan limbah bubut besi sebagai substitusi agregat kasar pada campuran beton serat yang digunakan pada balok gedung bertingkat. Peninjauan kekuatan beton berdasarkan kuat tekan dan kuat lentur

Dengan memperhatikan latar belakang tersebut diatas maka di dapatkan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh substitusi limbah bubut besi 0%, 5%, dan 10% terhadap

- agregat kasar pada beton serat ditinjau dari kuat tekan ?
2. Bagaimana pengaruh substitusi limbah bubut besi 0%, 5%, dan 10% terhadap agregat kasar pada beton serat ditinjau dari kuat lentur ?
 3. Bagaimana hubungan antara kuat tekan dan kuat lentur pada beton serat dengan substitusi limbah bubut besi sebesar 0%, 5%, dan 10% ?
 4. Bagaimana perbandingan biaya beton serat per m³ dengan substitusi limbah sebesar 0%, 5%, dan 10% ?

Beton Serat

Beton serat menurut ACI Committee adalah konstruksi bahan penyusun beton konvensional dengan sejumlah serat (fiber). Fungsi beton serat yaitu meningkatkan daktilitas, menambah kuat lentur, ketahanan kejut, dan tahan terhadap kelelahan. pada beton Beberapa macam bahan serat yang dapat dipakai untuk memperbaiki sifat beton telah dilaporkan oleh ACI Committee 544 (1982). Bahan serat tersebut antara lain baja, plastic, kaca, dan karbon.

Jenis Serat Baja

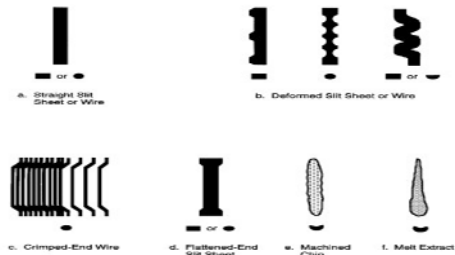
Serat baja yang dimaksudkan untuk beton bertulang didefinisikan pendek. Panjang diskrit baja yang memiliki rasio aspek (rasio panjang terhadap diameter) dari sekitar 20 hingga 100 mm, dengan beberapa bagian melintang dan itu cukup kecil untuk menjadi didispersikan secara acak dalam campuran beton yang tidak dikeraskan menggunakan prosedur pencampuran biasa. ASTM A820 memberikan klasifikasi untuk jenis serat baja berdasarkan produk yang digunakan didalamnya:

- Tipe I – kawat yang ditarik dingin
- Tipe II – potong lembaran
- Tipe III – Lelehan ekstrasi
- Tipe IV – Serat lainnya

Bentuk Serat Baja

Bulat, serat baja lurus dihasilkan oleh pemotongan kawat. Kawat biasanya memiliki diameter antara 0,010 dan 0,039 inci. (0,25 hingga 1,00 mm). serat baja lurus dan datar memiliki penampang melintang tipikal berkisar antara 0,006 hingga ketebalan 0,025 inci. (0,15-0,64 mm). Lebar 0,010 – 0,080 inci (0,25 sampai 2,03 mm) dihasilkan oleh lembar geser atau perataan kawat. Beberapa serat telah dideformasi

dengan menekuk atau meratakan untuk meningkatkan ikatan mekanis. Serat juga diproduksi dari kawat yang ditarik dingin dicukur membentuk serat baja. Ada juga tersedia baja serat yang dibuat oleh proses pemesian yang menghasilkan potongan panjang. Serat ini memiliki permukaan yang kasar dan tidak beraturan serta penampang berbentuk bulat. Bentuk serat baja bisa dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Tipe Serat Baja
Sumber : ACI 544-96, 2002:8

Serat Limbah Bubut Besi

Bubut besi didapat dari proses pembuatan benda uji dengan bahan uji yang menggunakan baja dengan kode ST37 yaitu baja memiliki batas tarik sebesar 370 N/mm². Baja tersebut dibentuk sesuai gambar kerja menggunakan mesin bubut (*Machine Turning*) dan CNC yang dilakukan di bengkel praktek teknik mesin. Serat dihasilkan dari proses pembubutan besi yang biasa disebut gram besi. gram besi berbentuk ulir memanjang dengan kondisi menggumpal dan dikategorikan dalam serat baja dengan tipe deform lurus.

Kuat Tekan

Salah satu yang menjadi keunggulan dari beton adalah kekuatan tekan dari beton. Kemampuan dari beton yang ditujukan untuk menerima gaya secara vertikal atau tekan persatuan luas disebut dengan kuat tekan beton (Mulyono, 2005:9), kuat tekan dapat dihitung dengan **Persamaan 1**.

$$f_c' = \frac{P}{A} \quad (1)$$

Di mana :

- f_c' = Kuat Tekan Beton (N/mm²)
- P = Beban Maksimum (N)
- A = Luas Permukaan benda uji (mm²)

Kuat Lentur

Menurut SNI kuat lentur beton merupakan kemampuan balok beton yang diletakan pada dua buah titik perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji sampai mengalami patah. Jarak titik belah beton sangat penting untuk menentukan rumus yang dipakai. Berdasarkan SNI ada dua metode pengujian kuat lentur beton yang menjadi acuan dalam pengujian :

1. Satu titik pembebanan (SNI 03-4431-1997)
2. Dua titik pembebanan (SNI 03-4431-2011)

Ada beberapa rumus perhitungan kuat lentur beton tergantung dari sistem pembebanan :

Dalam satu titik pembebanan, kuat lentur beton dihitung menurut **Persamaan 2**.

$$f_{lt} = \frac{3Pl}{2bd^2} \quad (2)$$

Keterangan :

- f_{lt} = Kekuatan lentur (MPa)
- P =Beban maksimum yang mengakibatkan keruntuhan balok uji (N)
- l = Panjang bentang diantara balok tumpuan (mm)
- b = lebar benda uji rata-rata pada penampang runtuh (mm)
- d = tinggi benda uji pada penampang runtuh (mm)

Dalam dua titik pembebanan yaitu :

1. Untuk pengujian dimana patahnya benda uji ada di daerah pusat pada 1/3 jarak titik perletakan pada bagian tarik beton (**Gambar 2**) maka kuat lentur beton dihitung menurut **Persamaan 3**.

$$f_{lt} = \frac{P.l}{b.h^2} \quad (3)$$

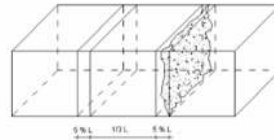


Gambar 2. Patah pada 1/3 bentang tengah.
Sumber : SNI 4431-2011

2. Untuk pengujian dimana patahnya benda uji ada diluar pusat (diluar daerah 1/3 jarak titik

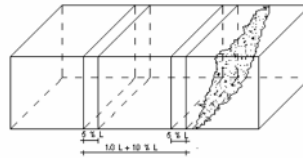
perletakan) di bagian tarik beton, dan jarak antara titik pusat dan titik patah kurang dari 5% dari panjang titik perletakan (**Gambar 3**) maka kuat lentur beton menurut **Persamaan 4**.

$$\sigma_{lt} = \frac{3p.a}{b.h^2} \quad (4)$$



Gambar 3. Patah diluar 1/3 bentang tengah dan garis patah pada <5% dari bentang.
Sumber : SNI 4431-2011

3. untuk benda uji yang patahnya diluar pusat (daerah 1/3 jarak titik perletakan bagian tengah) dan jarak antara titik pembebanan dan titik patah lebih dari 5% bentang (**Gambar 4**) hasil benda uji tidak dihitung.



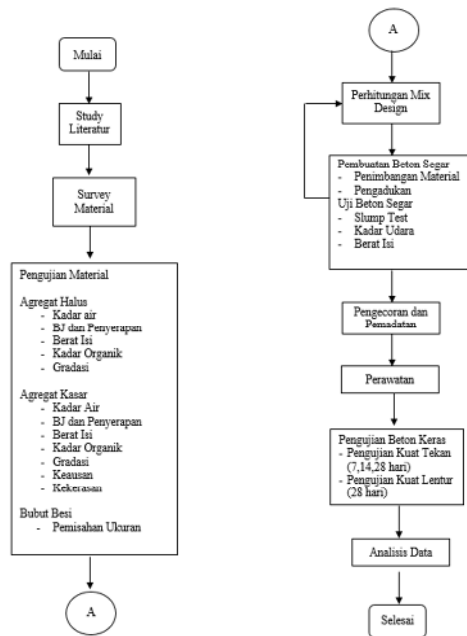
Gambar 4. Patah diluar 1/3 bentang tengah dan garis patah pada >5% dari bentang.
Sumber : SNI 4431-2011

Keterangan :

- σ_{lt} =Kuat lentur benda uji (Mpa)
- p = Beban tertinggi yang terbaca pada mesin uji (N)
- l = Jarak bentang antara dua garis perletakan (mm)
- b = Lebar tampang lintang patah arah horizontal (mm)
- h = lebar tampang lintang patah arah vertikal (mm)
- a = Jarak rata-rata antara tampang lintang patah dan tumpuan luar yang terdekat, diukur pada empat tempat pada sudut dari bentang (mm)

DIAGRAM ALIR PENELITIAN

Diagram alir penelitian pemanfaatan limbah bubuk besi pada beton serat ditinjau dari kuat tekan dan kuat lentur yaitu pada **Gambar 5**.



Gambar 5 Diagram Alir Penelitian

Hasil Pengujian Material Penyusunan Beton Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan oleh peneliti menggunakan batu pecah Pasuruan dengan ukuran 1cm – 2cm, dengan hasil pengujian dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1 Hasil Pengujian Agregat Kasar

Pemeriksaan	Satuan	Hasil	Spesifikasi
Kadar Air	%	1,85	1-10%
Berat Jenis SSD	gr/cm ³	2,70	2,5-2,7
Penyerapan	%	1,16	1-5%
Berat Isi Tusuk	gr/cm ³	1,53	≤ 1,6
Kekerasan	%	9	≤ 45
Keausan	%	28	≤ 30%
Ukuran Agregat	-	Ukuran butir 20 mm	

Agregat Halus

Jenis agregat kasar yang digunakan kerikil dari Pasuruan dengan hasil pengujian yang dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2 Hasil Pengujian Agregat Halus

Pemeriksaan	Hasil	Spesifikasi
Kadar Air	3,23%	1-10%
Berat Jenis SSD	2,57 gr/cm ³	2,2-2,6
Penyerapan	1,09%	1-10%
Kadar Lumpur	3,64%	≤ 3% (*)
Warna larutan	Bening	Orange
Berat Isi Tusuk	1,47 gr/cm ³	≤ 1,6
Gradasi Pasir	Gradasi Zona 2	

(*) Tidak memenuhi spesifikasi

Pengolahan Limbah Bubut Besi

Limbah bubuk besi yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari bengkel praktek Politeknik Negeri Malang. Sebelum digunakan dalam proporsi campuran beton dilakukan pengujian terlebih dahulu sebagai campuran beton.

1. Pengujian serat besi berupa pemisahan ukuran besi dengan memotong dengan panjang maksimal 4 cm.
2. setelah pemotongan selesai serat besi dilakukan pembersihan dengan melakukan perendaman kedalam air yang dicampur deterjen untuk menghilangkan sisa minyak atau oli yang menempel selama 24 jam.
3. Kemudian serat besi dikeringkan dengan cara dijemur dibawah sinar matahari.

Mix Design Campuran

Perencanaan *mix design* dilakukan dengan mutu f_c' 30 MPa dengan total pembuatan benda uji silinder sebanyak 60 buah yang terbagi dalam 54 benda uji silinder dengan ukuran Ø15 x tinggi 30 cm. pengujian pada benda uji silinder dilakukan pada umur 7, 14, dan 28 hari. Kemudian pada pengujian kuat lentur menggunakan 6 benda uji balok dengan ukuran 15 x 15 x 60 cm. kebutuhan proporsi dan koreksi campuran berikut pada **Tabel 3**.

Tabel 3 Proporsi dan Koreksi Campuran per m³

Uraian	Semen (kg)	Air (kg)	Agregat Halus (kg)	Agregat Kasar (kg)
Proporsi Campuran (teoritis)				
Tiap m ³	396	190	663,9	1180,3
Koreksi Campuran				
Tiap m ³	396	167.58	678.13	1188,46

Proporsi kebutuhan material pada benda uji silinder dan balok dapat dilihat pada **Tabel 4**

Tabel 4 Kebutuhan material pada benda uji silinder dan balok

Variasi Beton	Pasir (Kg)	Kerikil (Kg)	Semen (Kg)	Air (Kg)	Limbah Bubut Besi (Kg)
Kebutuhan Material pada Tiap Benda Uji Silinder					
0%	3,60	6,30	2,10	0,89	0
5%	3,60	5,99	2,10	0,89	0,31
10%	3,60	5,67	2,10	0,89	0,63
Kebutuhan Material pada Tiap Benda Uji Balok					
0%	9,15	16,04	5,34	2,26	0
5%	9,15	15,24	5,34	2,26	0,80
10%	9,15	14,44	5,34	2,26	1,60

Teknis Pengadukan Beton

Pengadukan beton menggunakan mesin pengaduk. Secara umum pengadukan dilakukan sampai didapatkan satu sifat plastis. Indikasinya adalah warna adukan merata, keplastisan cukup, dan tampak homogen. Teknis dari pencampuran serat limbah bubuk besi ini yaitu dengan memasukan serat limbah bubuk besi kedalam mesin pengaduk bersama campuran agregat kasar dan agregat halus.

Pengujian Slump Beton

Dalam pembuatan campuran beton segar tingkat *workability* beton ditentukan oleh nilai *slump* saat melakukan perencanaan dan pembuatan benda uji. Pada penelitian ini nilai *slump* yang di rencanakan antara 2,75 cm – 10 cm, dalam pelaksanaan pembuatan benda uji dalam penelitian ini semua variasi dilakukan pengujian *slump* yang harus sesuai dengan *slump* rencana. Nilai pengujian *slump* di lapangan dapat dilihat pada **Tabel 5**.

Tabel 5 Nilai Pengujian *Slump* Lapangan

Variasi Beton	Silinder (cm)	Balok (cm)
0%	3.8	3.3
5%	4.8	3.7
10%	4.5	4.6

Berdasarkan **Tabel 5** untuk beton dengan kadar 0% limbah bubuk besi didapat hasil rata-rata total 3,8 cm, sedangkan pada benda uji balok didapat slump rata-rata total 3,3 cm. kemudian pada beton silinder dengan kadar 5% limbah bubuk besi didapat hasil rata-rata total 4,2 cm, sedangkan pada benda uji balok didapat slump rata-rata 3,7 cm. pada beton silinder kadar 10% didapat hasil rata-rata total 4,5 cm, sedangkan pada beton balok didapat slump rata-rata total 4,6 cm. Hasil ini disebabkan oleh ukuran serat bubuk besi yang tidak terlalu panjang dan mempunyai sifat kaku serta sebagian mengikat satu sama lain. Hal ini yang membuat ukuran slump beton tetap terjaga walaupun cenderung naik di setiap variasi dan slump tidak hancur. Dengan perlakuan tersebut pada tiap-tiap variasi limbah campuran beton segar tidak mengurangi mutu adukan.

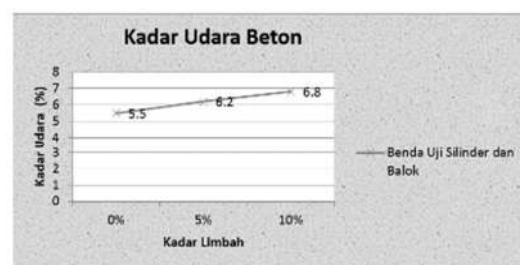
Pengujian Kadar Udara

Pada pengujian ini yaitu untuk mengetahui kadar udara yang terkandung dalam campuran beton. Hasil pengujian dapat dilihat pada **Tabel 6**.

Tabel 6. Pengujian Kadar Udara Beton

Kadar Limbah	Pemeriksaan (%)
0%	5.5
5%	6.2
10%	6.8

Dari **Tabel 6** dibuat grafik hubungan antara kadar udara dengan beton variasi kadar limbah bubuk besi pada **Gambar 6**



Gambar 6. Grafik Pengujian Kadar Udara

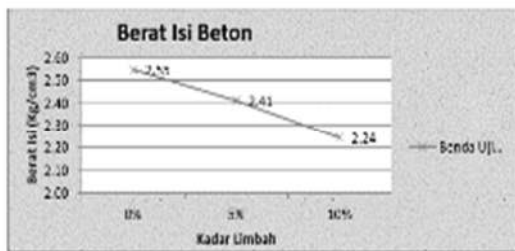
Berdasarkan **Tabel 6** dan **Gambar 6** bahwa kadar udara beton dengan kadar limbah 0%, 5%, dan 10% mengalami kenaikan yaitu mulai dari 5.5%, 6.2%, dan 6.8%. hal ini disebabkan karena bentuk limbah bubuk besi yang spiral sehingga dan menyisakan rongga udara dalam spiral tersebut pada saat pematatan. Sehingga mortar sulit untuk mengisi rongga tersebut.

Pengujian Berat Isi Beton

Pengujian ini digunakan untuk mengetahui perbandingan dari masing-masing variasi beton. Berat isi beton pada penelitian ini dapat dilihat pada **Tabel 7**.

Tabel 7. Pengujian Berat Isi Beton

Kadar Limbah	Berat Benda Uji (Kg)	Berat Mould + Air (Kg)	Berat Mould	Berat Isi (Kg/M ³)
0%	10.9	6.328	3.377	2.55
5%	10.5	6.328	3.377	2.41
10%	10	6.328	3.377	2.24



Dari **Tabel 7** dibuat grafik hubungan antara berat isi beton dengan beton variasi kadar limbah bubuk besi pada **Gambar 7**.

Gambar 7. Grafik Pengujian Berat Isi Beton

Berdasarkan **Tabel 7** dan **Gambar 7** bahwa berat isi beton dengan kadar limbah bubuk besi 0%, 5%, dan 10% mengalami penurunan. Pada beton dengan kadar 5% mengalami penurunan dengan nilai penurunan 2.41 kg/cm³ dari berat isi 0%. Kemudian pada kadar 10% mengalami penurunan dengan nilai 2.24 kg/cm³ dari berat isi 0%. Menurunnya berat isi karena jumlah substitusi limbah bubuk besi terhadap agregat kasar dalam campuran beton. Mengingat berat jenis dari serat bubuk besi sendiri dibawah dari berat jenis kerikil.

Berat Silinder Beton

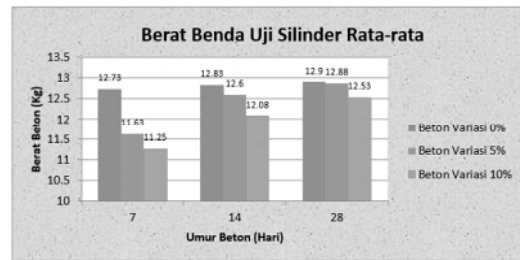
Penimbangan silinder beton dilakukan untuk membandingkan perbedaan dari berat silinder dan balok beton dari setiap masing-masing variasi beton karena dalam penelitian ini terdapat 3 variasi beton yaitu beton normal, modifikasi substitusi limbah bubuk besi pada agregat kasar sebesar 5% dan 10%. Berat dari beton silinder dapat dilihat pada **Tabel 8**.

Tabel 8. Pengujian Berat Benda Uji Silinder

Umur	Berat Benda Uji Rata-rata (Kg)
------	--------------------------------

Beton	0%	5%	10%
7	12,73	11,63	11,25
14	12,83	12,6	12,08
28	12,9	12,88	12,53

Dari **Tabel 8** dibuat grafik hubungan antara berat beton silinder dengan beton variasi kadar limbah bubuk besi pada **Gambar 8**.



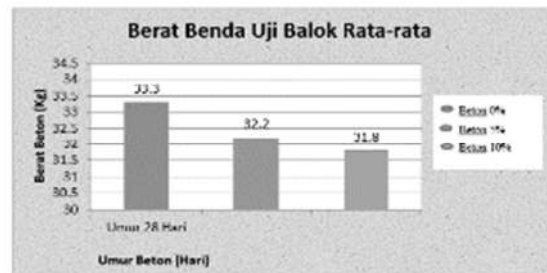
Gambar 8. Grafik Hasil Penimbangan Silinder Beton

Pengujian berat benda uji balok dapat dilihat pada **Tabel 9** sebagai berikut :

Tabel 9. Pengujian Berat Benda Uji Balok

Umur Beton	0%	5%	10%
28	33.3	32.2	31.8

Dari **Tabel 9** dibuat grafik hubungan antara berat beton balok dengan beton variasi kadar limbah bubuk besi pada **Gambar 9**.



Gambar 9. Grafik Pengujian Berat Benda Uji Balok

Pada **Tabel 8** dan **Gambar 8** dijelaskan bahwa beton dengan variasi limbah bubuk besi sebesar 0%, 5% dan 10% yang mengalami pengujian pada umur 28 hari mengalami penurunan yaitu 12,9 kg, 12,88 kg, dan 12,53 kg. Kemudian pada **Tabel 9** dan **Gambar 9** menunjukkan juga bahwa pada benda uji balok juga mengalami penurunan yaitu 33.3 kg, 32.2 kg, dan 31.8 kg. Hal ini disebabkan karena substitusi limbah bubuk besi terhadap agregat kasar pada campuran beton. Mengingat berat

jenis dari limbah bubuk besi lebih ringan dari berat jenis kerikil serta pengaruh dari umur perawatan beton bahwa semakin lama umur perawatan maka beton semakin berat

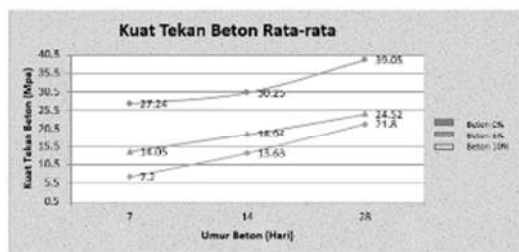
Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan setelah benda uji mengalami perawatan yang direncanakan. Untuk benda uji silinder dilakukan pada umur 7, 14, dan 28 hari. Beton mengalami tiga perlakuan yaitu beton dengan substitusi agregat kasar menggunakan limbah bubuk besi sebanyak 0%, 5%, dan 10%. Setiap variasi benda uji mendapat enam pengulangan dalam setiap umur pengujian. Hasil pengujian dapat dilihat pada **Tabel 10**.

Tabel 10. Hasil Rata-rata Pengujian Kuat Tekan Beton

Umur Beton	Kuat Tekan Variasi		
	0%	5%	10%
	MPa		
7	27.24	14.05	7.20
14	30.25	18.94	13.63
28	39.01	24.54	21.80

Dari **Tabel 10** dibuat grafik hubungan antara kuat tekan beton dengan umur beton pada **Gambar 10**.



Gambar 10. Grafik Hasil Rata-rata Pengujian Kuat Tekan Beton

Berdasarkan **Tabel 10** dan **Gambar 10** menunjukkan hubungan beton variasi substitusi limbah bubuk besi dengan beton normal pada umur 7, 14, dan 28 hari terhadap kuat tekan beton. Kuat tekan rata-rata beton mengalami penurunan dari umur 7, 14, sampai 28 hari. Pada beton variasi 0% umur 7 hari 27.24 Mpa, 14 hari 30.25 Mpa, 28 hari 39.01 Mpa. Kemudian pada beton variasi 5% umur 7 hari terdapat penurunan sebesar 48% yaitu 14.05 Mpa. Pada beton umur 14 hari terdapat penurunan sebesar 37% yaitu 18.94 Mpa. Pada beton umur 28 hari terdapat penurunan sebesar 37% yaitu 25.54 Mpa.

Kemudian pada beton variasi 10% pada umur 7 hari terjadi penuruann sebesar 74% yaitu 7.20 Mpa. Pada beton umur 14 hari terjadi penurunan sebesar 55% yaitu 13.63 Mpa. Pada beton umur 28 hari terjadi penurunan sebesar 44% yaitu 21.80 Mpa. Secara keseluruhan beton mengalami penurunan kuat tekan. Penurunan terbesar terjadi pada beton variasi 10% di setiap umur. Hal ini terjadi karena kandungan limbah terlalu banyak dan beton umur 7 hari belum mengeras dengan baik. Selain itu bentuk dari serat bubuk sendiri yang memanjang dan tidak bisa menyerupai agregat kasar sehingga tidak bisa mengganti bagian beton yang seharusnya diisi oleh agregat kasar.

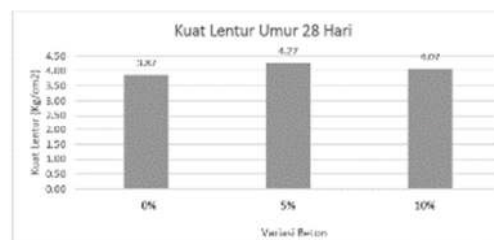
Pengujian Kuat Lentur Beton

Pengujian kuat lentur beton menggunakan benda uji balok dengan ukuran 15 x 15 x 60 cm. pengujian dilakukan pada umur 28 hari. Beton mengalami tiga perlakuan yaitu beton dengan substitusi limbah bubuk besi terhadap agregat kasar sebesar 0%, 5%, dan 10%. Setiap variasi benda uji mendapat dua pengulangan dalam satu jenis umur pengujian. Hasil pengujian dapat dilihat pada **Tabel 11**.

Tabel 11. Hasil Rata-rata Pengujian Kuat Lentur Beton

Umur Beton	Kuat Tekan Variasi		
	0%	5%	10%
	MPa		
28	3.87	4.27	4.07

Dari **Tabel 11** dibuat grafik hubungan antara kuat lentur beton dengan beton variasi kadar limbah bubuk besi pada **Gambar 11**.



Gambar 11. Grafik Hubungan Berat isi

Terhadap Nilai Kuat Tekan Beton Berdasarkan **Tabel 11** dan **Gambar 11** menunjukkan bahwa hasil kuat lentur beton dengan variasi limbah bubuk besi. Beton dengan variasi 0% mendapat kuat lentur sebesar 3.87 Mpa. Kemudian pada beton variasi 5% terdapat

kenaikan kuat lentur sebesar 9% yaitu 4.27 Mpa. Kemudian pada beton variasi juga mengalami kenaikan sebesar 5% yaitu 4.07 Mpa. Pada beton kadar 5% terjadi kenaikan optimal dikarenakan proporsi serat bubuk besi dapat menyebar dan terikat kedalam beton dengan merata serta tidak mengalami penggumpalan di dalam campuran beton. Kemudian pada beton dengan kadar 10% tidak bisa menahan lentur maksimal karena proporsi terlalu banyak dan terjadi penggumpalan serat bubuk besi kedalam campuran beton.

Hubungan Kuat Lentur Terhadap Kuat Tekan

Tujuan dari hubungan ini yaitu untuk mengetahui berapa persen perbandingan antara kuat lentur terhadap kuat tekan apakah masih dalam batas wajar atau tidak. Perhitungan dilakukan pada beton umur 28 hari. Berikut hasil yang bisa ditunjukkan pada **Tabel 12**.

Tabel 12. Hubungan Kuat Lentu terhadap Kuat Tekan

Variasi Beton	Kuat Tekan (Mpa)	Kuat Lentur (Mpa)	% Hubungan kuat Tekan dan Kuat Lentur
0%	39.01	3.87	9.92
5%	24.54	4.27	10.94
10%	21.80	4.07	10.42

Pada **Tabel 12** merupakan prosentase hubungan kuat lentur terhadap kuat tekan. Pada kadar 5% mencapai 10.94% dan batas secara teoritis menunjukkan batas maksimal sebesar 15%. Sehingga, beton tersebut dikatakan layak.

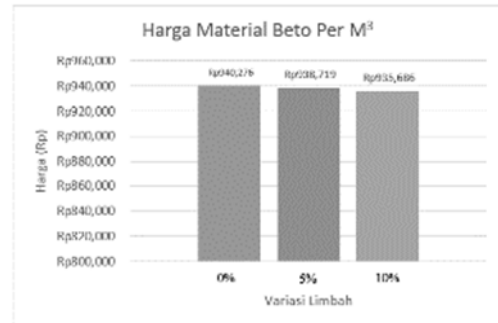
Perhitungan Biaya Beton Per M³

Perhitungan biaya ini dengan tujuan untuk membandingkan biaya per m³ beton normal dengan substitusi limbah bubuk besi terhadap agregat kasar. Hasil perhitungan material yang dibutuhkan pada setiap pembuatan beton per m³ pada **Tabel 13**

Tabel 13. Penurunan Harga Material Beton

Jenis Perlakuan	Harga	Persentase Penurunan (%)
Variasi 0%	Rp. 940,276	0%
Variasi 5%	Rp. 938,719	0.2%
Variasi 10%	Rp. 935,686	0.5%

Dari **Tabel 13** dibuat grafik hubungan antara kuat lentur beton dengan beton variasi kadar limbah bubuk besi pada **Gambar 12**.



Gambar 12. Grafik Biaya Kebutuhan Material Beton Per³

Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian pemanfaatan limbah bubuk besi pada beton serat dengan kuat tekan perencanaan f_c 30 Mpa atau adalah sebagai berikut :

1. Pengaruh substitusi limbah bubuk besi sebesar 0%, 5%, dan 10% terhadap agregat kasar pada benda uji silinder umur 28 hari terjadi penurunan kuat tekan di masing-masing variasi. Pada kadar 0% (39.01 MPa). Pada kadar 5% terjadi penurunan sebesar 37% (24.54 MPa). Kemudian pada kadar 10% terjadi penurunan sebesar 44% (21.80 MPa).
2. Pengaruh substitusi limbah bubuk besi sebesar 0%, 5%, dan 10% terhadap agregat kasar pada benda uji balok umur 28 hari terjadi kenaikan kuat lentur di masing-masing variasi. Pada kadar 0% didapat hasil (3.87 MPa). Pada kadar 5% terjadi peningkatan sebesar 9% (4.27 MPa). Kemudian pada kadar 10% terjadi peningkatan sebesar 5% (4.07 Mpa).
3. Semakin banyak kadar substitusi limbah bubuk besi per m³ maka harga semakin murah. Harga per m³ beton kadar 0% sebesar Rp. 940.276.-. Pada beton kadar 5% limbah bubuk besi sebesar Rp. 938.719.- yaitu mengalami penurunan sebesar 0.2% dari harga beton kadar 0%. Kemudian pada beton kadar 10% sebesar Rp. 935.686.- yaitu mengalami penurunan sebesar 0.5% dari harga beton kadar 0%. Namun menurunnya biaya juga mengalami perubahan mutu beton. Sesuai penelitian yang dilakukan. Maka biaya dan hasil pengujian optimal yang baik adalah pada beton kadar 5% limbah bubuk besi sebesar Rp. 935.719.-

Daftar Pustaka

- ACI Commite 544. (2002). *ACI 544.1R-96 State-of-the-Art Report on Fiber Reinforced Concrete*. Detroit: American Concrete Institute
- Badan Standarisasi Nasional. (2011). *SNI 1974:2011 Tentang Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder*. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (2011). *SNI 4431:2011 Tentang Cara Uji Kuat Lentur Beton Normal dengan Dua Titik Pembebanan*. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta
- Badan Standarisasi Nasional. (2002). *SNI 03-2847-2002 Tentang Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung.;* Badan Standarisasi Nasional, Jakarta
- Badan Standarisasi Nasional. (1990). *SNI 03-1969-1990 Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar*. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta
- Badan Standarisasi Nasional. (1990). *SNI 03-1969-1990 Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus*. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Mulyono, Tri. (2005). *Teknologi Beton*. Penerbit Andi ,Yogyakarta.