

PENAMBAHAN SERAT LIMBAH BUBUT BESI TERHADAP KUAT TARIK DAN KUAT LENTUR BETON NORMAL

Bayu Pratama¹, Akhmad Suryadi², Ir. Gerard Aponno³

¹Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang

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

¹pratamabayu95@gmail.com, ²akhmadsuryadi1@gmail.com, ³gaponno@gmail.com

ABSTRAK

Kekuatan tekan dominan dalam beton, tetapi kekuatan tarik dan lentur adalah sebaliknya. Sebuah inovasi dilakukan untuk memperkuat yang terakhir dengan menambahkan limbah serat besi bilah. Tujuan dari tesis ini adalah untuk meneliti efek penambahan limbah serat besi lathed untuk mengetahui kekuatan tekan, tarik, dan kuat lentur; dan modulus elastis.

Dengan mengacu pada standar SNI dan ASTM, beberapa percobaan dilakukan melalui 12 spesimen untuk tekan, 12 spesimen untuk tarik, dan 12 spesimen untuk tes modulus elastis menggunakan Ø15 x 30cm beton silinder dan 4 spesimen 10 x 10 x 100 cm masing-masing beton segi empat. Persentase serupa dari penambahan limbah besi terdiri dari 4 jenis masing-masing terdiri dari spesimen masing-masing 0%, 5%, 7,5%, 10% limbah besi.

Efeknya adalah sebagai berikut: 6 cm; 5.5 cm; 5 cm; 4 cm nilai penurunan pada 0%; 5%; 7,5%; dan 10% penambahan serat besi masing-masing: 32,7 MPa kekuatan tekan terbesar; 11,16 MPa kekuatan tarik terbesar; 25128 MPa modulus elastis terbesar; dan 5,12 MPa kekuatan lentur terbesar, beton serat lebih murah Rp.74.273,00 dari beton normal di Rp1.390.000 / m³.

Kata kunci : beton, limbah serat besi lathed, lebih murah, meningkatkan kualitas

Abstract

Compressive strength is dominant in concrete, but tensile and flexural strengths are the contrary. An innovation was made to strengthen the latter ones by adding lathed iron fiber waste. The objective of this thesis is to research into the effects of adding lathed iron fiber waste find out the compressive, tensile, and flexural strengths; and elastic modulus.

With reference to SNI and ASTM standards, some experiments were carried out through 12 specimens for compressive, 12 specimens for tensile, and 12 specimens for elastic modulus tests using Ø15 x 30cm cylindrical concrete and 4 specimens of 10 x 10 x 100cm rectangular concrete each at similar percentage of iron waste addition made up 4 types each comprising specimens of 0%, 5%, 7.5%, 10% iron waste addition respectively.

The effects were as follow: 6cm; 5.5cm; 5cm; 4cm the slump value at 0%; 5%; 7.5%; and 10% iron fiber addition respectively: 32,7 MPa the greatest compressive strength; 11,16 MPa the greatest tensile strength; 25128 MPa the greatest elastic modulus; and 5,12 MPa the greatest flexural strength; the fibre concrete is cheaper IDR.74.273,00 than normal concrete at IDR.1,390.000/m³.

Key words: concrete, lathed iron fiber waste, cheaper, increase quality

1. PENDAHULUAN

Menurut SNI tahun 2000, komposisi beton normal terdiri dari agregat halus, agregat kasar, semen dan air. Beton memiliki beberapa kelebihan yaitu sifat beton yang tahan terhadap korosi dan mudah untuk di bentuk. Selain itu, beton di kenal dominan memiliki kuat tekan, namun sangat lemah terhadap kuat tarik dan lenturnya. Karena beton memiliki kuat tarik dan kuat lentur yang lemah, maka perlu di tambahkan bahan yang dapat menaikkan kuat tarik dan kuat lenturnya. Besi merupakan bahan yang memiliki nilai kuat tarik dan kuat lentur yang relatif tinggi, sehingga dengan

memanfaatkan besi maka di harapkan menambah nilai tarik dan kuat lentur terhadap beton. Menurut penelitian Arumi Dwicahyani (2012) didapatkan hasil yaitu penambahan serat besi akan menyebabkan penurunan kualitas kuat tekan, tetapi meningkatkan kuat lentur, terjadi pada kadar serat 40 kg/m³ yaitu sebesar 5,68 MPa. Menurut penelitian Abdul azis didapatkan hasil yaitu penambahan dramix steel fiber akan menyebabkan peningkatan kuat tarik belah. Untuk mutu beton 20 MPa 2.23% dan untuk 40 MPa 11.2%. Pemanfaatan serat limbah bubuk besi sebagai bahan tambahan dalam pembuatan beton normal diharapkan dapat menambah nilai

kuat tekan, kuat tarik, modulus elastisitas dan kuat lentur. Dari uraian diatas maka akan dilakukan penelitian yang membahas perbedaan kuat tekan, kuat tarik, kuat lentur dan modulus elastisitas antara beton normal dengan beton yang menggunakan tambahan limbah bubuk besi yang bervariasi anatar lain 5%, 7.5%, dan 10% terhadap berat semen. Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Berapa nilai kuat tekan dan kuat tarik dengan penambahan serat bubuk besi dengan kadar 0%, 5%, 7.5%, dan 10% terhadap berat semen pada umur beton 28 hari.
2. Berapa nilai kuat lentur dengan penambahan limbah serat bubuk dengan kadar 0%, 5%, 7.5%, dan 10% terhadap berat semen pada umur beton 28 hari.
3. Berapa nilai modulus elastisitas dengan penambahan limbah serat bubuk dengan kadar 0%, 5%, 7.5%, dan 10% terhadap berat semen pada umur beton 28 hari.
4. Bagaimana efektifitas dari segi ekonomi penggunaan serat dalam pembuatan tiap M3 beton.

Beton

Beton adalah merupakan campuran yang homogen antara semen, air dan agregat. Karakteristik beton adalah mempunyai tegangan hancur tekan yang tinggi serta tegangan hancur tarik yang rendah. Beton merupakan fungsi dari bahan penyusunnya yang terdiri dari bahan semen hidrolis (Portland cement), agregat kasar, agregat halus, air, dan bahan tambah (admixture atau additive). Sampai saat ini beton masih menjadi pilihan utama dalam pembuatan struktur. Selain karena kemudahan dalam mendapatkan material penyusunnya, hal itu juga disebabkan oleh penggunaan tenaga yang cukup besar sehingga dapat mengurangi masalah penyediaan lapangan kerja. Hal yang menjadi pertimbangan pada proses produksinya berupa kekuatan tekan yang tinggi dan kemudahan pengerjaannya, serta kelangsungan proses pengadaan beton (Tri Mulyono, 2004).

Beton Serat

Beton serat adalah beton yang cara pembuatannya ditambah serat. Tujuan penambahan serat tersebut adalah untuk meningkatkan kekuatan tarik beton, sehingga beton tahan terhadap gaya tarik akibat, cuaca, iklim dan temperatur yang biasanya terjadi pada beton dengan permukaannya yang luas. Jenis serat yang dapat digunakan dalam beton serat dapat berupa serat alam atau serat buatan (Wikipedia). Penelitian ini menggunakan serat limbah bubuk sepanjang 50 mm. Serat limbah bubuk yang digunakan dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Hasil limbah bubuk yang di gunakan sebagai serat

Sumber: Hasil Dokumentasi Pengujian

2. METODE

Komposisi Beton

Komposisi beton yang akan dibuat pada penelitian ini terdiri dua jenis perlakuan dimana pertama dibuat perancangan beton normal dan kedua dibuat perancangan dengan pengantian sebagian dengan abu serabut kelapa. Komposisi beton normal sendiri terdiri dari semen portland, batu pecah (split), pasir dan air sedangkan komposisi pengantinya terdiri dari semen portland, batu pecah (split) pasir, abu serabut kelapa dan air sebagai campuran yang akan direncanakan pada perancangan pembuatan beton.

Agregat Halus (Pasir)

1. Pemeriksaan Berat Jenis (Specific Gravity).

Menurut (SNI 03-1969- 1990). Tujuannya untuk menentukan berat jenis dan penyerapan air dalam batu pecah agregat kasar atau batu pecah

- a. Berat Jenis Kering (Bulk Dry Specific Gravity).
- b. Berat Jenis Jenuh Kering Permukaan (Ssd).
- c. Berat Jenis Semu (Apparent).
- d. Penyerapan

2. Pemeriksaan Berat Satuan Unit (Unit Weight)

(Sumber : Sni 03-1948-1998). Tujuan : Untuk Menentukan Berat Satuan Pasir Lepas Dan Berat Satuan Pasir Padat Yang Berfungsi Untuk Mengkonversi Satuan Berat Ke Satuan Volume Atau Sebaliknya.

3. Pemeriksaan Gradasi Pasir

Menurut Sumber Sni 03 - 1968 - 1960 menjelaskan tentang prosedur gradasi suatu agregat

Tujuan : Untuk Menentukan Gradasi Modulus Kehalusannya. Bahan Yang Digunakan Untuk Agregat Halus Adalah Pasir Dalam Kondisi Kering Muka Jenuh (Ssd)

4. Pemeriksaan Kadar organik

Menurut Sni 03 - 4141 -1996 menjelaskan tentang prosedur gradasi suatu agregat

Tujuan : Untuk Mengetahui Kadar Lumpur Yang Terkandung Dalam Pasir.

5. Pemeriksaan Kadar Air

Menurut Sni 03- 1971-1990. Tujuannya adalah untuk Mengetahui Banyaknya Air Yang Terkandung Dalam Pasir Yang Dipakai Pada Campuran Beton.

Agregat Kasar (Kerikil)

Agregat Kasar Berupa Batuan Pecah Yang Diambil Dari Pasuruan

Pemeriksaan Yang Dilakukan Terhadap Batu Pecah Meliputi :

1. Pemeriksaan Berat Jenis

Menurut Sni 03-1969-1990 Tujuannya untuk Menentukan Berat Jenis Dan Penyerapan Air Dalam Batu Pecah Agregat Kasar Atau Batu Pecah

- a. Berat Jenis Kering (Bulk Dry Specific Gravity).
- b. Berat Jenis Jenuh Kering Permukaan (Ssd).
- c. Penyerapan.

2. Pemeriksaan Gradasi Batu Pecah

Menurut Sni 03 - 1968 1960 Tujuannya yaitu Untuk Menentukan Gradasi Dan Modulus Kehalusannya. Bahan Agregat Kasar Yang Digunakan Mempunyai Ukuran Butir Maksimal 40 Mm Dan Minimal 5 Mm. Untuk Pembuatan

Benda Uji, Gradasi Agregat Kasar Direncanakan Bervariasi Pada Setiap Adukan Dengan Mix Design
 Prosedur Pelaksanaan Pemeriksaan Gradasi Batu Pecah Adalah Sebagai Berikut :

Beton Segar

Beton segar adalah campuran beton setelah selesai diaduk hingga beberapa saat karakteristik dari beton tersebut belum berubah (masih plastis dan belum mengalami pengikatan). Proses awal terjadinya beton adalah pasta semen yaitu proses hidrasi antara air dengan semen, selanjutnya jika ditambahkan dengan agregat halus menjadi mortar dan jika ditambahkan dengan agregat kasar menjadi beton. Penambahan material lain maupun mengganti material yang sejenis atau berbeda akan membedakan jenis beton tersebut serta bisa menambah mutu dari beton itu sendiri.

Kemudahan Pengerjaan (Workability)

Salah satu sifat beton sebelum mengeras (beton segar) adalah kemudahan pengerjaan (workability). Workability adalah tingkat kemudahan pengerjaan beton dalam mencampur, mengaduk, menuang dalam cetakan dan pemadatan tanpa homogenitas beton berkurang dan beton tidak mengalami bleeding (pemisahan) yang berlebihan untuk mencapai kekuatan beton yang diinginkan.

Slump

Slump beton adalah penurunan ketinggian pada pusat permukaan atas beton yang diukur segera setelah cetakan uji slump diangkat (SNI 1972:2008). Nilai slump beton menunjukkan tingkat workability dari suatu campuran beton.

Kadar Udara

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk mengetahui kadar udara yang dalam adukan beton. Ada dua jenis udara di dalam beton, yaitu udara entrain dan udara yang terjebak. Dalam pemeriksaan ini adalah keduanya Kadar udara dalam beton dinyalakan dalam persen (%) terhadap volume beton, meskipun udara hanya terdapat pada pasta semen.

Bobot Isi

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan berat isi dan beton per sak semen. Berat isi beton adalah berat beton persatuan volume. sedangkan banyaknya beton per sak semen adalah untuk mengetahui banyaknya adukan beton yang dihasilkan dan 1 (satu) sak semen.

Kekuatan Tekan Beton

Kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Kuat tekan beton mengidentifikasikan mutu dari sebuah struktur. Semakin tinggi kekuatan struktur dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan (Mulyono, 2004). kuat tekan beton dapat di hitung berdasarkan **Persamaan 1.**

$$f_c' = \frac{P}{A} \tag{1}$$

dimana f_c' = kuat tekan (MPa)
 P = beban tekan (N)
 A = luas penampang benda uji (mm²)

Kuat Tarik Belah Beton

Menurut SNI 03-2491-2002 menjelaskan tentang bagaimana prosedur melakukannya pengujian uji tarik beton. Spesimen silinder beton direbahkan dan ditekan sehingga terjadi tegangan tarik pada beton.

Tegangan tarik tidak langsung dihitung dengan **Persamaan 2.**

$$T = \frac{2P}{\pi.l.d} \tag{2}$$

Dimana :

- T = kuat tarik beton (Mpa)
- P = beban hancur (N)
- l = panjang spesimen (mm)
- d = diameter spesimen (mm)

Modulus Elastisitas Beton

Menurut Murdock dan Brook (1991), modulus elastisitas yang sebenarnya atau modulus pada suatu waktu tertentu dapat dihitung dengan menggunakan **Persamaan 3.**

$$E = \sigma/\epsilon \tag{3}$$

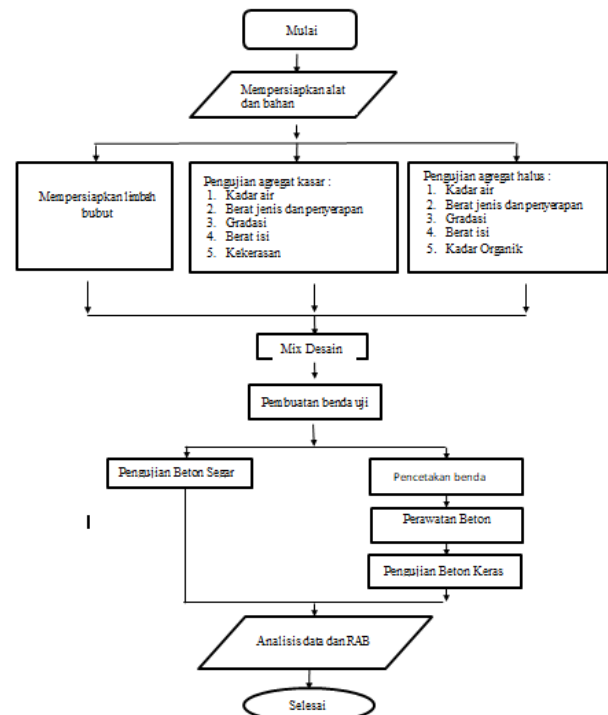
Dimana

Tegangan(σ)= P/A

Tegangan(ϵ)= Δ/L

Diagram alir penelitian

Langkah pelaksanaan penelitian ini dapat dilihat pada **Gambar 2.**



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Mix Design

Metode penentuan proporsi campuran beton yang dilaksanakan mengacu pada mix design dari SNI 2834:2000 tentang Tata Cara Penentuan Campuran Beton Normal dan SNI 03-2847:2002 serta SNI 7565:2012 tentang Tata Cara Pemilihan Material Beton. Hasil mix desain silinder pada **Tabel 1.**

Tabel 1. Hasil Mix Design Silinder

Sampel	Material	Berat Material Benda uji (Kg)
0% serat +	Semen	2,42
FAS 0,45	Air	0,99
	Agregat Halus	3,59
	Agregat kasar	5,69
5% serat +	Semen	2,42
FAS 0,45	Air	0,99
	Agregat Halus	3,59
	Agregat kasar	5,69
	Serat	0,12
	Serat	0,18
7,5% serat +	Semen	2,42
FAS 0,45	Air	0,99
	Agregat Halus	3,59
	Agregat kasar	5,69
	Serat	0,12
	Serat	0,24

Sumber : Hasil Perhitungan

Hasil Pengujian Material Penyusun Beton

1. Pengujian Agregat Kasar

Agregat kasar berasal dari batu pecah Pasuruan.

a. Pengujian Kadar Air Agregat Kasar

Hasil dari pengujian kadar air dapat dilihat pada tabel **Tabel 2.**

Tabel 2. Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Kasar

PEMERIKSAAN	Benda Uji	
	I	II
Berat Cawan (gram)	28.5	30.0
Berat Cawan + Benda Uji (gram)	185.5	162.5
Berat Benda Uji(gram)	157.0	132.5
Berat Cawan + Benda Uji Kering Oven(gram)	182.5	160.0
Berat Benda Uji Kering Oven(gram)	154.0	130.0
Kadar air	1.95	1.92
Rata – rata	1.94	

Sumber: Hasil Pengujian

b. Berat Jenis Agregat Kasar

Hasil dari pengujian berat jenis agregat kasar dapat dilihat pada **Tabel 3.**

Tabel 3. Data Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar.

PEMERIKSAAN	Benda Uji	
	I	II
Berat Benda Uji Jenuh Permukaan Kering (gram)	501	501
Berat Benda Uji Kering Oven (gram)	494,4	493,9
Berat Piknometer + Air (gram)	790	790

PEMERIKSAAN	Benda Uji	
	I	II
Berat Piknometer + Benda Uji + Air (gram)	1111,9	1112
Berat Jenis Bulk / Kering Oven	2,76	2,76
Rata rata Berat Jenis Bulk / Kering Oven	2,76	
Berat Jenis Jenuh Permukaan Kering	2,79	2,79
Rata rata Berat Jenis Jenuh Permukaan Kering	2,79	
Berat Jenis Semu (Apparent)	2,9	2,9
Rata rata Berat Jenis Jenuh semu	2,9	
Penyerapan	1,3	1,4
Rata rata penyerapan	1,4	

Sumber : Hasil Perhitungan

c. Berat Isi Kerikil

Hasil dari pengujian berat isi dapat dilihat pada **Tabel 3.**

Tabel 3. Hasil Pengujian Berat Isi Kerikil

Pemeriksaan	Benda Uji Cara lepas		
	A	B	C
Berat Mould (gram)	3143	3143	3143
Berat Mould + Kerikil (gram)	7369	7310	7309
Berat Kerikil (gram)	4226	4167	4166
Berat Mould + Air (gram)	6292	6292	6292
Berat Air / Volume Mould (cc)	3149	3149	3149
Berat Isi Kerikil	1.342	1.323	1.323
Rata-rata Berat Isi Kerikil	1.329		

Pemeriksaan	Cara Padat (Tusuk)		
	A	B	C
Berat Mould (gram)	3143	3143	3143
Berat Mould + Kerikil (gram)	7859	7766	7836
Berat Kerikil (gram)	4716	4623	4693
Berat Mould + Air (gram)	6292	6292	6292
Berat Air / Volume Mould (cc)	3149	3149	3149
Berat Isi Kerikil	1.498	1.468	1.490
Rata-rata Berat Isi Kerikil	1.485		

Pemeriksaan	Cara Padat (Goyang)		
	A	B	C
Berat Mould (gram)	3143	3143	3143
Berat Mould + Kerikil (gram)	7940	7906	7849
Berat Kerikil (gram)	4797	4763	4706
Berat Mould + Air (gram)	6292	6292	6292
Berat Air / Volume Mould (cc)	3149	3149	3149
Berat Isi Kerikil (kg/dm ³)	1.523	1.513	1.494
Rata-rata Berat Isi Keriki	1.510		
Rata-rata Berat Isi Kerikil Akhir	1.442		

Sumber: Hasil Pengujian

d. Kekerasan Agregat Kasar

Hasil dari pengujian kekerasan agregat kasar dapat dilihat pada **Tabel 4.**

Tabel 4. Hasil Pengujian Kekerasan Agregat Kasar

Pemeriksaan	Benda Uji	
	I	II
Berat Cetakan (gram)	2095	2095
Berat Cetakan + Agregat (gram)	2530	2527
Berat Agregat (gram)	435,0	432,00
Berat Agregat tertahan (gram)	403,80	411,50
Kekerasan Agregat	7,17%	4,75%
Rata rata Kekerasan Agregat	5,96%	

Sumber: Hasil Pengujian

2. Pengujian Agregat halus

a. Berat Isi Agregat Halus

Hasil dari pengujian berat isi agregat halus dapat dilihat pada **Tabel 5.**

Tabel 5. Data Hasil Pengujian Berat Isi Agregat Halus

Pemeriksaan	Benda uji cara lepas		
	A	B	C
Berat Mould (gram)	3143	3143	3143
Berat Mould + Pasir (gram)	7237	7295	7347
Berat Pasir (gram)	4094	4152	4204
Berat Mould + Air (gram)	6292	6292	6292
Berat Air / Volume Mould (cc)	3149	3149	3149
Berat Isi Pasir	1.300	1.319	1.335
Rata-rata Berat Isi Pasir	1.318		

Pemeriksaan	Benda uji cara padat tusuk		
	A	B	C
Berat Mould (gram)	3143	3143	3143
Berat Mould + Pasir (gram)	8000	8049	8054
Berat Pasir (gram)	4857	4906	4911
Berat Mould + Air (gram)	6292	6292	6292
Berat Air / Volume Mould (cc)	3149	3149	3149
Berat Isi Pasir (kg/dm ³)	1.542	1.558	1.560
Rata-rata Berat Isi Pasir	1.553		

Pemeriksaan	Cara Padat Goyang		
	A	B	C
Berat Mould (gram)	3143	3143	3143
Berat Mould + Pasir (gram)	8157	8165	8168
Berat Pasir (gram)	5014	5022	5025
Berat Mould + Air (gram)	6292	6292	6292
Berat Air / Volume Mould (cc)	3149	3149	3149
Berat Isi Pasir (kg/dm ³)	1.592	1.595	1.596
Rata-rata Berat Isi Pasir	1.594		
Rata-rata Berat Isi Pasir Akhir	1.488		

Sumber: Hasil Pengujian

b. Gradasi Agregat Halus

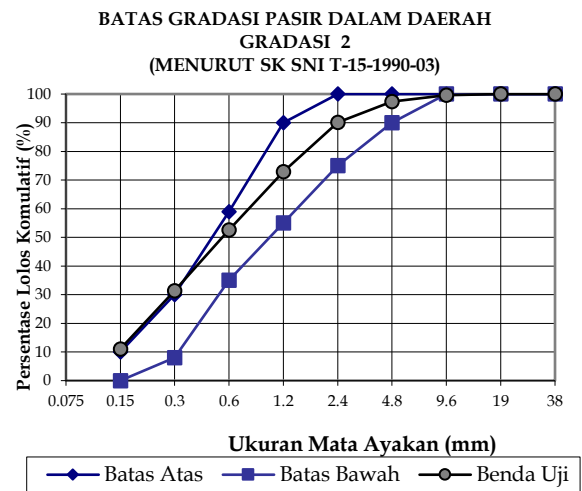
Hasil dari pengujian yang dilakukan oleh peneliti dapat dilihat pada **Tabel 6.**

Tabel 6. Data Hasil Pengujian Gradasi Agregat Halus

Lubang Saringan (mm)	Tertahan		% Kumulatif	
	Gram	%	Tertinggal	Lolos
38,10	0.00	0.00	0.00	100.00
38,10 - 19,20	0.00	0.00	0.00	100.00
19,20 - 9,60	9.10	0.39	0.39	99.61
9,60 - 4,80	52.60	2.28	2.68	97.32
4,80 - 2,40	167.70	7.27	9.95	90.05
2,40 - 1,20	394.60	17.11	27.05	72.95
1,20 - 0,60	470.20	20.39	47.44	52.56
0,60 - 0,30	488.20	21.17	68.61	31.39
0,30 - 0,15	468.90	20.33	88.94	11.06
0,15 - 0,00	255.20	11.06	100.00	0.00
Jumlah	2306.50			
Angka Kehalusan	3.45			

Sumber: Hasil Pengujian

Hasil perhitungan diketahui pasir Lumajang masuk ke dalam zona II dapat dilihat pada **Gambar 3.**



Sumber: Hasil Pengujian

Gambar 3. Grafik Gradasi Zona 2

c. Kadar Air Agregat Halus

Hasil dari pengujian yang dilakukan oleh peneliti dapat dilihat pada **Tabel 7.**

Tabel 7. Data Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Halus

Pemeriksaan	Benda Uji	
	I	II
Berat Cawan (gram)	34.5	34.5
Berat Cawan + Benda Uji (gram)	400.0	320.0
Berat Benda Uji (gram)	365.5	285.5
Berat Cawan + Benda Uji Kering Oven (gram)	392.5	311.0
Berat Benda Uji Kering Oven (gram)	358.0	276.5
Kadar Air	2.09	3.15
Kadar Air Kadar Air	2.67	

Sumber: Hasil Pengujian

d. Berat Jenis Agregat Halus

Hasil dari pengujian berat jenis agregat halus dapat dilihat pada **Tabel 8.**

Tabel 8. Data Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat Halus

Pemeriksaan	Benda Uji	
	I	II
Berat Benda Uji SSD (gram)	500.00	500.00
Berat Benda Uji Kering Oven (gram)	496.00	496.50
Berat Piknometer + Air (gram)	668.30	698.00
Berat Piknometer + Benda Uji + Air (gram)	973.50	1005.50
Berat Jenis Bulk / Kering Oven	2.546	2.579
Rata rata Berat kering oven	2.563	
Berat Jenis Jenuh Permukaan	2.567	2.597
Rata rata Berat Jenis SSD	2.582	
Berat Jenis Semu	2.600	2.627
Rata rata Berat Jenis semu	2.613	
Penyerapan	0.806	0.705
Rata rata penyerapan	0.756	

Sumber: Hasil Pengujian

e. Kadar Organik dan Kadar Lumpur Agregat Halus

Hasil dari pengujian yang dilakukan oleh peneliti dapat dilihat pada **Tabel 9.**

Tabel 9. Data Hasil Pengujian Kadar Organik dan Kadar Lumpur Agregat Halus

Pemeriksaan		Benda Uji I				Benda Uji II			
		Sisi I	Sisi II	Sisi III	Sisi IV	Sisi I	Sisi II	Sisi III	Sisi IV
Tinggi Endapan	A	3,85	3,30	2,90	3,00	3,90	3,10	3,20	2,80
Tinggi pasir	B	3,80	3,25	2,80	2,95	3,85	3,00	3,10	2,75
Kadar Lumpur	Kadar lumpur	1,30%	1,52%	3,45%	1,67%	1,28%	3,23%	3,13%	1,79%
	Δ	1,98%			2,35%				
	Δ total					2,17%			

Sumber: Hasil Pengujian

Hasil Mix Design

a. Kuat Tekan Beton

Nilai margin untuk menentukan nilai kuat tekan rata-rata (f_{cr}) yaitu 41,5 Mpa.

b. Jenis Material Beton

Material beton yang digunakan harus memiliki data tentang parameter fisik maupun data penunjang lain.

c. Faktor Air Semen

Nilai fas ditentukan dengan tabel perkiraan kekuatan tekan (Mpa) beton dengan air semen. Hasil nilai faktor air semen didapatkan sebesar 0.45.

d. FAS Maksimum dan Kadar Air Bebas

Nilai faktor air semen yang dipakai adalah nilai faktor air semen terkecil yakni 0,45 .

e. Kadar Air Bebas

Kadar air bebas yang digunakan yaitu 195 dan 225 karena memilih slump 60-180 mm dengan ukuran besar butir maksimum 20.

f. Jumlah Semen

Jumlah semen berdasarkan perhitungan sebesar 455.5 kg/m³ lebih besar dari jumlah semen minimum, sehingga hasil perhitungan tersebut yang digunakan dalam mix design.

g. Ukuran Butir Agregat dan Prosentase Agregat Halus

Jumlah prosentase agregat halus dalam beton sekitar 39%.

h. Prakiraan Berat Isi Beton

Berat isi beton berdasarkan hubungan antara berat jenis relatif agregat dan kadar air bebas didapatkan hasil sebesar 2709 (kg/m³).

i. Perhitungan Material Penyusun Beton

Kebutuhan bahan per 1 m³ yaitu :

- a. Semen : 455.56 kg
- b. Pasir : 695,38 kg
- c. Kerikil : 1073,02 kg
- d. Air : 186,04 kg

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Pengujian Slump

Hasil pengujian slump dapat dilihat pada **Tabel 10.**

Tabel 10. Data Hasil Pengujian Slump

Sampel	Slump(cm)
0% serat	6
5% serat	5,5
7.5% serat	5
10% serat	4

Sumber: Hasil Pengujian

b. Pengujian Bobot Isi

Hasil pengujian bobot isi dapat dilihat pada **Tabel 11.**

Tabel 11. Data Hasil Pengujian Bobot Isi

Pemeriksaan	Sampel uji			
	0%	5%	7,5%	10%
Berat mould (Kg)	3,3	3,3	3,3	3,3
Berat mould+benda uji (Kg)	10,60	10,53	10,48	10,39
Berat benda uji (Kg)	7,285	7,215	7,165	7,075
Berat mould + air (Kg)	6,290	6,290	6,290	6,290
Berat air (cc)	2,975	2,975	2,975	2,975
Berat Isi Beton (D)	2,449	2,425	2,408	2,378

Sumber: Hasil Pengujian

c. Pengujian Kadar Udara

Hasil pengujian kadar udara dapat dilihat pada **Tabel 12.**

Tabel 12. Data Hasil Pengujian Kadar Udara

Campuran	Kadar Udara (%)
Normal	5
5%	4,5
7,5%	4
10%	3,8

Sumber: Hasil Pengujian

d. Pengujian Kuat Tekan dan modulus elastisitas

Hasil pengujian kuat tekan dapat dilihat pada **Tabel 13.**

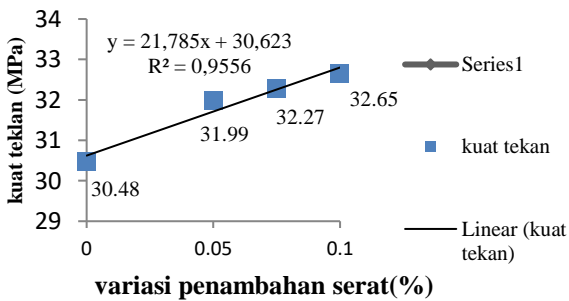
Tabel 13. Data Hasil Kuat Tekan Dan Modulus Elastisitas

Variasi (%)	ΔL (cm)	L (cm)	Beban (Kn)	A (mm)	δ tk (Mpa)	rata-rata δ tk (Mpa)	ε	E (Mpa)	E rata-rata (Mpa)
0	3,6	30	540	17662	30,6	30,5	0,0012	25478,4	23526
	4,0	30	545	17662	30,9		0,0013	23142,9	
	4,1	30	530	17662	30,0		0,0014	21957,0	
5	3,9	30	565	17662	32,0	32,0	0,0013	24607,4	24197
	4,0	30	560	17662	31,7		0,0013	23779,9	
	4,0	30	570	17662	32,3		0,0013	24204,5	
7,5	3,9	30	570	17662	32,3	32,3	0,0013	24825,1	24459
	4,2	30	565	17662	32,0		0,0014	22849,7	
	3,8	30	575	17662	32,6		0,0013	25701,9	
10	4,2	30	560	17662	31,7	32,7	0,0014	22647,5	25128
	3,6	30	580	17662	32,8		0,0012	27365,7	
	4,0	30	590	17662	33,4		0,0013	25370,9	

Sumber: Hasil Pengujian

Berdasarkan hasil yang didapat, dihasilkan grafik linear hubungan antara nilai kuat tekan dengan variasi dan nilai modulus elastisitas dengan variasi.

Berikut grafik hubungan antara kuat tekan dengan variasi tersebut dapat dilihat pada **Gambar 4.**



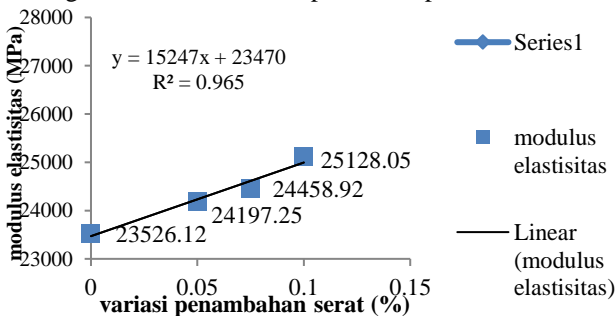
Gambar 4. Grafik Hubungan kuat tekan dengan variasi.

Berdasarkan hasil dari grafik di atas, maka dihasilkan persamaan :

$$y = 21,785x + 30,623$$

$$R^2 = 0,7531$$

Berikut grafik hubungan antara nilai modulus elastisitas dengan variasi tersebut dapat dilihat pada **Gambar 5.**



Gambar 5. Grafik Hubungan kuat tekan dengan variasi Berdasarkan hasil dari grafik di atas, maka dihasilkan persamaan :

$$y = 15247x + 23470$$

$$R^2 = 0,145$$

e. Pengujian Kuat Tarik Belah

Hasil dari pengujian kuat tarik belah dapat dilihat pada

Tabel 14.

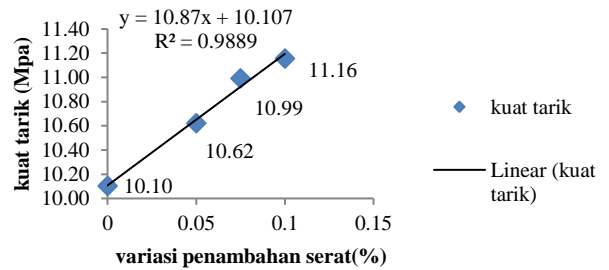
Tabel 14. Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah

Variasi (%)	Beban (kN)	L (mm)	D (mm)	δ tr (mm)	Rata-rata δ tr (Mpa)
0	225	300	150	10,00	
	223	300	150	9,91	10,10
	234	300	150	10,40	
5	242	300	150	10,76	
	240	300	150	10,67	10,62
	235	300	150	10,44	
7,5	251	300	150	11,16	
	249	300	150	11,07	10,99
	242	300	150	10,76	
10	256	300	150	11,38	
	251	300	150	11,16	11,16
	246	300	150	10,93	

Sumber: Hasil Pengujian

Berdasarkan hasil yang didapat, dihasilkan grafik linear hubungan antara nilai kuat tarik belah dengan variasi.

Berikut grafik hubungan antara kuat tarik belah dengan variasi, dapat dilihat pada **Gambar 6.**



Gambar 6. Grafik Hubungan kuat tarik belah dengan Variasi

Berdasarkan hasil dari grafik di atas, maka dihasilkan persamaan :

$$y = 10,87x + 10,107$$

$$R^2 = 0,8305$$

f. Hubungan Antara Kuat Tarik Pengujian Dan Kuat Tarik Berdasarkan Rumus.

Dengan menggunakan rumus $\delta ft = 0,556\sqrt{fc'}$ didapatkan hasil seperti **Tabel 15** di bawah ini.

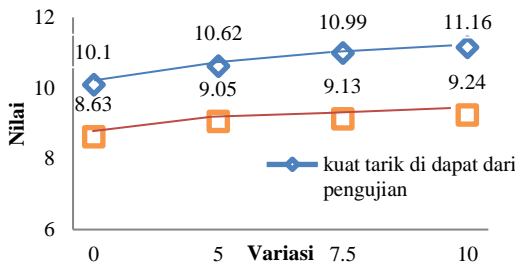
Tabel 15. Hubungan kuat tarik pengujian dengan kuat tarik yang di dapat dari rumus.

Variasi (%)	Δt_r (Mpa)	Rata-rata δt_r (Mpa)	f_c' (Mpa)	Rata-rata f_c (Mpa)	Δt_k (Mpa)
0	10,00	10,1	30,57	30,48	8,63
	9,91		30,86		
	10,40		30,01		
5	10,76	10,62	31,99	31,99	9,05
	10,67		31,71		
	10,44		32,27		
7,5	11,16	10,99	32,27	32,27	9,13
	11,07		31,99		
	10,76		32,56		
10	11,38	11,16	31,71	32,65	9,24
	11,16		32,84		
	10,93		33,41		

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan tabel di atas, didapatkan kesimpulan bahwa nilai kuat tarik belah pengujian lebih besar daripada nilai kuat tarik yang di dapat berdasarkan nilai kuat tekan.

Hubungan antara kuat tarik pengujian dengan kuat tarik yang didapat dari rumus dapat dilihat pada **gambar 7**.



Gambar 7. Grafik hubungan kuat tarik belah pengujian dengan kuat tarik yang di dapat dari rumus

g. Pengujian Kuat Lentur

Hasil dari pengujian yang dilakukan oleh peneliti dapat dilihat pada **Tabel 16**.

Tabel 16. Data Hasil Pengujian Kuat Lentur

Variasi (%)	Beban (%)	Beban (N)	L (mm)	B (mm)	H (mm)	Kuat Lentur (Mpa)
0	6	6000	640	100	100	3,84
5	7	7000	640	100	100	4,48
7,5	7	7000	640	100	100	4,48
10	8	8000	640	100	100	5,12

Sumber: Hasil Pengujian

4. KESIMPULAN

1. Hasil pengujian kuat tekan beton berserat dengan variasi serat 0%, 5%, 7,5%, 10% terhadap berat semen pada umur 28 hari, didapat nilai kuat tekan variasi serat 0% rata-rata 30,5 MPa. Didapat nilai kuat tekan variasi serat 5% rata-rata 32 MPa. didapat nilai kuat tekan variasi serat 7,5% rata-rata 32,3 MPa dan didapat nilai kuat tekan variasi serat 10% rata-rata 32,7 MPa..

2. Hasil pengujian modulus elastisitas beton berserat dengan variasi serat 0%, 5%, 7,5%, 10% terhadap berat semen pada umur 28 hari, didapat nilai modulus elastisitas variasi serat 0% rata-rata 23526 MPa. Didapat nilai modulus elastisitas variasi serat 5% rata-rata 24197 MPa. Didapat nilai modulus elastisitas variasi serat 7,5% rata-rata 24459 MPa. Didapat nilai modulus elastisitas variasi serat 10% rata-rata 25128 MPa.

3. Hasil pengujian kuat tarik beton berserat dengan variasi serat 0%, 5%, 7,5%, 10% terhadap berat semen pada umur 28 hari, didapat nilai kuat tarik variasi serat 0% rata-rata 10,10 MPa. Didapat nilai kuat tarik variasi serat 5% rata-rata 10,62 MPa. Didapat nilai kuat tarik variasi serat 7,5% rata-rata 10,99 MPa. Didapat nilai kuat tarik variasi serat 10% rata-rata 11,16 MPa.

4. Hasil pengujian kuat lentur beton berserat dengan variasi serat 0%, 5%, 7,5%, 10% terhadap berat semen pada umur 28 hari, didapat nilai kuat lentur variasi serat 0% rata-rata 3,84 MPa. Didapat nilai kuat lentur variasi serat 5% 4,48 MPa. Didapat nilai kuat lentur variasi serat 7,5% sebesar 4,48 MPa. Didapat nilai kuat lentur variasi serat 10% yaitu sebesar 5,12 MPa.

5. Telah terjadi kenaikan kuat tekan 3 MPa yaitu dari 30 Mpa menjadi 33 Mpa. Biaya untuk pembuatan tiap 1 m³ beton 30 mpa dengan serat sebesar Rp 1.390.000,00 sedangkan untuk 33 MPa sebesar Rp 1.464.380,00. Sehingga dapat menghemat sebesar Rp 74.723,00 tiap m³.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Standardisasi Nasional, (2000). *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal, SNI 03-2834-2000*. BSN: Bandung.
- [2] Badan Standardisasi Nasional, (1990). *Cara Uji Gradasi Agregat, SNI 03-1968-1990*. BSN : Bandung.
- [3] Badan Standardisasi Nasional, (2008). *Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar, SNI 1969-2008*. BSN: Bandung.
- [4] Badan Standardisasi Nasional, (2008). *Cara Uji Berat Isi dan Kadar Udara Beton, SNI 1973-2008*. BSN: Bandung.
- [5] Badan Standardisasi Nasional, (2008). *Cara Uji Slump Beton, SNI 1972-2008*. BSN: Bandung.
- [6] Badan Standardisasi Nasional, (2011). *Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder, SNI 1974-2011*. BSN: Bandung.
- [7] Badan Standardisasi Nasional, (2011). *Cara Uji Kuat Lentur Beton normal dengan Dua Titik Pembebanan , SNI 2491-2002*. BSN: Bandung.
- [8] Dwicahyani , Arum. (2012), skripsi perbandingan kuat tekan dan kuat lentur beton serat limbah bubuk besi terhadap beton serat fabrikasi. Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- [9] Mulyono, Tri, (2004) . *Teknologi Beton*. Penerbit Andi. Yogyakarta.
- [10] Gideon, Kusuma, (1993). *Pedoman pengerjaan beton*. Penerbit erlangga. Jakarta.