

PENGARUH PENAMBAHAN SERAT BAJA (*STEEL FIBER*) TERHADAP KUAT TEKAN DAN KUAT TARIK BELAH PADA BETON NORMAL

A. Zulpanani , Hendry *, Togar Sirait , Ery Radya Juarti , Yusmiati Kusuma

Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Bandung, Bandung, 40012

*Email penulis, korespondensi: hendry@polban.ac.id

ABSTRAK

Beton normal merupakan beton yang memiliki kuat tekan di bawah 41,4 MPa, dan beton pada mutu ini saat ini menjadi salah satu material yang banyak digunakan dalam dunia konstruksi. Beton adalah suatu campuran yang terdiri dari bahan semen, agregat dan air serta *addmixture*. Menurut SNI 03-6468-2000 berdasarkan kuat tekannya beton terbagi dua jenis : Beton normal dengan $f'_c < 41,4$ MPa dan beton mutu tinggi dengan $f'_c \geq 41,4$ MPa. Menurut ACI 544.3R-84, Serat baja didefinisikan sebagai serat baja yang mempunyai bentuk kecil-kecil yang rata atau bergelombang, yang didapat dari hasil leburan ekstrak serat-serat baja, yang dalam pemakaiannya tersebar merata dalam campuran beton segar dengan aspek rasio yaitu panjang serat dibagi dengan diameter serat (l/d) antara 12,7 mm – 63,5 mm. Dalam penelitian ini variasi serat baja dibuat masing-masing 0%, 4% dan 6% terhadap campuran beton yang dibuat, dengan jumlah benda uji 4 buah untuk kuat tekan dan 4 buah untuk *split test* (tarik tak langsung) pada umur 14 hari dan 28 hari. Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa pemakaian serat baja dengan kadar 6% untuk beton normal dapat meningkatkan kuat tekan dan kuat tarik dari beton yang bersangkutan, dari 25,91 MPa dan 2,80 MPa menjadi 36,99 MPa dan 3,96 MPa.

Kata Kunci : Beton Normal, Serat Baja, Kuat Tekan, Kuat Tarik

ABSTRACT

Concrete is a mixture consisting of cement, aggregate and water and admixture. According to SNI 03-6468-2000 based on its compressive strength, the concrete is divided into two types: Normal Concrete with $f'_c < 41.4$ MPa and high quality concrete with $f'_c \geq 41,4$ MPa. According to ACI 544.3R-84, steel fiber is defined as steel fiber in the form of small flat or wavy, which is obtained from the fused extract of steel fibers, which in use are evenly distributed in a fresh concrete mixture with an aspect ratio of ie fiber length divided by fiber diameter (l/d) between 12.7 mm – 63.5 mm. In this study, variations in steel fibers were made at 0%, 4% and 6% respectively for the concrete mixture made, with a total sample of 4 specimens for Compressive Strength and 4 for split test (indirect tensile strength test) at the age of 14 days and 28 days. From the test results show that the use of steel fiber with a content of 6% for Normal Concrete can increase the compressive strength and tensile strength of the concrete, from 25.91 MPa and 2.80 MPa to 36.99 MPa and 3.96 MPa.

Keywords: Normal Concrete, Steel Fiber, Compressive Strength, Tensile Strength

1. PENDAHULUAN

Saat ini sebagian besar bangunan di Indonesia masih menggunakan konstruksi beton bertulang. Hal ini dapat dilihat dari kondisi fisik bangunan yang memiliki dimensi struktur yang besar sehingga berpengaruh terhadap berat bangunan itu sendiri. Beton pada umumnya kuat menahan tekanan, namun kurang kuat terhadap tarikan. Oleh karena itu, banyak penelitian dilakukan untuk meningkatkan ketahanan beton terhadap gaya tarik, salah satunya dengan penambahan serat pada adukan beton. Dalam penelitian Trimurtiningrum [1] dan Lestari [2], kadar serat bambu yang akan menghasilkan peningkatan kuat tekan dan kuat tarik belah optimum pada beton adalah 1%. Sementara itu, pada penelitian yang dilakukan oleh Junaidi [3], kadar serat bambu yang diberikan pada beton masih bisa ditingkatkan hingga 4% untuk mendapatkan kutaa tekan pada beton. Selain serat bambu, penelitian lain dengan mencampurkan serat ijuk pada beton juga sudah pernah dilakukan, meskipun penambahan serat ijuk pada beton cenderung memberikan nilai kuat tekan yang sedikit lebih rendah dibanding dengan beton normal [4].

Penambahan serat baja pada beton juga banyak diteliti oleh para peneliti sebelumnya. Penambahan serat baja ini diharapkan dapat meningkatkan kekuatan tarik pada beton karena sifat baja yang memiliki ketahanan yang besar terhadap kuat tarik. Penambahan serat baja sebesar 0,75% dari volume beton terbukti dapat memberikan peningkatan kekuatan *self compacting concrete* yang optimal pada beton mutu tinggi [5]. Penelitian lain juga menunjukkan bahwa pemberian serat baja, berupa kawat galvanis juga dapat meningkatkan kuat tekan dan kuat tarik belah beton [6]–[9]. Oleh karena itu, beton serat dapat dijadikan solusi untuk meningkatkan mutu beton.

Beton serat baja (*steel fiber concrete*) merupakan beton masa depan yang diharapkan dapat menambah kekuatan tarik dari beton itu sendiri, akan tetapi dalam pembuatan beton serat baja memerlukan beberapa langkah teknis tertentu, yang berkaitan dengan bahan yang digunakan dan proses pembuatannya. Adapun bahan yang digunakan untuk pembuatan beton serat baja, antara lain adalah: agregat kasar dan halus, semen *portland*, potongan serat baja serta air. Sedangkan proses pembuatannya tidak jauh berbeda dengan proses pembuatan beton biasa, hanya saja campuran serat baja dimasukkan bersama sama dengan bahan pembentuk beton lainnya sebagai pengganti tulangan beton. Dalam beberapa penelitian sebelumnya, serat baja yang ditambahkan pada campuran beton umumnya memiliki bentuk seperti batang-batang memanjang [6]–[9]. Sementara itu, dalam penelitian ini, serat baja yang digunakan tidak berbentuk batang, melainkan berbentuk gelombang lurus karena memanfaatkan limbah serutan/bubutan baja. Adapun evaluasi mutu beton serat pada penelitian ini hanya mencakup pada kuat tekan dan kuat tarik belahnya. Dimunculkannya beton serat baja sebagai beton masa depan, bertujuan untuk digunakan sebagai landasan atau beton pelapis/perata, seperti untuk jalan, landasan parkir, atau tempat-tempat lain yang sejenis.

2. PENDAHULUAN

2.1 Beton

Beton merupakan bahan konstruksi yang memiliki kelebihan yang khas, antara lain mempunyai kuat tekan (*compressive strength*) yang tinggi, dapat dibentuk sesuai kebutuhan dan tidak memerlukan perawatan kontinyu setelah beton tersebut mengeras. Namun demikian beton juga memiliki kekurangan, antara lain memiliki sifat kuat tarik (*tensile strength*) yang rendah sehingga getas (*brittle*). Namun demikian, beton masih merupakan pilihan yang dominan dalam mendirikan konstruksi bangunan. Pada umumnya beton adalah suatu campuran yang terdiri dari bahan semen, agregat (halus dan kasar) dan air serta *admixture* (bila diperlukan). Menurut SNI 03-6468-2000, berdasarkan kuat tekannya beton terbagi dua jenis, yaitu : beton normal dengan $f'_c < 41,4$ MPa dan beton mutu tinggi dengan $f'_c \geq 41,4$ MPa. Pada umumnya, beton tersusun dari 3% udara, $\pm 8\%$ air, $\pm 15\%$ semen, serta $\pm 75\%$ agregat.

Pada PBI 1971 atau 1989 mengatakan kekuatan beton umumnya merupakan sifat yang terpenting dari beton dan sifat ini banyak mempengaruhi sifat-sifat yang lainnya dalam pemakaian beton setelah mengeras [10], [11]. Pada umumnya sifat kekuatan beton dinyatakan terhadap kekuatan tekan rata-rata dari betonnya pada umur tertentu yang biasanya dipakai keseragaman yaitu umur 28 hari, pada suhu udara normal serta kelembaban udara yang umum pula. Untuk Indonesia sebagai negara tropis lembab, suhu udara rata-rata berkisar 20 - 30°C dengan kelembaban rata-rata antara 60 – 80% RH.

Beton setelah mengeras mempunyai sifat mampu menahan gaya tekan sampai batas yang ditentukan, sebaliknya dia tidak mampu menahan gaya tarik. Untuk mengatasi keterbatasan bahan beton tersebut, perlu dikembangkan penggunaan serat baja (*steel fiber*) pada adukan beton. Tujuannya adalah untuk memberikan tulangan pada beton dengan cara menyebarkan serat baja tersebut secara merata dalam adukan beton segar. Jenis serat baja yang digunakan dapat berupa serat baja yang mempunyai modulus elastisitas yang lebih tinggi (*high modulus fiber*) dari bahan pembentuk betonnya, seperti : *fiber carbon*, fiber baja, ataupun yang mempunyai modulus elastisitas yang rendah (*low modulus fiber*), seperti : jerami, ijuk dan serabut kelapa. Dalam penelitian ini kami menggunakan serat baja (*Steel Fiber*).

2.2 Serat Baja (*Steel Fiber*)

Menurut ACI 544.3R-08, serat baja (*steel fiber*) didefinisikan sebagai serat baja yang mempunyai bentuk kecil-kecil yang rata atau bergelombang, yang didapat dari hasil leburan ekstrak serat-serat baja, yang dalam pemakaiannya tersebar merata dalam campuran beton segar dengan aspek rasio yaitu panjang serat dibagi dengan diameter serat (l/d) antara 12,7 mm – 63,5 mm [12]. Berdasarkan ASTM-A820 terdapat empat tipe umum serat baja yang digunakan sebagai material untuk campuran beton, tipe 1 (kawat dingin), tipe 2 (potongan tipis), tipe 3 (leburan ekstrak), dan tipe 4 (serat baja jenis lainnya). Terdapat beberapa jenis bahan serat baja yang dapat digunakan untuk memperbaiki sifat-sifat beton di atas, antara lain : serat baja (*steel fiber*), serat kaca (*glass fiber*), plastik (*polypropylene*) dan karbon (*carbon*) [13].

Penambahan serat baja pada beton bertujuan untuk memberikan tulangan pada beton yang dibuat, dengan cara disebarkan secara merata ke dalam adukan beton dengan proporsi tertentu, sehingga diharapkan dapat mengurangi retak pada bagian beton yang mengalami tarik. Retak-retak ini terjadi sebagai akibat pengaruh pembebanan, pengaruh susut pada beton atau pengaruh panas hidrasi. Kuat tarik beton yang dibuat dipengaruhi oleh bentuk dan kandungan serat baja yang digunakan. Serat baja (*steel fiber*) yang mempunyai bengkokan (*hooked end fiber*) dapat meningkatkan kuat tarik beton lebih baik dari yang menggunakan serat baja lurus (*straight fiber*). Serat baja dengan ujung-ujung dibengkokkan juga lebih efektif dalam menahan beban sebagai akibat dari terjadinya lentur dan tekan pada beton [14].

3. METODE PENELITIAN

3.1 Material Penelitian

Material yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari agregat kasar, agregat halus, semen, air, dan serat baja. Agregat kasar yang digunakan berasal dari daerah Lagadar (Bandung Selatan), sementara agregat halusnya berasal dari daerah dari Galunggung. Semen Portland yang digunakan sebagai bahan ikat merupakan semen tipe 1 merek Tiga Roda, dan air tanah yang digunakan diambil dari sumur bor. Untuk serat baja, digunakan serat baja tipe – 4 yang didapat dari ekstrak leburan baja dengan bentuk gelombang-lurus yang didapat dari hasil serutan/bubutan logam (besi dan baja) dari bengkel-bengkel las/bengkel-bengkel mesin di Bandung Jawa Barat.

3.2 Jumlah Benda Uji

Dalam penelitian ini beton direncanakan memiliki mutu beton $f'_c = 25$ MPa, yang dirancang menggunakan metode ACI. Benda uji yang dibuat adalah berbentuk silinder dengan ukuran diameter 15 cm dengan tinggi 30 cm. Benda uji dibuat masing-masing 4 buah untuk masing-masing variasi dan jenis uji. Variasi prosentase serat baja yang ditambahkan antara lain 0%, 4% dan 6%. Masing-masing variasi benda uji diuji tekan dan uji tarik belah pada usia 14 dan 28 hari.

3.3 Pengujian Karakteristik Material Pembentuk Beton

Material pembentuk beton yang digunakan dalam penelitian ini adalah Semen Portland, Agregat Kasar, Agregat Halus dan Air. Sebelum dilakukan pembuatan benda uji beton, dilakukan pengujian terhadap agregat kasar meliputi uji Berat Jenis dan Penyerapan, sesuai dengan ASTM C.129-93, uji kadar lumpur sesuai dengan ASTM C.117-95, uji bobot isi dalam kondisi padat dan gembur sesuai dengan ASTM C.29-95, serta Analisa Ayak berdasarkan ASTM 136-96a. Untuk agregat halus, dilakukan pengujian yang sama dengan agregat kasar, ditambah dengan pengujian kadar Zat Organik sesuai dengan ASTM C. 40-97. Sementara itu, pengujian semen hanya dilakukan hanya terhadap Berat Jenisnya saja. Pengujian terhadap karakteristik yang lainnya tidak dilakukan karena telah memenuhi standar kualitas dalam konstruksi teknik sipil. Pengujian air juga tidak dilakukan, karena air yang digunakan sesuai standar air minum.

3.4 Pengujian Benda Uji Beton

Pengujian benda uji beton yang dibuat dilakukan terhadap kuat tekan beton yang mengacu pada ASTM C.39-96 dan kuat tarik tak langsung (*Split Test*) yang mengacu pada ASTM C. 496-96, pada umur 14 hari dan 28 hari. Pengujian kuat tekan dan kuat tarik beton yang dilakukan ditunjukkan pada Gambar 1a dan 1b.



(a) (b)
Gambar 1. Pengujian: a) kuat tekan beton, b) kuat tarik beton

4. HASIL PENGUJIAN

4.1. Karakteristik Material Pembentuk Beton

Hasil pengujian sifat fisis material penyusun beton dapat dilihat pada Tabel 1, Tabel 2 dan Tabel 3. Tabel 1 menunjukkan hasil pengujian dari agregat kasar. Dari Tabel 1, terlihat bahwa berat jenis agregat kasar yang merupakan berat jenis jenuh kering permukaan (*Saturated Surface Dry/SSD*) memiliki nilai 2,60. Sementara itu, SNI 03-1996-1990 mensyaratkan berat jenis SSD

agregat kasar berada pada rentang 1,80 - 2,80. Nilai penyerapan air agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini sebesar 1,70 %, telah memenuhi persyaratan, dimana SNI 03-1996-1990 mensyaratkan nilai penyerapan air agregat kasar maksimum 5 %. Agregat kasar memiliki kadar lumpur sebesar 0,86%. Dalam ASTM C.33-1995, syarat kadar air pada agregat kasar adalah maksimum 1 %.

Tabell. Hasil pengujian agregat kasar

Jenis Pengujian	Metoda Uji	Hasil Pengujian		Persyaratan*)
a. Berat Jenis	ASTM. C127-93	2,60		SNI 03-1996-1990
b. Penyerapan air	ASTM C.129-93	1,70 %		SNI 03-1996-1990
c. Kadar Lumpur	ASTM C.117-95	0,86 %		ASTM C.33-1995
d. Bobot isi padat	ASTM C.29-95	1,56 gr/cm ³		SNI 03-4804-1998
e. Bobot isi gembur	ASTM C.29-95	1,34 gr/cm ³		SNI 03-4804-1998
		Ukuran Ayakan (mm)	% Kumulatif Tertahan	Lolos
		31,50	0,00	100
		25,00	0,35	99,65
		19,00	27,66	72,34
		12,50	89,24	10,76
f. Analisa Ayak	ASTM 136-96a	9,50	96,30	3,70
		4,75	99,73	0,27
		2,36	99,89	0,11
		1,18	99,91	0,09
		0,60	99,92	0,08
		0,30	99,94	0,06
		0,15	99,97	0,03
		0,075	100	0,00
		FM	7.233	

Persyaratan*) :

- | | |
|--|-----------------------------|
| a. Agregat normal $1.8 > BJ < 2.8$ gr/ml | d. Tidak ada spesifikasi |
| b. Maks. 5% | e. Tidak ada spesifikasi |
| c. Maks. 1% | f. $6.8 \leq FM \leq 10.47$ |

Tabel 2 menunjukkan hasil pengujian karakteristik agregat halus. Dari Tabel 2, berat jenis jenuh kering permukaan (*Saturated Surface Dry/SSD*) dari agregat halus adalah 2,48 dan memenuhi persyaratan, sementara itu SNI 03-1996-1990 mensyaratkan nilai berat jenis SSD sebesar 1,80-2,80. Selanjutnya, nilai penyerapan air agregat halus adalah sebesar 3,32%. SNI 03-1996-1990 mensyaratkan nilai penyerapan air maksimum 5%. Kadar lumpur agregat halus memiliki nilai 7,55%. ASTM C.33-1995 mensyaratkan nilai kadar lumpur maksimum dari agregat halus adalah maksimum 5%, sehingga agregat halus harus dicuci terlebih dahulu sebelum digunakan, sampai didapatkan kadar lumpur $< 5\%$. Sementara itu, Tabel 3 menunjukkan hasil pengujian berat jenis semen. Dapat dilihat bahwa dari hasil pengujian berat jenis semen *portland* yang digunakan adalah 3,14 gr/ml, sedangkan persyaratan berkisar antara 3,10 – 3,20 gr/ml.

4.2 Perancangan Campuran Beton (Metode ACI)

Hasil dari perancangan campuran beton dengan dilakukan dengan mengacu pada metode ACI. Mutu beton yang direncanakan adalah $f'_c = 25$ MPa dan $FAS = 0,61$. Dari hasil perhitungan, didapatkan kebutuhan bahan untuk 1 m³ beton seperti yang disajikan pada Tabel 4. Setelah dilakukan pencampuran adukan beton, dilakukan pengujian *slump*. Hasil dari pengujian *slump* dapat dilihat pada Tabel 5. Dari Tabel 5, dapat diketahui bahwa semakin tinggi prosesntase serat baja yang ditambahkan pada beton, semakin kecil pula nilai *slump* yang didapatkan. Penambahan kadar beton menyebabkan *workability* pada beton semakin menurun. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian terdahulu dimana penambahan serat mengakibatkan penurunan nilai *slump* beton [15].

Tabel 2. Hasil pengujian agregat halus

Jenis Pengujian	Metoda Uji	Hasil Pengujian	Persyaratan*)	
a. Berat Jenis	ASTM. C127-93	2.48	SNI 03-1996-1990	
b. Penyerapan air	ASTM C.129-93	3.32 %	SNI 03-1996-1990	
c. Kadar Lumpur	ASTM C.117-95	7.55 %	ASTM C.33-1995	
d. Zat Organik	ASTM C.40-97	Lebih muda	ASTM C.33-1995	
e. Bobot isi padat	ASTM C.29-95	1.85 gr/cm ³	SNI 03-4804-1998	
f. Bobot isi gembur	ASTM C.29-95	1.49 gr/cm ³	SNI 03-4804-1998	
g. Analisa Ayak	ASTM 136-96a	Ukuran Ayakan (mm)	% Kumulatif	
			Tertahan	Lolos
		31.50	0.00	100
		25.00	1.00	99.00
		19.00	2.23	97.77
		12.50	9.70	90.30
		9.50	15.14	84.86
		4.75	22.45	77.55
		2.36	40.58	59.42
		1.18	55.69	44.31
		0.60	70.17	29.83
		0.30	82.76	17.24
		0.15	95.16	4.84
0.075	100.00	0.00		
	FM	3.842	SNI 03-6884-2002	

Persyaratan*):

- a. Agregat normal $1.8 > BJ < 2.8$ gr/ml
 b. Maks. 5%
 c. Maks. 5%
 d. Negatif
- d. Tidak ada Spesifikasi
 e. Tidak ada soesifikasi
 f. $2.0 \leq FM \leq 3.10$

Tabel 3. Hasil pengujian berat jenis semen portland

Jenis Pengujian	Metode Uji	Hasil Pengujian	Persyaratan
Berat Jenis	SNI 15-2049-1990	3,14 gr/ml	3,10 – 3.20 gr/ml

Tabel 4. Kebutuhan bahan untuk 1m³ beton (FAS = 0.610)

No.	Jenis Bahan	Kebutuhan Bahan (kg)
1.	Semen Portland	336
2.	Agregat Halus (Pasir)	920
3.	Agregat Kasar (Split)	995
4.	Air	142
	Berat Volume	2393

Tabel 5. Hasil pengujian slump pada beton segar

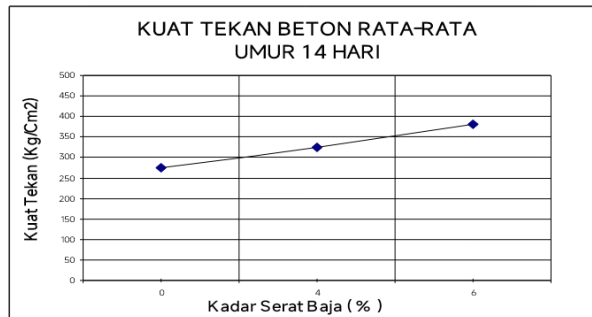
No.	Kandungan Serat Baja	Nilai Slump (mm)
1.	0 %	80
2.	4 %	42
3.	6 %	23

4.3 Pengujian Kuat Tekan Beton

Hasil pengujian beton pada umur 14 hari dan 28 hari dengan bentuk benda uji silinder ukuran dia. 15 cm dan tinggi 30 cm, dapat dilihat pada Tabel 6 dan Tabel 7, serta Gambar 2 dan 3. Pada usia beton 14 hari, rata-rata nilai kuat tekan beton dengan presentasi serat baja sebesar 0%, 4%, dan 6% adalah 274,434 kg/cm², 325,729 kg/cm², dan 380,728 kg/cm². Pada usia beton 14 hari, beton dengan campuran 6% serat baja memiliki kuat tekan yang paling tinggi dibandingkan dengan benda uji yang lain. Dapat dikatakan bahwa penambahan kadar serat baja pada beton dapat meningkatkan mutu kuat tekan beton. Namun, masih perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk mengetahui kadar optimum serat baja yang bisa diberikan pada beton normal.

Tabel 6. Hasil pengujian kuat tekan beton umur 14 hari

Kandungan Serat Baja	Kode Benda Uji	Berat (kg)	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Luas (cm ²)	P Maks (kg)	Kuat Tekan (kg/cm ²)
0 %	TK-0114	12,94	15,00	29,00	176,625	44500	251,946
	TK-0214	12,44	14,80	30,00	171,946	43700	254,149
	TK-0314	12,74	14,40	30,00	162,778	46500	285,666
	TK-0414	12,42	14,50	29,70	165,046	50500	305,975
Rata - rata							274,434
4 %	TK-4114	11,43	15,10	30,30	178,988	55625	310,775
	TK-4214	11,73	15,10	30,20	178,988	54625	305,188
	TK-4314	11,43	15,10	30,20	178,988	58125	324,743
	TK-4414	11,43	14,90	30,05	174,278	63125	362,209
Rata - rata							325,729
6 %	TK-6114	11,53	15,20	30,60	181,366	65415	360,679
	TK-6214	11,49	15,10	30,70	178,988	62439	348,845
	TK-6314	11,44	15,05	30,25	177,804	68355	384,439
	TK-6414	11,79	14,85	30,50	173,110	74255	428,947
Rata - rata							380,728

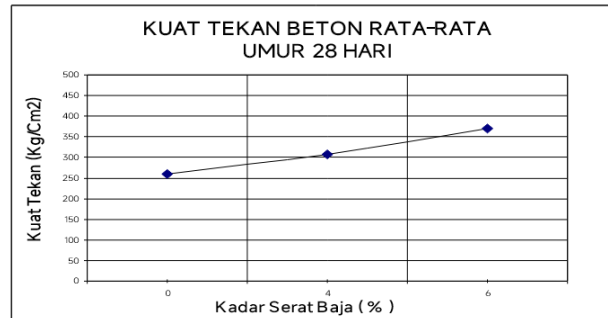


Gambar 2 Grafik kuat tekan beton usia 14 hari pada berbagai variasi kadar serat baja

Tren penambahan kekuatan juga didapatkan pada hasil uji kuat tekan beton pada usia 28 hari. Rata-rata nilai kuat tekan beton dengan presentasi serat baja sebesar 0%, 4%, dan 6% adalah 259,097 kg/cm², 306,367 kg/cm², dan 396,942 kg/cm². Pada usia beton 28 hari, beton dengan campuran 6% serat baja memiliki kuat tekan yang paling tinggi dibandingkan dengan benda uji yang lain. Dari Tabel-6 dan Tabel-7, dapat dilihat hasil pengujian kuat tekan beton, baik pada umur 14 hari maupun pada umur 28 hari, dengan menggunakan serat baja (*steel fiber*) pada campuran beton segar dapat meningkatkan kekuatan beton normal, sekitar 17.86% untuk kadar serat baja 4% (pada umur 28 hari). Sementara itu, untuk kadar serat baja 6% dapat meningkatkan kekuatan tekan beton sekitar 42.78% bila dibandingkan dengan tanpa kadar serat baja (0%)

Tabel 7. Hasil pengujian kuat tekan beton umur 28 hari

Kandungan Serat Baja	Kode Benda Uji	Berat (kg)	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Luas (cm ²)	P Maks (kg)	Kuat Tekan (kg/cm ²)
0 %	TK-0128	12,862	14,60	29,58	167,331	52000	310,762
	TK-0228	12,935	14,60	30,85	167,331	38500	230,083
	TK-0328	12,737	15,35	30,50	184,964	43900	237,344
	TK-0428	12,663	15,13	30,40	179,700	45500	253,200
Rata - rata							259,097
4 %	TK-4128	11,351	15,50	30,60	188,596	65000	344,652
	TK-4228	11,431	15,30	30,70	183,761	48125	261,890
	TK-4328	11,390	15,40	30,25	186,171	54875	294,757
	TK-4428	11,301	14,95	30,50	175,449	56875	324,167
Rata - rata							306,367
6 %	TK-6128	11,697	15,30	30,60	183,761	76440	415,976
	TK-6228	11,629	15,00	30,70	176,625	56595	320,425
	TK-6328	11,281	14,50	30,25	165,046	64533	390,999
	TK-6428	11,528	15,55	30,50	189,815	66885	352,369
Rata - rata							369,942



Gambar 3 Grafik kuat tekan beton usia 28 hari pada berbagai variasi kadar serat baja

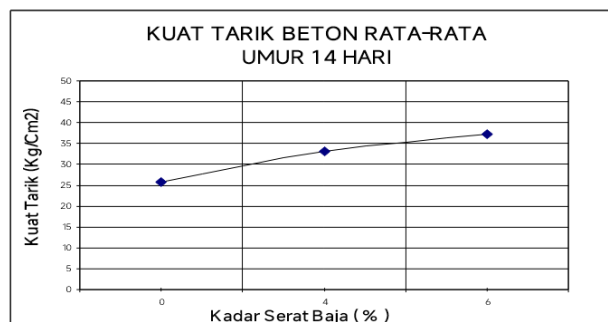
4.4 Pengujian Kuat Tarik Beton

Hasil pengujian kuat tarik belah beton pada umur 14 hari dan 28 hari dengan bentuk benda uji silinder ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, dapat dilihat pada Tabel-8, Tabel-9, Gambar 4, dan Gambar 5. Beton yang tidak dicampur serat baja memiliki kuat tarik belah sebesar 25,675 kg/cm² pada usia 14 hari dan 28,000 kg/cm² pada usia 28 hari. Beton dengan penambahan serat baja sebesar 4% memiliki kuat tarik belah sebesar 33,175 kg/cm² pada usia 14 hari dan 33,800 kg/cm² pada usia 28 hari. Sementara itu, pada usia 14 hari, beton normal yang ditambah dengan 6% serat baja memiliki kuat tarik lentur sebesar 37,275 kg/cm² dan 39,575 kg/cm² pada usia 28 hari.

Tabel-8 dan Tabel-9 menunjukkan bahwa baik pada umur 14 hari maupun pada umur 28 hari, penggunaan serat baja (*steel fiber*) pada campuran beton segar dapat meningkatkan kekuatan tarik beton normal yang, sekitar 20.71% pada kadar serat baja 4% (pada umur 28 hari). Selanjutnya, pada penambahan serat baja sebesar 6% terhadap volume beton dapat meningkatkan kekuatan tarik beton sekitar 41.34% apabila dibandingkan dengan beton normal tanpa serat baja (kadar serat baja sebesar 0%)

Tabel 8. Hasil Pengujian Kuat Tarik Beton Umur 14 hari

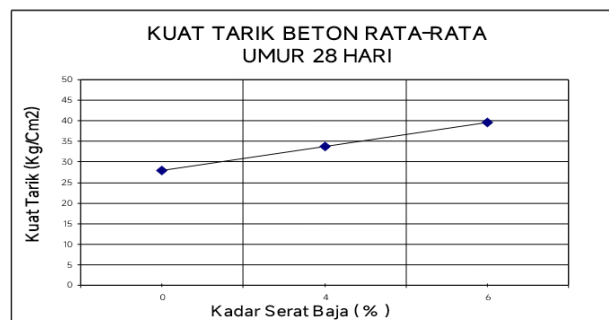
Kandungan Serat Baja	Kode Benda Uji	Berat (kg)	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Luas (cm ²)	P Maks (kg)	Kuat Tarik (kg/cm ²)
0 %	SPL-0114	12,94	14,83	29,90	1392,329	19000	27,30
	SPL-0214	12,53	14,90	30,00	1403,580	20300	28,90
	SPL-0314	12,44	14,60	29,41	1348,272	17500	26,00
	SPL-0414	12,67	15,00	30,00	1413,000	15200	21,50
Rata - rata							25,675
4 %	SPL-4114	11,52	15,15	30,20	1436,308	23750	33,10
	SPL-4214	11,55	15,10	29,85	1415,308	25375	35,90
	SPL-4314	11,41	14,70	30,10	1389,356	21875	31,50
	SPL-4414	11,53	14,80	30,10	1398,807	19000	27,20
Rata - rata							33,175
6 %	SPL-6114	11,47	14,90	30,00	1412,937	27930	39,50
	SPL-6214	11,89	14,90	30,20	1412,937	29841	42,20
	SPL-6314	11,55	15,10	30,20	1427,161	25725	36,10
	SPL-6414	11,62	15,00	30,30	1427,130	22344	31,30
Rata - rata							37,275



Gambar 4. Grafik kuat tekan beton usia 14 hari pada berbagai variasi kadar serat baja

Tabel 9. Hasil pengujian kuat tarik beton umur 28 hari

Kandungan Serat Baja	Kode Benda Uji	Berat (kg)	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Luas (cm ²)	P Maks (kg)	Kuat Tarik (kg/cm ²)
0 %	SPL-0128	12,57	15,30	29,75	1429,250	24300	34,00
	SPL-0228	12,60	15,30	30,70	1474,889	22000	29,80
	SPL-0328	12,98	15,44	29,96	1452,509	17200	23,70
	SPL-0428	12,80	15,00	30,10	1412,984	13800	19,50
Rata – rata							28,00
4 %	SPL-4128	11,49	15,20	30,10	1436,613	30375	42,30
	SPL-4228	11,48	15,10	30,20	1431,903	27500	38,40
	SPL-4328	11,26	15,00	30,10	1417,710	21500	30,30
	SPL-4428	11,49	15,10	30,10	1427,161	17250	24,20
Rata - rata							33,80
6 %	SPL-6128	11,50	15,20	30,00	1431,840	35721	49,90
	SPL-6228	11,75	15,20	30,20	1441,386	32340	44,90
	SPL-6328	11,80	15,10	30,20	1431,903	25284	35,30
	SPL-6428	11,94	15,00	30,30	1436,644	20286	28,20
Rata - rata							39,575



Gambar 5 Grafik nilai kuat tekan beton usia 14 hari pada setiap variasi kadar serat baja

5. KESIMPULAN

Penelitian ini dilakukan untuk mengkaji pengaruh penambahan serat baja terhadap kuat tekan dan kuat tarik beton. Dari hasil penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa semakin banyak serat baja yang ditambahkan pada beton, semakin tinggi pula kuat tekan dan kuat tarik belah beton normal. Penambahan serat baja (*steel fiber*) sebesar 4% dan 6% pada beton dapat meningkatkan kekuatan tekan beton masing-masing sekitar 17% dan 40%. Sementara itu, pada kadar serat baja 4% bila dibandingkan tanpa penggunaan serat baja. Penambahan serat baja sebesar 4% dan 6% dapat meningkatkan kuat tarik belah beton sekitar 20% dan 40% pada bila dibandingkan tanpa penggunaan serat baja.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Trimurtiningrum, "Pengaruh Penambahan Serat Bambu Terhadap Kuat Tarik dan Kuat Tekan Beton," *J. Has. Penelit. LPPM Untag Surabaya Januari*, vol. 03, no. 01, pp. 1–6, 2018.
- [2] D. D. Lestari, "Pengaruh Variasi Campuran Serat Bambu Pada Kuat Tekan Beton Serat," *Din. Tek. Sipil Maj. Ilm. Tek. Sipil*, vol. 1, no. 1, pp. 1–7, 2022.
- [3] A. Junaidi, "Pemanfaatan Serat Bambu Untuk Meningkatkan Kuat Tekan Beton," *Berk. Tek.*, vol. 5, no. 1, p. 754, 2015.
- [4] R. A. Sidabutar, J. O. Simanjuntak, and J. M. Simangunsong, "Pengaruh Penambahan Serat Ijuk Terhadap Kuat Tekan Beton," *J. Visi Eksakta*, vol. 3, no. 1, pp. 51–58, 2022.
- [5] G. A. Luvena, M. F. Siswanto, and A. Saputra, "Pengaruh Penambahan Serat Baja Pada Self Compacting Concrete Mutu Tinggi," *J. Tek. Sipil*, vol. 14, no. 2, pp. 85–93, 2018.
- [6] A. Putra Miranda, V. Noorhidana Agustriana, and M. Isneini, "Pengaruh Penambahan Serat Baja Terhadap Kuat Lentur Balok Beton Bertulang pada Beton Mutu Normal," *J. Rekayasa Sipil dan Desain*, vol. 8, no. 3, pp. 1–14, 2020.
- [7] Hamdi, Dafrimon, S. Harijadi, and Revias, "Pengaruh Penambahan Kawat Bendrat Galvanis Pada Campuran Beton Terhadap Kuat Lentur Beton," *J. Deform.*, vol. 4, no. 1, p. 30, 2019.
- [8] E. Purwanto, "Pengaruh Prosentase Penambahan Serat Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Belah Beton Ringan," *J. Rekayasa*, vol. 15, no. 2, pp. 87–98, 2011.

- [9] A. Hafiz S.G, E. Rommel, and L. Prasetyo, "PENGARUH PEMBERIAN JUMLAH DAN RASIO (L/d) SERAT BENDRAT TERHADAP SIFAT MEKANIK BETON," *J. Media Tek. Sipil*, vol. 13, no. 1, p. 13, 2015.
- [10] PBI 1971, "Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971," *Jakarta Direktorat Penyelid. Masal. Bangunan*, vol. 7, p. 130, 1971.
- [11] Badan Penelitian dan Pengembangan PU, *Pedoman Beton 1989. SKBI. 1.4.53.1989*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum, 1989.
- [12] ACI Comite 544.3R, "Guide for specifying , proportioning , and production of fiber-reinforced concrete," *Am. Concr. Inst.*, pp. 1–16, 2008.
- [13] Soroushian and Bayasi, "Concept of Fiber Reinforced Concrete," in *The International Seminar on Fiber Reinforced Concrete*, 1987.
- [14] P. . Balaguru and S. . Shah, *Fiber Reinforced Cement Composites*. Mc Graw Hill International Editions., 1982.
- [15] N. Puja, V. Agustriana, and L. Irianti, "Pengaruh Penambahan Serat Baja dan Serat Polypropylene Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton," *J. Rekayasa Sipil dan Desain*, vol. 8, no. 4, pp. 681–692, 2020.