

PENGARUH PEMAKAIAN SERAT BAJA HAREX SF TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN ARAH SERAT BETON

Lilis Zulaicha

Jurusan Teknik Sipil
Sekolah Tinggi Teknologi Nasional
Jl. Babarsari no. 1, Depok-Sleman, Yogyakarta
lilis_zulaicha@yahoo.com

Abstrak

Ada beberapa serat yang dapat digunakan untuk memperbaiki sifat-sifat beton. Penelitian ini memanfaatkan jenis serat baja Harex SF yang sebelumnya hanya terbatas pemakaiannya yaitu hanya pada struktur lantai.

Tujuan dari penelitian ini dimaksudkan untuk membuktikan bahwa pemakaian serat baja HAREX SF dapat meningkatkan kuat tarik beton sekaligus mengetahui penyebaran dan arah dari serat baja tersebut.

Serat baja yang dipakai dalam penelitian ini menggunakan prosentase 1% - 4% dari berat campuran beton dan melakukan kontrol kualitas untuk kuat tarik beton pada umur 28 hari. Dari penelitian ini diperoleh nilai 3% sebagai nilai optimum dan nilai ini dipakai untuk penelitian kekuatan tarik beton, koefisien arah serat beton serta membandingkan hasilnya dengan beton normal.

Dari pengujian yang telah dilakukan diperoleh hasil : Kuat tarik beton serat 3% mengalami peningkatan sebesar 16,37% dibandingkan kuat tarik beton normal dan nilai koefisien arah serat berada diantara 0 dan 1 ($0 \leq \eta_{\phi} \leq 1$) dengan nilai rata-rata mendekati 0 yang berarti serat tersebut bekerja dengan baik sehingga terbukti dapat meningkatkan kuat tarik beton.

Kata kunci : HAREX SF, kuat tarik, koefisien arah serat

Abstract

There are some fiber that can be used to repair concrete characters. this examination makes use steel fiber kind Harex SF previous only limited the use that is only in floor structure.

The aim from this examination be meant to prove that steel fiber use Harex SF can increase tension strength of concrete all at once detect distribution and orientation from steel fiber.

Steel fiber that worn in this examination uses prosentase 1% - 4% from heavy concrete mixture and do quality control to tension strength of concrete in age 28 days. From this examination is got value 3% as optimum value and this value is worn for tension strength of concrete examination, fiber orientation coefficient of concrete with compare the result with normal concrete.

From testing that done got result: tension strength of fiber concrete 3% experience enhanced as big as 16,37% compared tension strength of normal concrete and fiber orientation coefficient value present between 0 and 1 ($0 \leq \eta_{\phi} \leq 1$) with average value approach 0 that mean fiber work well so that proved can increase tension strength of concrete.

Keywords: Harex SF, tension strength, fiber orientation coefficient

1. Pendahuluan

Fiber reinforced concrete didefinisikan sebagai beton yang dibuat dari campuran semen, agregat halus, atau agregat halus dan agregat kasar dan air serta sejumlah *fiber* yang disebarkan secara random (Ezeldin, A.S. dkk,1992). Serat sebagai salah satu bahan tambah beton dengan maksud untuk menambah kuat tarik beton, mengingat kuat tarik beton sangat rendah yang berakibat beton mudah retak, yang pada akhirnya akan mempercepat hilangnya regangan lekat.

Jenis serat yang dapat dipakai untuk memperbaiki sifat kurang baik dari beton telah dilaporkan oleh ACI Committee 544, 1982. Bahan yang dimaksud adalah baja (*steel*), plastic (*polypropylene*), kaca (*glass*), karbon (*carbon*). Untuk keperluan *non structural* serat alamiah (*natural fiber*) seperti ijuk dan serat tumbuhan lainnya juga bisa dipakai. Bahan-bahan serat tersebut masing-masing mempunyai kelebihan dan kekurangan dalam memperbaiki sifat-sifat beton. Dengan demikian pemilihan jenis bahan serat perlu disesuaikan dengan sifat yang akan diperbaiki. Beberapa sifat tambahan yang dimiliki serat, seperti kemudahan waktu pencampuran, ketahanan terhadap korosi dan sebagainya merupakan bahan pertimbangan dalam penentuan pemakaian serat. Serat baja dan serat kaca lebih banyak dipakai untuk keperluan struktur, karena serat tersebut mempunyai faktor-faktor prinsip penguat beton, yaitu kekuatan leleh, daktilitas dan lekatan yang cukup.

Serat baja memiliki kekuatan serta modulus elastisitas yang relatif tinggi. Selain itu serat baja tidak mengalami perubahan bentuk terhadap pengaruh alkali dalam semen. Pembebanan dalam jangka waktu yang lama tidak berpengaruh terhadap sifat mekanikal dari serat baja. Ikatan dalam komposisi campuran dapat meningkat karena pengangkeran secara mekanikal. Kelemahan yang dimiliki dari serat baja ini adalah terjadinya korosi apabila serat tidak dalam posisi terlindung dalam beton. Selain itu serat baja akan menambah berat beton.

2. Landasan Teori

Dasar pemakaian serat baja ke dalam adukan beton adalah memberikan tulangan secara random, sehingga dapat mencegah terjadinya retakan-retakan beton di daerah tarik yang terlalu dini akibat pembebanan [6]. Dengan penambahan serat ini ternyata menjadikan beton menjadi tahan retak dan tahan benturan serta dapat memperbaiki sifat-sifat sebagai berikut :

- a. Beton akan menjadi lebih daktil
- b. Ketahanan terhadap kejutan
- c. Peningkatan kuat tarik dan atau lentur
- d. Daya tahan lelah (*fatigue*)
- e. Susut
- f. Tahan terhadap aus

Penambahan serat pada akhir pengadukan spesi menghasilkan adukan beton dengan penyebaran serat yang merata berorientasi random, asal kadar serat tidak melebihi kadar maksimumnya. Pada kadar yang terlalu tinggi akan menyebabkan penggumpalan/pengelompokan pada serat-serat seperti bola-bola serat. Keadaan ini akan banyak mempengaruhi mutu beton yang dihasilkan.

Penambahan serat dengan orientasi random akan meningkatkan kuat lentur beton fiber dibandingkan beton *non-fiber*. Sifat getas dari beton dapat diatasi oleh *fiber* sehingga beton fiber menjadi liat (Swamy dan Al-Noori, 1975). Selain itu *fiber* pada adukan menambah kekakuan dan mengurangi lendutan atau defleksi (Swamy dkk, 1979).

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi hasil pencampuran serat dalam beton yaitu :

1. Tipe *fiber*

2. Rasio kelangsingan, l/d dari *fiber*

3. *Fiber volume fraction*, v_f

Tipe *fiber* berbeda dari jenis bahan yang dipakai, juga bisa berbeda pada bentuknya. Serat atau *fiber* dari bahan yang sama, tetapi bentuknya berbeda mempunyai efek yang berlainan apabila dicampurkan pada beton. Ada berbagai macam bentuk *fiber* dan ukuran penampang *fiber*. Untuk penampang bujur sangkar, empat persegi panjang mempunyai panjang rata-rata dari 6-60 mm, lebar 0,5 x 0,5 mm sampai dengan 1 x 1 mm dan untuk penampang bulat mempunyai diameter ekuivalen dari 0,5 mm sampai dengan 1 mm. Rasio kelangsingan, l/d dari *fiber* adalah perbandingan antara panjang *fiber* dengan diameter *fiber*. Semakin kecil diameter semakin besar rasio kelangsingannya. Hal ini berarti serat-serat tersebut semakin halus. Rasio kelangsingan yang semakin besar (diameter tidak terlalu kecil) akan banyak mempengaruhi *workability* beton. *Workability* beton akan menurun dan kemungkinan beton akan keropos semakin besar. Namun bila *workability* bisa dipertahankan baik, semakin besar kehalusan serat, lebar retak dan jarak retak akan berkurang walau jumlah retak bertambah. Jumlah retak banyak dengan lebar retak yang kecil tidak membahayakan suatu struktur karena dengan lebar halus kedalaman retak sepanjang tinggi struktur akan berkurang.

Perbandingan antara l (panjang) dan d (lebar *fiber*) akan berpengaruh pada system pelaksanaannya. Untuk $l/d < 45$, pencampuran *fiber* ke dalam beton tidak memerlukan teknik tertentu. Apabila $45 < l/d < 100$, pencampuran memerlukan teknik tertentu agar dapat homogeny. Untuk $l/d > 100$, hampir tidak mungkin dilaksanakan agar homogen, jalan keluarnya dengan membuat kelompok. l/d di atas hanya untuk *fiber* dengan penampang bulat. Untuk penampang persegi atau $\frac{1}{2}$ lonjong $l/d < 45$ (pada umumnya) maka tidak memerlukan teknis pencampuran yang khusus agar homogen. *Fiber Volume Fraction*, v_f adalah prosentase/konsentrasi bagian serat dalam satuan volume beton.

$$v_f = \frac{\sum \Delta S_f}{A} \quad \text{dengan} \quad \sum \Delta S_f = \frac{A_f}{\cos \varphi}$$

Dengan :

$\sum \Delta S_f$ = Jumlah luasan serat

A_f = Luas penampang serat

φ = Sudut antara sumbu serat dengan garis sumbu specimen

Makin besar *volume fraction* dari serat yang ditambahkan pada campuran beton, semakin meningkat kekuatan beton serat yang dihasilkan. Namun prosentase peningkatan mutu berkurang bila v_f melebihi v_f maksimum dari berat tersebut.

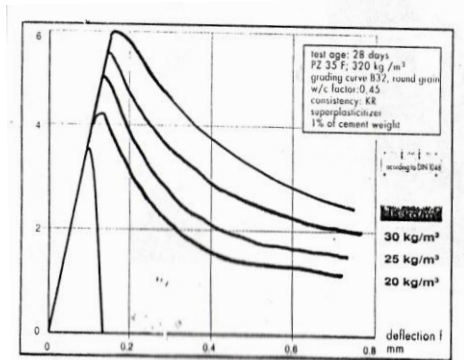
Salah satu serat yang saat ini banyak dipakai adalah Merk HAREX SF yang pada awal di produksi pemakaiannya masih terbatas untuk kekuatan lantai. Serat HAREX SF ini mempunyai keuntungan-keuntungan antara lain :

- Meningkatkan kekuatan lentur
- Meningkatkan tahanan kejut
- Efektif untuk kekuatan pada tepi dan sudut-sudut beton (*joint*)
- Tidak ada *balling effect* pada beton
- Tidak ada kegagalan pada kekuatan beton
- Tidak berpengaruh terhadap *workability*

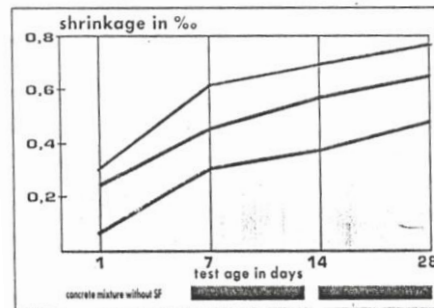
- Memberikan reduksi terhadap retak yang diakibatkan oleh susut

Selain itu HAREX SF memberikan keuntungan dalam segi ekonomi, yaitu :

- Aman untuk beton
- Lapisan beton diatas *sub base* dapat dihilangkan khusus untuk keperluan lantai
- Meningkatkan beban retak



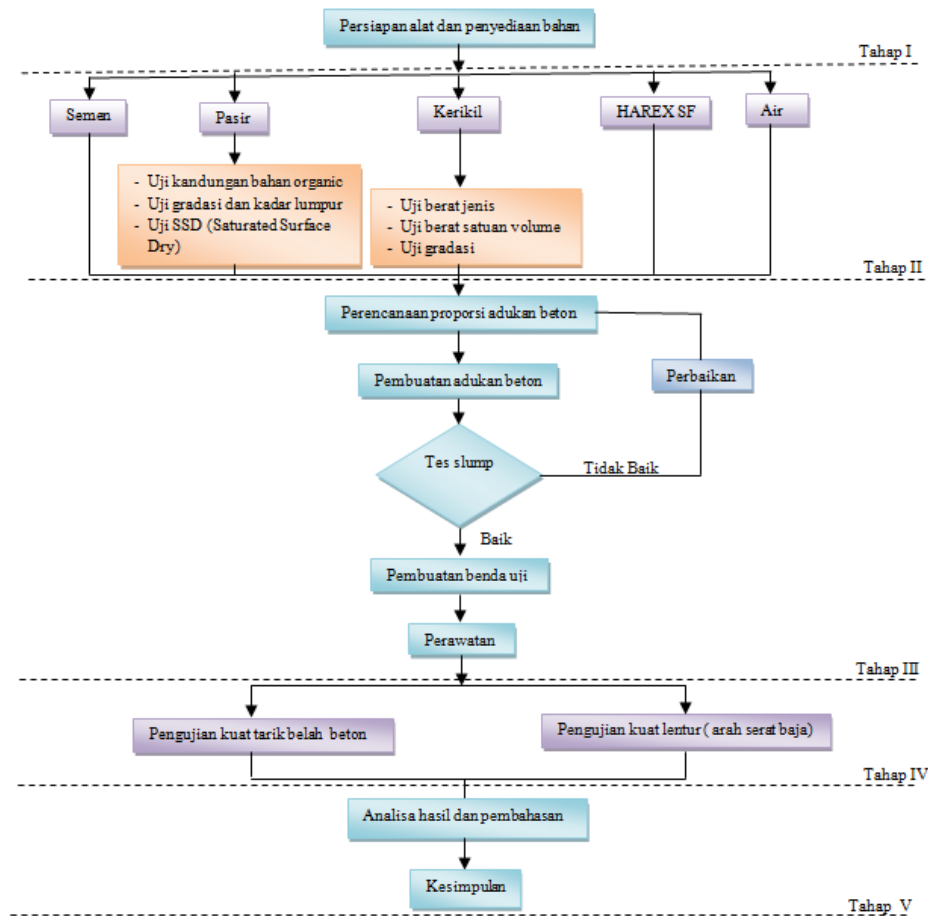
Gambar.1. Peningkatan Beban Retak



Gambar 2. Reduksi terhadap retak yang diakibatkan oleh susut

3. Metode Penelitian

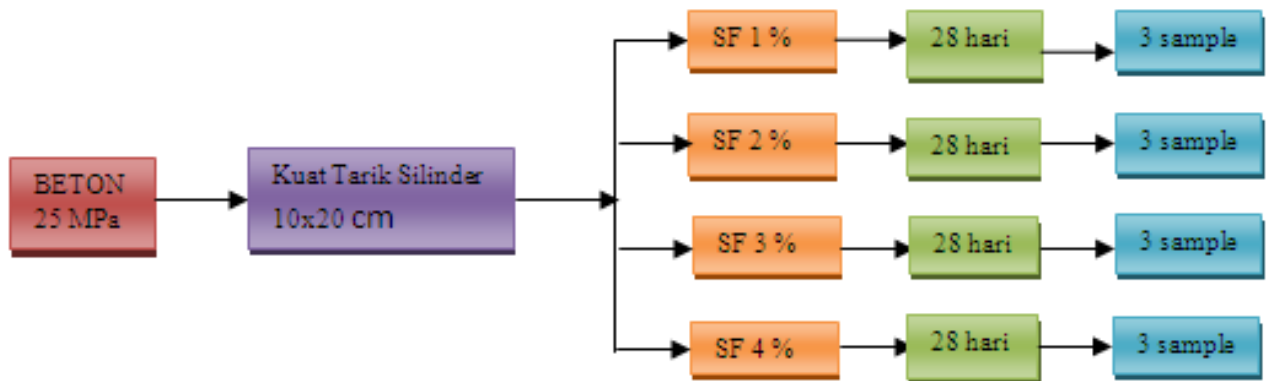
Metodologi penelitian adalah cara-cara penelitian suatu masalah, dengan jalan ilmiah untuk menghasilkan jawaban yang rasional. Dalam penelitian ini dipakai metode eksperimental dengan tahapan-tahapan seperti dibawah ini :



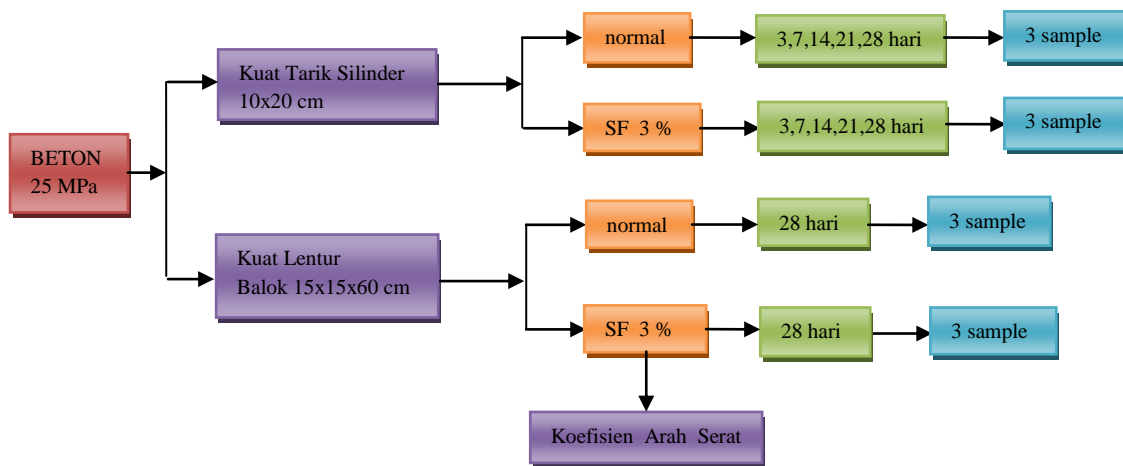
Gambar 3. Bagan alir Penelitian

Pada tahap yang ke IV dilakukan dua langkah pengujian seperti pada skema di bawah ini :

Tahap IV (Uji Kadar Optimum Pemakaian Harex SF di Tinjau dari *Workability*):



Tahap IV (Berdasarkan Hasil Pemakaian Optimum Harex SF) :



Gambar 4. Bagan Penelitian Berdasar Hasil Pemakaian Optimum Harex SF

3.1 Kekuatan Tarik Beton

Tidak ada satu standarpun yang mengatur pengetesan tarik secara langsung karena pengetesan secara langsung sangat banyak hambatannya, misalnya cara memegang benda uji, adanya *stress concentration* pada saat pengetesan benda uji, tegangan sekunder karena pemegangan benda uji tersebut. Oleh karena kesulitan tersebut pengetesan tidak langsung dilakukan.

Splitting Cylinder Test adalah tes tarik yang sering dilakukan untuk menentukan tegangan tarik beton atau kekuatan tariknya dapat dihitung dengan perumusan :

$$\sigma_{sp}(\sigma_{ct}) = \frac{2P}{\pi LD}$$

Dengan : P = beban tekanan

L = panjang silinder

D = diameter silinder

3.2 Fibre Orientation (Arah Serat)

Arah serat merupakan efek yang besar pada perilaku kekuatan beton serat. Banyak studi eksperimental dalam beton serat menyatakan kekuatan beton serat dipengaruhi oleh tipe

serat, aspek rasio serat dan banyaknya serat dalam campuran beton. Akan tetapi secara umum dapat diterima bahwa arah serat merupakan salah satu parameter yang sangat penting dalam mempengaruhi kekuatan beton serat (Brite-Euram Project No. P-89-3275).

Didalam beton serat, *fibre orientation* (arah serat) dipergunakan sebagai salah satu pengontrol peningkatan kuat tarik beton yang menggunakan serat baja. Untuk itu perlu dianalisa arah serat yang terdistribusi pada penampang tarik. Apabila arah serat menunjukkan semakin mendatar ($\eta_\varphi = 0$), maka kuat tarik semakin meningkat atau sebaliknya apabila arah serat semakin tegak/vertikal ($\eta_\varphi = 1$), maka serat baja berarti tidak bekerja.

Sebagai data evaluasi, koefisien arah serat (η_φ) dapat dihitung dari masing-masing penampang beton. Menurut Romualdi, rata-rata jumlah serat (M) pada penampang beton dapat diperkirakan sebagai berikut :

$$M = \frac{v_f \cdot A_p \cdot \eta_\varphi}{25 \cdot \pi \cdot d_f}$$

Dengan :

v_f = banyaknya serat dalam % volume

A_p = luas penampang beton (cm^2)

d_f = diameter serat

η_φ = rata-rata arah serat yang dapat dihitung dengan persamaan

$$\eta_\varphi = \frac{1}{M} \cdot \sum_{i=1}^M \cos \varphi_i$$

Dengan :

$\varphi = 0$ untuk arah serat horizontal

maka $0 \leq \eta_\varphi \leq 1$

Arah serat (η_φ) dapat juga dihitung dengan menggunakan metode eksperimental yaitu :

$$\eta_\varphi = \frac{M \cdot 25 \cdot \pi \cdot d_f^2}{v_f \cdot A_p} = \frac{M \cdot 25 \cdot \pi \cdot d_f^2 \left(\frac{4}{4}\right)}{v_f \cdot A_p} = \frac{100 \cdot M \cdot A_f}{v_f \cdot A_p}$$

Dengan :

v_f = banyaknya serat dalam % volume

A_p = luas penampang beton (cm^2)

d_f = diameter serat

A_f = luas *fiber*/serat (cm^2)

M = jumlah serat

$\eta_\varphi = 0$, untuk *fiber* arah horisontal

$\eta_\varphi = 1$, untuk *fiber* arah vertikal/parallel

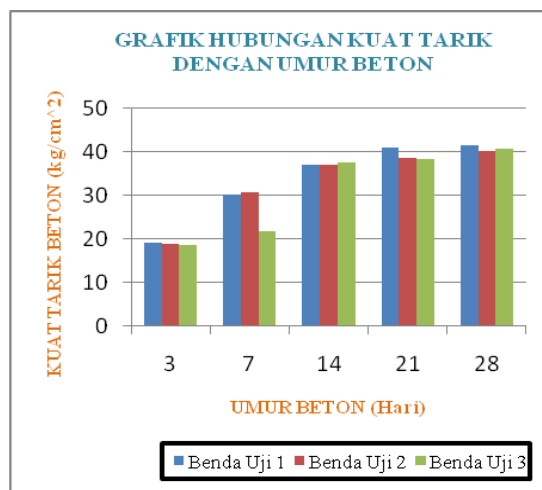
4. Hasil Penelitian Dan Pembahasan

Dari penelitian yang telah dilakukan diperoleh hasil seperti dibawah ini :

Dari hasil tabel diatas menunjukkan bahwa beton normal (non serat) pada umur beton 28 hari mempunyai tegangan hancur sebesar masing-masing $41,564 \text{ kg/cm}^2$, $40,290 \text{ kg/cm}^2$ dan $40,768 \text{ kg/cm}^2$. Apabila dirata-rata akan menghasilkan nilai tegangan hancur sebesar $40,874 \text{ kg/cm}^2$.

Tabel 1. Uji Kuat Tarik Beton Normal

No.	Umur (hari)	Berat (kg)	Tekanan Hancur (kg)	Tekanan Rata-rata	Tegangan Hancur (kg/cm ²)
1.	3	3	6050	5950	19,269
2.	3	3	5950		18,951
3.	3	3	5850		18,632
4.	7	3	9500	8683,333	30,258
5.	7	3	9700		30,895
6.	7	3	6850		21,817
7.	14	3	11650	11700	37,105
8.	14	3	11650		37,105
9.	14	3	11800		37,583
10.	21	3	12850	12366,667	40,927
11.	21	3	12150		38,698
12.	21	3	12100		38,539
13.	28	3	13050	12833,333	41,564
14.	28	3	12650		40,290
15.	28	3	12800		40,768



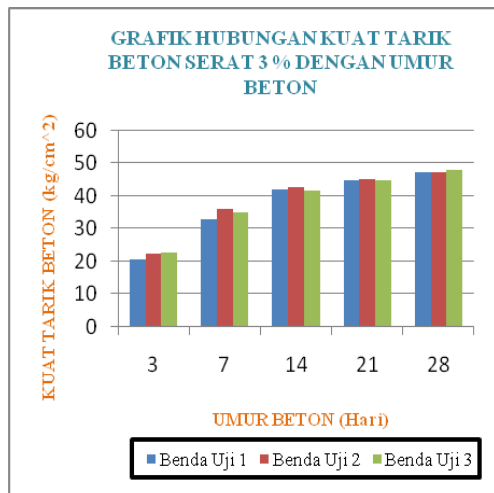
Gambar 5. Grafik Kuat Tarik Beton Normal

Tabel 2. Uji Kuat Tarik Beton Kadar Serat 3%

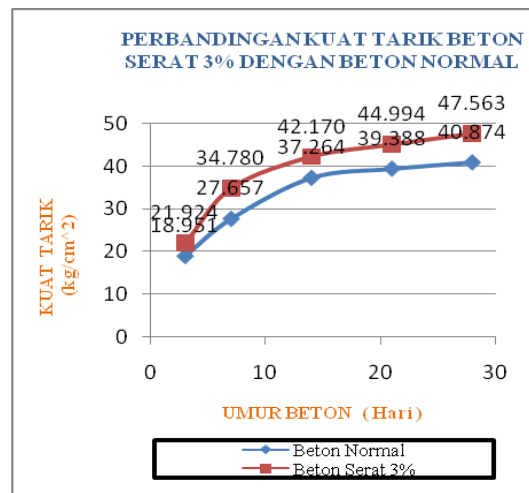
No	Umur (hari)	Berat (kg)	Tekanan Hancur (kg)	Tekanan Rata-rata	Tegangan Hancur (kg/cm ²)
1.	3	3	6500		20,703
2.	3	3	7000	6883,333	22,295
3.	3	3	7150		22,773
4.	7	3	10360		32,997
5.	7	3	11400	10920	36,309
6.	7	3	11000		35,035

Tabel 2. Uji Kuat Tarik Beton Kadar Serat 3 %

No	Umur (hari)	Berat (kg)	Tekanan Hancur (kg)	Tekanan Rata-rata	Tegangan Hancur (kg/cm ²)
7.	14	3	13220		42,106
8.	14	3	13420	13240	42,743
9.	14	3	13080		41,66
10.	21	3	14100		44,909
11.	21	3	14200	14126,667	45,227
12.	21	3	14080		44,845
13.	28	3	14860		47,329
14.	28	3	14900	14933,333	47,457
15.	28	3	15040		47,902



Gambar 6. Grafik Kuat Tarik Beton Serat 3 %



Gambar 7. Grafik Perbandingan Kuat Tarik Beton Normal dengan Beton Serat 3 %

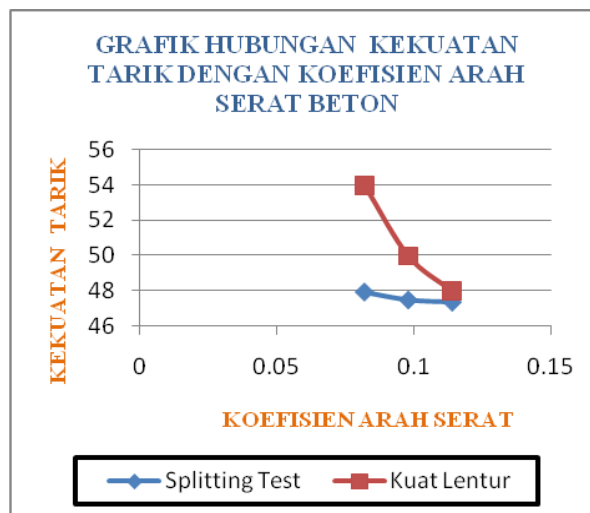
Tabel 3. Nilai koefisien arah serat

Benda Uji	M	A_f (cm ²)	ρ_f (%)	A_c (cm ²)	η_f
I	59	0,00381	1,012	225	0,099
II	68	0,00381	1,008	225	0,114
III	49	0,00381	1,01	225	0,082
W rata-rata	59	0,00381	1,01	225	0,098

Dari hasil perhitungan didapat nilai koefisien arah serat (η_f) berada diantara nilai nol dan 1 ($0 \leq \eta_f \leq 1$). Nilai tersebut rata-rata mendekati 0 (nol) dan ini sesuai dengan kenyataan dalam penelitian yang menunjukkan arah serat HAREX SF ini tegak lurus penampang beton atau dalam posisi datar pada saat pembuatan benda uji. Dari hasil penelitian di atas maka dapat dicari hubungan antara kekuatan tarik dengan koefisien arah serat beton seperti pada tabel 4 dan gambar 8 dibawah ini.

Tabel 4. Hubungan Kekuatan Tarik dengan Koefisien Arah Serat Beton

Tegangan Tarik (berdasar splitting tes) (kg/cm ²)	Tegangan Tarik (berdasar tegangan lentur) (kg/cm ²)	Koefisien Arah Serat (η_f)
47,902	54	0,082
47,457	49,92	0,098
47,329	48	0,114



Gambar 8. Grafik Hubungan Kekuatan Tarik dengan Koefisien Arah Serat Beton

5. Kesimpulan

Dari hasil penelitian di atas, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Penggunaan serat HAREX SF yang ditinjau dari workabilitas menunjukkan bahwa pada pemakaian serat 3% memberikan hasil yang optimum.
2. Kekuatan tarik beton dengan serat 3% memberikan hasil yang lebih tinggi dibandingkan dengan beton normal (non serat) yaitu meningkat sekitar 16,37%.

3. Nilai koefisien arah serat yang dihasilkan berada diantara 0 (nol) dan 1 ($0 \leq \eta_{\phi} \leq 1$) dengan nilai rata-rata yang mendekati 0 (nol). Hal ini menunjukkan bahwa serat tersebut bekerja dengan baik sehingga dapat meningkatkan kekuatan tarik beton.

Daftar Pustaka

- [1] ACI Committee 544, 1982, *State of The Report on Fiber Reinforced Concrete* ACI 544 1 R-82, American Concrete Institute, Detroit, Michigan, P16.
- [2] ASTM 78-94 Standard Test Method for Flexural (Strength of Concrete Using Beam with Third-Point Loading)
- [3] ASTM 1116-91 Standart Specification for Fiber-Reinforced Concrete and Shotcrete.
- [4] Bayasi,Z, 1989, *Mechanical Properties and Structural Application of Steel Fiber Reinforced Concrete*, Ph.D Dissertation, Departement of Civil Engineering, Michigan State University, Michigan, USA.
- [5] Standard Method of Test for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens (ASTM C 496-71 RA 79) Philadelphia : American Society Testing and Material.
- [6] Soroushian,P, Bayasi,Z, 1987, *Mechanical properties of Fiber Reinforced Concrete*, Procceding of the International Seminar on Fiber Reinforced Concrete, Michigan State University, Michigan, USA, Pp 3.1-3.29.
- [7] Krenchel,H, *Fibre Spacing and Specific Fibre Surface*, Structural Research laboratory, Technical University of Denmark.
- [8] Naaman, A.E and Reinhardt, H.W, 1995, *High Performance Fiber Reinforced Cement Composites 2 (HPFRCC 2)*, Procceding of The Second International RILEM Workshop, Ann Arbor,USA.