

PENGARUH VARIASI PANJANG SERAT KAWAT LOKET LAPIS PVC TERHADAP KUAT TEKAN, KUAT TARIK BELAH DAN MODULUS ELASTISITAS BETON SERAT (*FIBER CONCRETE*)

(Effects of Length Variation of PVC Coated Welded Wire Mesh Fiber on Compressive Strength, Tensile Strength, and Modulus Elasticity of Fiber Concrete)

Christin Natalia Sirait, Indradi Wijatmiko, Ananda Insan Firdausy
Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya
Jalan MT. Haryono 167, Malang 65145, Jawa Timur, Indonesia
Email : christinnataliasirait@gmail.com

ABSTRAK

Sekarang ini penerapan beton serat telah banyak digunakan pada bangunan. Di Indonesia beton serat belum banyak digunakan, salah satu penyebabnya adalah belum tersedianya serat baja dengan harga murah dan dalam jumlah yang cukup. Pada penelitian ini penerapan serat baja lokal yang digunakan adalah potongan kawat loket lapis PVC hijau. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui panjang optimum serat kawat loket pada kuat tekan, kuat tarik belah dan modulus elastisitas beton serat, dengan variasi panjang serat yang digunakan yaitu 12 mm, 24 mm, dan 36 mm. Penambahan serat untuk setiap benda uji adalah 1% dari volume silinder.

Hasil penelitian ini menunjukkan nilai kuat tekan beton normal adalah 32,893 Mpa dan nilai kuat tekan maksimum beton serat adalah 31,366 Mpa, dengan penurunan nilai sebesar 4,64% dari beton normal. Nilai kuat tarik belah beton menunjukkan kenaikan nilai sebesar 2% dan 0,58% pada variasi panjang serat 12 mm dan 36 mm, dengan nilai kuat tarik belah yaitu 2,475 Mpa pada serat 12 mm dan 2,439 Mpa pada serat 36 mm. Nilai modulus elastisitas maksimum pada beton serat adalah 42221,28 Mpa pada variasi panjang serat 24 mm dengan nilai penurunan 14,29% terhadap beton normal.

Kata Kunci : beton serat, serat kawat loket lapis PVC, kuat tekan, kuat tarik belah, modulus elastisitas

ABSTRACT

Today the application of fiber concrete has been widely used in buildings. In Indonesia fiber concrete has not been widely used, one reason is the unavailability of steel fibers with low prices and in sufficient quantities. In this research the application of local steel fiber which used is PVC coated welded wire mesh. The purpose of this research is to know the optimum length of wire fiber on compressive strength, tensile strength and modulus elasticity of fiber concrete, with variation of the fiber length used is 12 mm, 24 mm, and 36 mm. The addition of fibers for each specimen is 1% of the volume of the cylinder.

The results of this study indicate that the value of normal concrete compressive strength is 32,893 Mpa and the maximum value of concrete compressive strength is 31,366 Mpa, with decreasing value equal to 4,64% from normal concrete. The value of concrete tensile strength showed an increase of values of 2% and 0.58% on variations in fiber lengths of 12 mm and 36 mm, with a tensile strength value of 2.475 MPa at 12 mm length and 2,439 MPa at 36 mm length. Maximum modulus of elasticity value in fiber concrete is 42221,28 Mpa on variation of fiber length 24 mm with decreasing value 14,29% to normal concrete.

Keywords : fiber concrete, PVC coated welded wire mesh fiber, compressive strength, tensile strength, and modulus elasticity.

PENDAHULUAN

Beton merupakan bahan konstruksi yang sangat penting dan paling dominan digunakan pada struktur bangunan. Beton didapatkan dengan cara mencampur agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil), atau jenis agregat lain, air, dan semen, dan kadang-kadang ditambah dengan bahan lain yang bersifat kimiawi ataupun fisikal pada perbandingan tertentu, sampai menjadi satu kesatuan yang homogen. Beton dikenal sebagai material dengan kuat tekan

beton yang cukup tinggi, perawatan yang mudah, ekonomis, mudah diproduksi, dan material penyusunnya banyak tersedia di alam.

Secara struktural beton mempunyai kuat tekan cukup tinggi, sehingga sangat bermanfaat untuk struktur dengan gaya-gaya tekan dominan. Kelemahan struktur beton adalah kuat tariknya yang rendah dan bersifat getas (*brittle*) dimana nilai kuat tarik beton berkisar 9% - 15% dari kuat desaknya (Dipohusodo, 1994), sehingga untuk menahan gaya tarik beton diberi baja tulangan. Penambahan baja

tulangan belum memberikan hasil yang benar-benar memuaskan. Gaya tarik yang diterima oleh beton akan menyebabkan retak-retak halus di sekitar tulangan baja. Sehingga diperlukan perbaikan kualitas serta sifat beton yang dapat dilakukan salah satunya dengan penerapan beton serat (*fiber concrete*).

Beton serat merupakan beton yang terbuat dari campuran semen, agregat halus, agregat kasar dan sejumlah kecil serat. Kegunaan beton serat adalah untuk mengurangi sifat getas (*brittle*) beton dan menambah sifat daktil pada beton sehingga keruntuhan akibat gaya tarik yang berupa ratak-retak halus dapat diminimalisir. Bahan serat yang dapat digunakan sebagai serat beton seperti baja, plastik, bambu, ijuk, dan bahan lain yang mendukung.

Sekarang ini penerapan beton serat yang banyak dipakai di luar negeri adalah serat baja (*steel fiber*), dengan bentuk dan dimensi yang beraneka ragam. Sedangkan di Indonesia konsep pemakaian beton fiber baja belum banyak digunakan dalam praktik. Salah satu penyebabnya adalah belum tersedianya serat baja dengan harga murah dan dalam jumlah yang cukup, sehingga harus mendatangkan dari luar negeri. Untuk mengatasi hal itu telah ditemukan solusi alternatif, yaitu dengan menerapkan serat dari potongan-potongan kawat lokal yang dengan mudah ditemukan dan tersedia secara luas dipasaran, (Suhendro, 2000). Salah satu kawat lokal yang tersedia dipasaran adalah kawat loket berlapis Plastik PVC.

Menurut Soroushian dan Bayasi serat berkait meningkatkan kuat tekan dan kuat tarik beton dibandingkan serat berbentuk lurus dan bergelombang. Penerapan serat dengan bahan baja akan optimum apabila memiliki aspek rasio (AR_f) lebih kecil dari 50 (Wigroho, 2006) dan volume serat antara 0,5% sampai dengan 1% merupakan volume efektif pada nilai kuat tarik dan lebar retak beton normal pada penggunaan serat baja (Carnovale, 2013, p.7).

Hal ini mendorong untuk dilakukannya penelitian lebih lanjut bahan serat dengan menggunakan potongan kawat lokal yaitu kawat loket berlapis PVC dengan panjang kait 12mm, variasi panjang disesuaikan dengan interval jarak antar kawat yaitu 12 mm sehingga akan diteliti variasi panjang 12 mm ($AR_f = 15$), 24 mm ($AR_f = 30$) dan 36 mm ($AR_f = 45$), serta volume fraksi 1% dari volume silinder. Parameter penelitian ini adalah kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas.

TINJAUAN PUSTAKA

Beton serat

Beton serat merupakan beton yang terdiri dari semen atau semen hidrolik, air, agregat halus, agregat kasar dan serat (serat baja, plastik, glass maupun serat alami) yang disebar secara merata.

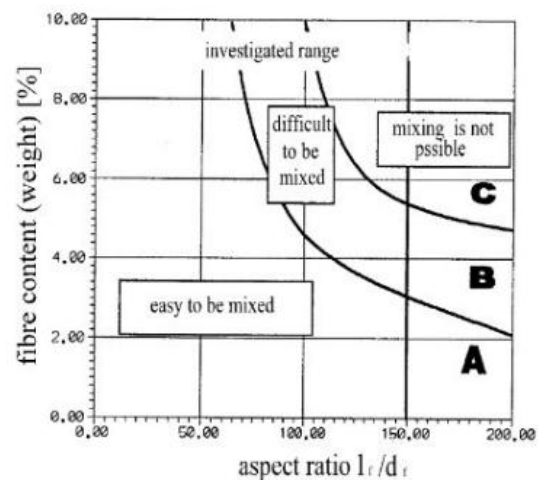
Beton serat mempunyai kelebihan dibanding beton tanpa serat dalam beberapa sifat yang dapat diperbaiki dengan penambahan serat diantaranya

keliatan (*ductility*), ketahanan terhadap beban kejut (*impact resistance*), kuat tarik dan lentur (*tensile and flexural strength*), kelelahan (*fatigue life*), ketahanan terhadap pengaruh susut (*shrinkage*) dan ketahanan terhadap keausan (*abrasion*) (Soroushian and Bayashi, 1991).

Serat Baja

Penerapan baja yang telah dikomersialkan memiliki jenis yang berbeda-beda. Pada dasarnya, serat baja dapat dikategorikan ke dalam empat kelompok tergantung pada proses manufaktur yaitu: memotong kawat (dingin ditarik), bentuk lembaran, bentuk cair atau ekstrak dan potongan dari pabrik.

Penelitian yang telah dilakukan oleh Szumigala et al (2010) aspek rasio serat baja yaitu perbandingan panjang dan diameter serat (l/d) serta volume serat akan memberikan pengaruh terhadap kelecakan (*workability*) adukan beton. Kelecakan (*Workability*) adalah kemudahan suatu beton segar untuk dikerjakan dan dipadatkan. Semakin besar volume serat maka akan semakin sulit proses pengerjaan adukan beton. Demikian pula dengan panjang serat dan aspek rasio, apabila semakin besar aspek rasio serat maka akan semakin sulit proses pengerjaan adukan beton.



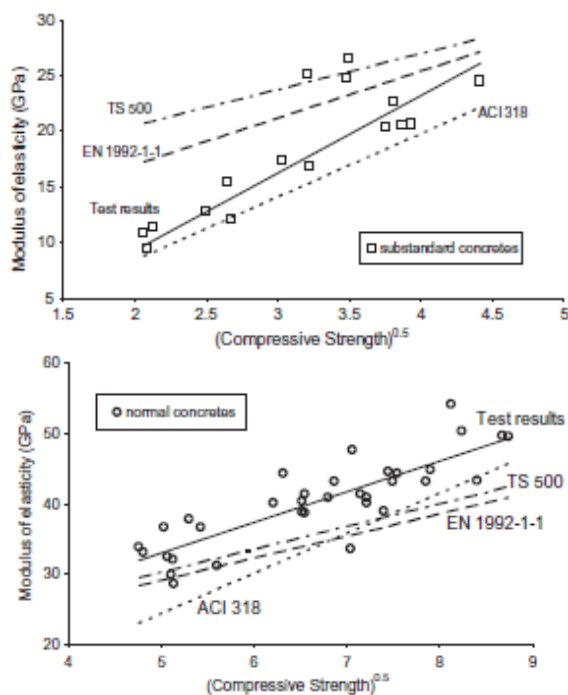
Gambar 1. Pengaruh aspek rasio dan volume serat baja pada kelecakan (*workability*) beton.

Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu yang dilakukan haryanto dan recky (2006) mengenai pengaruh penambahan fiber dengan menggunakan yaitu kawat kasa (10mm x 10mm), diameter kawat 0,5mm, panjang kawat 30 mm dan panjang *interlocking* 10 mm (aspek rasio 60). Volume fraksi yaitu 0.5% dan 0.7%. Hasil dari penelitian ini didapatkan nilai kuat tekan pada beton normal yaitu 27,93 MPa, beton serat kawat jenis kasa anyam sebesar 28,94 MPa ($V_f = 0,5\%$) dan 30,34 MPa ($V_f = 0,7\%$). Berdasarkan hasil pengujian tersebut, dapat disimpulkan bahwa beton dengan penambahan

fiber kawat kasa anyam mengalami peningkatan kuat tekan dibandingkan dengan beton normal.

Penelitian terdahulu yang telah dilakukan oleh Hasan Yildirim dan Ozkan Sengul (2011) tentang modulus elastisitas beton dengan material sub standar dan beton normal. Hasil modulus elastisitas pada penelitian ini dipengaruhi oleh faktor air semen, ukuran agregat, kandungan fly ash dan tipe agregat. Rumus dasar yang digunakan adalah Turkish Standard (TS-500), ACI 318, dan European Practice (EN 1992-1-1(16)). Hasil perhitungan didapatkan modulus elastisitas beton material sub standar dengan menggunakan rumus TS-500 dan EN 1992-1-1 memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan rumus ACI 318. Sedangkan Pada beton normal didapatkan bahwa dengan menggunakan rumus TS-500 dan EN 1992-1-1 memperoleh hasil yang mendekati, dan pada rumus ACI 318 memperlihatkan grafik linier yang lebih tinggi pada daerah tertentu. Berikut adalah hasil gradasi linier dari perhitungan berdasarkan rumus dasar yang digunakan.



Gambar 2. (a) Modulus elastisitas beton material sub standar dan (b) Modulus elastisitas beton Normal

Sifat Mekanis Beton

Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Semakin tinggi kekuatan struktur dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan (Mulyono, 2005).

Nilai kuat tekan beton dihasilkan dari pengujian kuat tekan benda uji silinder beton (diameter 150 mm, tinggi 300 mm) sampai hancur. Tata cara uji tekan silinder yang umumnya dipakai adalah Standar

Nasional Indonesia 1974 (2011). Tegangan tekan beton merupakan perbandingan antara gaya yang mampu ditahan oleh benda uji silinder dengan luas penampang alas silinder.

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

dengan :

- f'_c = Tegangan tekan beton (N/mm²)
- P = Besar gaya Maksimum (N)
- A = Luas penampang silinder (mm²)

Kuat Tarik Belah

Kuat tarik belah beton tidak berbanding lurus dengan kuat tekan beton. Kuat tarik bahan beton normal hanya berkisar antara 9% - 15% dari kuat tekannya (Istimawan, 1996). Pembebanan benda uji tarik belah beton dilakukan dengan cara meletakkan benda uji silinder mendatar sejajar dengan permukaan meja penekan mesin uji tekan kemudian diberi beban merata sesuai dengan tinggi silinder (SNI 03-2491-2002).

$$f_t = \frac{2P}{\pi LD} \dots\dots\dots(2)$$

dengan:

- f_t = Kuat tarik belah beton (N/mm²)
- P = Beban maksimum (N)
- L = Tinggi silinder beton (mm)
- D = Diameter benda uji silinder (mm)

Modulus Elastisitas

Modulus Elastisitas adalah perbandingan dari tekanan yang diberikan dengan perubahan bentuk persatuan panjang, sebagai akibat dari tekanan yang diberikan (Murdock dan Brook, 1999). Semakin besar modulus elastisitas semakin kecil lendutan yang terjadi. Modulus elastisitas yang besar menunjukkan kemampuan beton menahan beban yang besar dengan kondisi regangan yang terjadi kecil (Neville,1975). Modulus elastisitas juga tergantung pada umur beton, sifat-sifat dari agregat dan semen, kecepatan pembebanan, jenis dan ukuran dari benda uji (Wang & Salmon, 1994). Berikut rumus dasar yang digunakan dalam perhitungan modulus elastisitas beton.

1. Eurocode 2 (1992) atau Wang & Salmon, 1986.

$$E_c = \frac{0,4 \cdot f'_c}{\epsilon_{0,4}} \dots\dots\dots(3)$$

dengan :

- E_c = Modulus elastisitas beton (Mpa)
- $\epsilon_{0,4}$ = Regangan saat $0,4 f'_c$
- f'_c = Kuat tekan beton (Mpa)

2. ASTM C469

$$E_c = \frac{\sigma_n - \sigma_d}{\epsilon_n - \epsilon_d} \dots\dots\dots(4)$$

dengan :

- E_c = Modulus elastisitas beton (Mpa)
- ϵ_n = Regangan pada saat n (mm/mm)
- σ_n = Tegangan pada saat beban n
- ϵ_d = Regangan pada saat d (mm/mm)
- σ_d = Tegangan pada saat nilai d

3. SKSNI T-15-1991 Untuk $1500 \leq w_c \leq 2500$ Kg/m³

$$E_c = 0,043w_c^{1,50} \sqrt{f'c} \dots\dots\dots(5)$$

dengan :

- E_c = Modulus elastisitas beton (Mpa)
- w_c = Berat volume beton (kg/m³)
- $f'c$ = Kuat tekan beton (Mpa)

4. SKSNI Y-15-1991 Untuk $w_c = \pm 23$ kN/m³

$$E_c = 4700 \sqrt{f'c} \dots\dots\dots(6)$$

dengan :

- E_c = Modulus elastisitas beton (Mpa)
- $f'c$ = Kuat tekan beton (Mpa)

5. Turkish Standard (TS – 500)

$$E_c = 3250 \sqrt{f'c} + 14000 \dots\dots\dots(7)$$

Dengan :

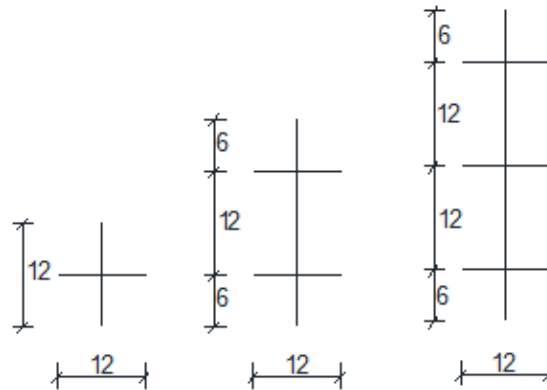
- E_c = Modulus elastisitas beton (Mpa)
- $f'c$ = Kuat tekan beton (Mpa)

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Laboraturium Struktur dan Bahan Konstruksi Teknik Sipil Universitas Brawijaya Malang dan dilaksanakan pada februari sampai april tahun 2017. Objek dalam penelitian ini adalah beton silinder (dengan dimensi tinggi 30 cm dan diameter 15 cm) dengan bahan tambahan serat kawat loket berlapis PVC hijau dengan variasi panjang 12 mm, 24 mm dan 36 mm, lebar *interlocking* yaitu 12 mm dan volume serat 1% dari volume silinder. Tahap penelitian ini adalah:

1. Persiapan bahan penyusun beton meliputi, agregat, semen, dan potongan serat kawat lapis PVC dengan variasi panjang 12 mm, 24 mm, dan 36 mm
2. Analisa Material penyusun beton. Yaitu pengujian gradasi agregat, kadar air, berat isi, dan berat jenis agregat.
3. Pemeriksaan Berat Jenis Kawat Locket Lapis PVC dengan panjang kait 12 mm dan varisi panjang kawat 12 mm, 24 mm, dan 36 mm.
4. Perencanaan Campuran beton (*mix design*) dengan mutu 21,7 Mpa.

5. Pembuatan benda uji beton silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Volume vraksi kawat yang ditentukan sebesar 1% dari volume silinder.
6. Pengujian slump
7. Perawatan beton atau *curing* dilakukan hingga umur beton 28 hari.
8. Pengujian sifat mekanis beton yaitu kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas.



Gambar 3. Variasi panjang serat kawat loket lapis PVC

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Material Penyusun Beton

Agregat halus yang digunakan dalam pembuatan benda uji pada penelitian ini bersumber dari toko komersial agregat di kota Malang. Agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini dikenal sebagai pasir lumajang. Hasil analisis agregat halus yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil Analisis Agregat Halus

Pemeriksaan	Hasil	Satuan
Gradasi Agregat	Zona 2	-
Kadar Air	4,24	%
Berat Isi	1613,415	gram/cm ³
Berat Jenis	2,713	-
Penyerapan	2,669	%

Agregat kasar yang digunakan pada penelitian ini adalah batu pecah yang berasal dari toko komersial agregat di kota Malang. Hasil analisis agregat kasar yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

Table 2. Hasil Analisis Agregat Kasar

Pemeriksaan	Hasil	Satuan
Gradasi Agregat	max 10 mm	-
Kadar Air	3,64	%
Berat Isi	1587,80	gram/cm ³
Berat Jenis	2,302	-
Penyerapan	1,478	%

Berat Jenis Kawat Locket Lapis PVC

Table 3. Hasil Analisis Berat Jenis Kawat

Panjang Kawat (mm)	Berat Jenis Kawat (gr/cm ³)	Berat Serat Kawat (gr)	
		1 silinder	6 silinder
12	0,871	46,15	276,91
24	0,443	23,47	140,84
36	0,371	19,66	177,96

Kawat locket lapis PVC yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan 3 variasi panjang. Setiap variasi panjang membutuhkan 3 benda uji sebagai pembandingan. Volume kawat locket yang digunakan adalah 1% dari volume silinder sehingga perhitungan volume kawat dikonversi pada satuan berat. Pada hasil analisis berat jenis kawat diketahui semakin panjang kawat maka semakin kecil berat jenis kawat.

Pengujian Slump

Pada penelitian ini penurunan nilai slump terhadap beton normal terdapat pada beton serat kawat locket dengan variasi panjang 36 mm, sedangkan beton serat kawat dengan variasi panjang 12 mm dan 24 mm tidak mengalami penurunan nilai slump terhadap beton normal. Penurunan nilai slump pada pengerjaan beton serat dengan panjang kawat 36 mm terjadi karena tingkat kemudahan pengerjaan beton (*workability*) yang rendah, sedangkan penambahan serat kawat locket lapis PVC dengan variasi panjang kawat 24 mm dan 12 mm mengalami penurunan nilai slump karena serat tidak terlalu menyatu atau homogen dengan agregat dan semen pada pembuatan beton segar.

Berat Isi Beton

Pada penelitian ini data perhitungan rata-rata berat isi beton menunjukkan bahwa berat isi beton normal atau beton tanpa serat kawat lebih kecil dibandingkan berat isi beton serat kawat locket dengan variasi panjang 12 mm dan 24 mm. Sedangkan berat isi beton serat kawat locket dengan variasi panjang 36 mm lebih kecil dibandingkan beton normal.

Secara teori pada analisis perencanaan campuran beton (*mix design*) berat isi beton serat akan semakin meningkat apabila berat jenis kawat meningkat, hal ini terjadi karena adanya penambahan serat dengan volume kawat yang ditetapkan sama untuk semua variasi panjang pada beton serat yaitu 1% dari volume silinder, namun pada perhitungan berat jenis kawat proporsi berat kawat setiap variasi beton serat memiliki berat yang berbeda-beda. Penurunan nilai berat isi beton pada variasi panjang 36 mm terjadi karena dimensi kawat yang panjang mengurangi volume kerikil yang terisi pada mortar atau beton segar, sedangkan beton serat dengan variasi panjang 12 mm dan 24 mm menunjukkan peningkatan nilai berat isi beton terhadap beton normal.

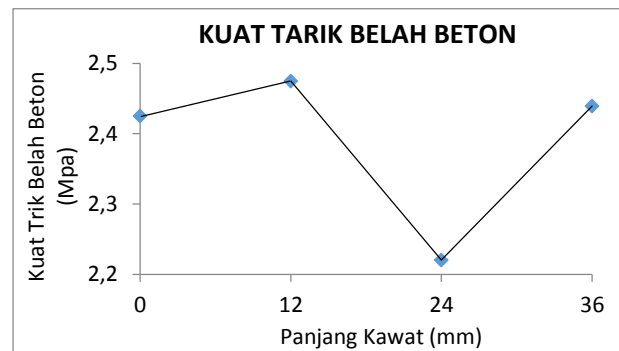
Sifat Mekanis Beton

Pengujian sifat mekanis benda uji beton silinder dilakukan pada beton yang telah mengeras dengan umur 28 hari. Pengujian sifat-sifat mekanis beton yang dilakukan adalah uji kuat tekan, uji kuat tarik belah dan uji modulus elastisitas beton. Pengujian ini dilakukan untuk memberikan perbandingan nilai sifat mekanis beton normal dan beton serat kawat locket lapis PVC dengan variasi panjang kawat 12 mm, 24 mm dan 36 mm.

Kuat Tarik Belah Beton

Tabel 4. Hasil Kuat Tarik Belah Beton

Tipe Beton	Kuat Tarik (Mpa)	Kuat Tarik Rata-Rata (Mpa)	Selisih Terhadap Beton Normal (%)
Beton Normal	$\frac{2,376}{2,475}$	2,425	-
Beton Serat variasi panjang kawat 24 mm	$\frac{2,489}{2,461}$	2,475	2,00
Beton Serat variasi panjang kawat 12 mm	$\frac{2,206}{2,234}$	2,220	-8,45
Beton Serat variasi panjang kawat 36 mm	$\frac{2,489}{2,390}$	2,439	0,58



Gambar 4. Perbandingan hasil kuat tarik belah beton

Berdasarkan hasil perhitungan pada tabel 4 didapatkan bahwa nilai kuat tarik belah beton serat maksimum pada variasi panjang 12 mm. Kuat tarik belah pada beton normal lebih kecil dibandingkan dengan beton serat kawat dengan variasi panjang 12 mm dan 36 mm, sedangkan beton serat dengan variasi panjang 24 mm mengalami penurunan nilai kuat tarik belah beton sebesar 8,45% terhadap beton normal.

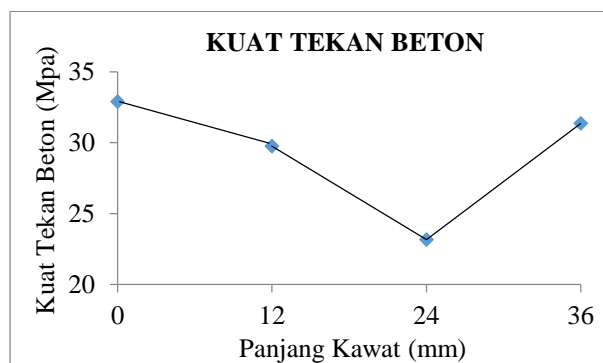
Lapisan PVC pada kawat yang memiliki permukaan yang licin dan lentur sehingga sulit untuk terikat dengan agregat serta semen menjadi salah satu alasan terhadap tidak optimalnya kuat tarik belah beton serat terhadap beton normal, selain itu lapisan PVC pada kawat membuat fungsi kawat sebagai serat pada

beton tidak maksimum, posisi serat yang tidak beraturan di dalam beton menjadi salah satu faktor terjadinya penurunan nilai kuat tarik belah beton.

Kuat Tekan Beton

Tabel 5. Hasil Kuat Tekan Beton

Tipe Beton	Kuat Tekan (Mpa)	Kuat Tekan Rata-Rata (Mpa)	Selisih terhadap Beton Normal (%)
Beton Normal	$\frac{32,752}{33,034}$	32,893	-
Beton Serat variasi panjang kawat 12 mm	$\frac{28,905}{30,602}$	29,754	9,54
Beton Serat variasi panjang kawat 24 mm	$\frac{22,909}{23,418}$	23,164	29,58
Beton Serat variasi panjang kawat 36 mm	$\frac{30,319}{32,413}$	31,366	4,64



Gambar 6. Perbandingan hasil kuat tekan beton

Tabel 6. Hasil Perhitungan Modulus Elastisitas

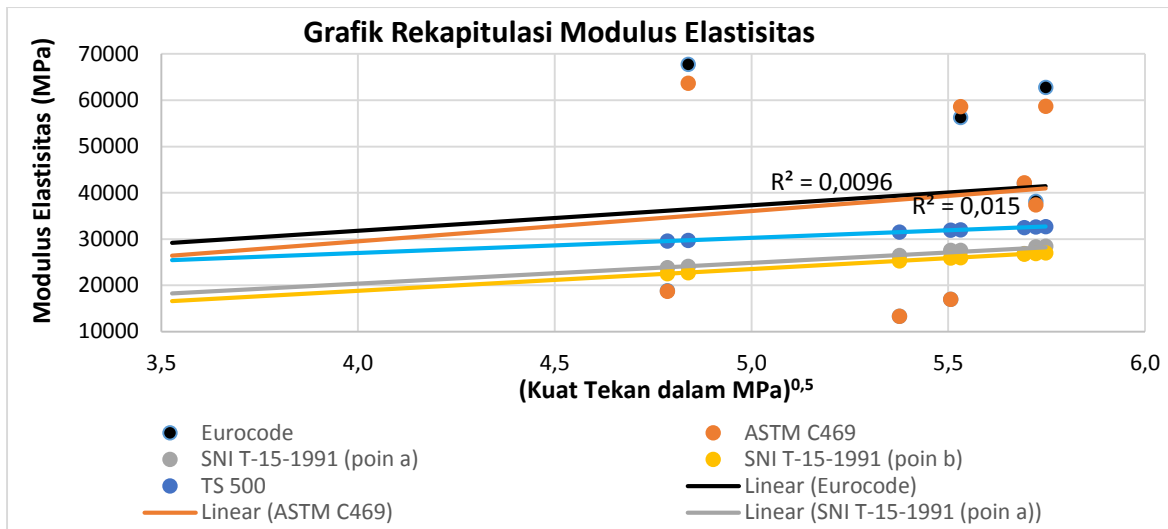
NO	KODE BETON	KUAT TEKAN (Mpa)	MODULUS ELASTISITAS (Mpa)				
			(1) Wang & Salmon (1986)	(2) ASTM C469	(3) SKSNI T-15-1991 (1500 ≤ w _c ≤ 2500 Kg/m ³)	(4) SKSNI T-15-1991 (w _c = ± 23 kN/m ³)	(5) TS - 500
1	Beton Normal	32,752	38158,50	37391,00	28326,77	26897,60	32599,41
2		33,034	62778,00	58705,00	28448,82	27013,49	32679,54
3	Beton Serat Variasi panjang 12 mm	28,905	13319,73	13346,00	26452,56	25268,81	31473,11
4		30,602	56253,84	58645,00	27545,25	25987,96	31978,71
5	Beton Serat Variasi panjang 24 mm	22,909	18840,08	18683,00	23832,83	22495,82	29555,62
6		23,418	67726,05	63636,00	24096,18	22744,40	29727,51
7	Beton Serat Variasi panjang 36 mm	30,319	16970,00	16970,00	27581,03	25879,55	31895,37
8		32,413	41957,57	42121,00	26843,18	26757,87	32503,04

Berdasarkan hasil analisis data kuat tekan maka didapatkan hasil bahwa nilai kuat tekan beton normal lebih tinggi dibandingkan dengan beton serat kawat loket lapis PVC. Sedangkan perbandingan hasil kuat tekan beton serat dengan variasi panjang menunjukkan hasil bahwa panjang kawat loket 36 mm lebih besar dibanding variasi 12 mm dan 24 mm. Hasil kuat tekan beton serat dengan variasi panjang kawat yang telah diteliti pada penelitian ini tidak menunjukkan hasil yang optimum.

Modulus Elastisitas Beton

Nilai modulus elastisitas pada penelitian ini menggunakan 5 rumus dasar sebagai pembandingan hasil. Rumus dasar tersebut yaitu: Eurocode 2 (1992) atau Wang & Salmon 1986, ASTM C496, SKSNI T-15-1991 dengan syarat $1500 \leq w_c \leq 2500 \text{ Kg/m}^3$ (poin a) dan $w_c = \pm 23 \text{ kN/m}^3$ (poin b), dan *Turkish Standard* (TS-500).

Hasil modulus elastisitas pada tabel 6 memperlihatkan hasil yang bervariasi untuk setiap rumus dasar. Rumus wang dan salmon (1986) dan ASTM C469 memiliki nilai selisih yang kecil. Perbandingan antara rumus SKSNI T-15-1991 juga memperlihatkan hasil modulus elastisitas dengan selisih yang rendah. Rumus ASTM C469 dan SKSNI T-15-1991 memiliki nilai selisih yang besar. Bila dibandingkan rumus eurocode atau wang dan salmon (1986) dan TS-500 juga memperlihatkan nilai selisih yang besar begitu pula dengan selisih rumus SKSNI T-15-1991 poin a dengan TS-500.



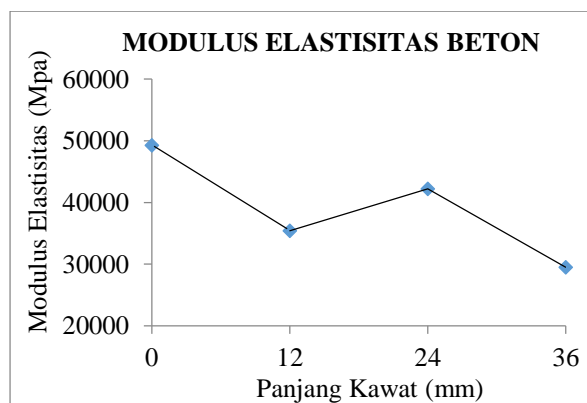
Gambar 7. Rekapitulasi perbandingan nilai modulus elastisitas dengan akar kuat tekan

Hasil optimum modulus elastisitas tidak dapat diketahui karena beton serat memiliki nilai hasil kuat tekan yang sangat bervariasi, Maka digunakan rumus eurocode atau wang dan salmon (1986) dan rumus ASTM untuk menganalisis hasil modulus karena dengan menggunakan rumus tersebut memperlihatkan hasil modulus elastisitas berdasarkan grafik hubungan

regangan-tegangan beton, karena setiap benda uji memiliki grafik yang berbeda sesuai dengan data pengujian modulus elastisitas beton, sedangkan dengan rumus SKSNI T-15-1991 dan TS-500 menghitung modulus elastisitas berdasarkan kuat tekan dan koefisien pengali tertentu.

Tabel 7. Nilai Hasil Modulus Elastisitas

No	Kode Beton	Modulus Elastisitas (Mpa)		Rata-Rata Modulus Elastisitas (Mpa)	Selisih Terhadap Beton Normal (%)
		Eurocode atau Wang & Salmon (1986)	ASTM C469		
1	Beton Normal	38158,50	37391,00	49258,13	-
2		62778,00	58705,00		
3	Beton Serat panjang 12 mm	13319,73	13346,00	35391,14	28,15
4		56253,84	58645,00		
5	Beton Serat panjang 24 mm	18840,08	18683,00	42221,28	14,29
6		67726,05	63636,00		
7	Beton Serat panjang 36 mm	16970,00	16970,00	29504,64	40,10
8		41957,57	42121,00		



Gambar 7. Perbandingan nilai modulus elastisitas beton

Perhitungan modulus elastisitas beton berdasarkan tabel 7 memperlihatkan bahwa modulus elastisitas beton terbesar berada pada beton normal. Beton dengan variasi panjang serat nilai maksimum modulus elastisitas terdapat pada beton serat pada variasi 24 mm dengan penurunan nilai sebesar 14,29% dari beton normal. Pada penelitian ini penambahan serat kawat loket lapis PVC pada campuran beton tidak meningkatkan modulus elastisitas beton, serta tidak dapat menunjukkan hasil yang optimum karena nilai modulus antara benda uji yang satu dengan yang lainnya memiliki nilai selisih yang besar.

KESIMPULAN

Berdasarkan data yang diperoleh dari penelitian dan analisis yang telah dilakukan pada beton serat kawat loket lapis PVC dengan variasi panjang kawat 12 mm, 24 mm dan 36 mm, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Hasil pengujian kuat tarik belah beton menunjukkan bahwa penambahan serat dengan variasi panjang 12 mm dengan nilai 2,475 Mpa dan 36 mm dengan nilai 2,439 Mpa memberikan pengaruh terhadap peningkatan nilai kuat tarik belah beton terhadap beton normal dengan nilai kuat tarik belah 2,425 Mpa, kenaikan nilai masing-masing sebesar 2 % pada variasi panjang kawat 12 mm dan 0,58 % pada variasi panjang kawat 36 mm. Beton serat dengan variasi panjang kawat 24 mm memperlihatkan penurunan nilai kuat tarik belah beton sebesar 8,45 %.
2. Pengujian kuat tekan pada penelitian ini menunjukkan bahwa nilai kuat tekan beton serat lebih kecil dibandingkan dengan beton normal. Pada beton serat nilai maksimum kuat tekan beton terdapat pada variasi panjang kawat 36 mm. Masing-masing penurunan nilai kuat tekan secara berturut-turut pada panjang 12 mm, 24 mm dan 36 mm adalah 9,54 %, 29,58 % dan 4,64 %. Penurunan nilai kuat tekan beton ini terjadi karena adanya peningkatan nilai slump pada saat pengujian beton segar atau mortar pada saat pengecoran, selain itu lapisan PVC membuat ikatan antar agregat menjadi lebih kecil dibandingkan beton normal.
3. Nilai modulus elastisitas yang telah dianalisis pada penelitian ini menunjukkan bahwa. Nilai modulus elastisitas maksimum terdapat pada beton serat dengan variasi panjang 24 mm. Penurunan modulus elastisitas pada beton serat kawat loket lapis PVC terjadi karena serat kawat membuat beton menjadi lebih elastis sehingga regangan beton meningkat namun tegangan beton tidak meningkat, sehingga nilai modulus elastisitas beton serat lebih rendah dibandingkan beton normal.

SARAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan terhadap beton serat kawat loket lapis PVC dengan variasi panjang kawat, maka terdapat beberapa saran yang dapat digunakan untuk memperbaiki kesalahan pada penelitian selanjutnya, yaitu:

1. Pada saat pembuatan benda uji beton silinder sebaiknya dicari metode yang tepat untuk menentukan proporsi jumlah kawat pada masing-masing benda uji yang memiliki variasi yang sama.
2. Pada saat pembuatan benda uji beton silinder sebaiknya dicari metode agar arah serat tepat dan dapat berfungsi secara maksimum didalam beton.
3. Untuk penelitian serat kawat sebaiknya tidak memakai kawat dengan lapisan PVC.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariatama, Ananta. (2007). Pengaruh Pemakaian Serat Kawat Berkait Pada Kekakuan Beton Mutu Tinggi Berdasarkan Optimasi Diameter Serat. *Tesis*. Tidak dipublikasi. Semarang: Universitas Diponegoro.
- American Society of Testing Materials (ASTM) international C469. (1994). Standar Test Method of Statistic Modulus of Elasticity and poisson's Ratio of Concrete in Compression, United States.
- Asroni, Ali. (2010). *Balok dan Pelat Beton Bertulang*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Carnovale, David Joseph. (2013). Behaviour and Analysis of Steel and Macro-Synthetic Fibre Reinforced Concrete Subjected to Reversed. *Tesis*. Tidak dipublikasi Toronto: University of Toronto.
- Dipohusodo, Istimawan. (1996). *Struktur Beton Bertulang*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Haryanto, Yanuar. (2006). Kajian Ketahanan Kejut Beton Ringan Setat Alumunium dengan Agregat Alwa. *Jurnal*. Tidak dipublikasi. Purwokerto: Universitas Jendral Soedirman.
- Murdock, L.J. & K.M. Brook. (1999), *Bahan dan Praktek Beto*, Jakarta: Erlangga.
- Nawy, Edward G.(1985). *Beton Bertulang*. Refika: Bandung
- Nurlina, Siti. (2011). *Teknologi Bahan I*. Malang: Bargie Media
- P. N. Balaguru dan S. P. Shah. (1992). *Fiber Cement Rainforced Cement Composite*. New York.
- Peraturan Beton Indonesia. (1971). Jakarata: Departemen Pekerjaan Umum.
- Standar Nasional Indonesia 03-2847. (2002). Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Surat Keputusan Standar Nasional Indonesia T-15. (1991). Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung. Departemen Pekerjaan Umum.
- Wang, Chu-Kia & Charles G. Salmon. (1994). *Disain Beton Bertulang*. Jilid I. Edisi Keempat. Terjemahan Binsar Hariandja. Jakarta: Erlangga.