

PENGARUH PENGGUNAAN POTONGAN KAWAT BENDRAT PADA CAMPURAN BETON DENGAN KONSENTRASI SERAT PANJANG 4 CM BERAT SEMEN 350 KG/M³ DAN FAS 0,5

Aris Widodo

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang (UNNES)
Kampus Unnes Gd E4, Sekaran, Gunungpati, Semarang 50229. Email: ariswido71@yahoo.co.id

Abstract: Concrete is a construction material that can withstand compressive strength well but to withstand tensile strength, these materials diras less perfect. To overcome this, it is given an additional piece of wire with a length of 4 cm bendrat the concrete mix. The addition of this wire as a fiber (fiber) is expected to increase the tensile strength sides, compressive strength and modulus of elasticity of concrete. From the test results obtained an increase in split tensile strength, compressive strength and modulus of elasticity. In tensile sides obtained an increase of 39.931% was achieved at a concentration of $\pm 5\%$ fiber. In the compressive strength obtained an increase of 31.648% at a concentration of $\pm 7.5\%$ and the modulus of elasticity of 25 670 MPa results obtained at a concentration of 7.5% \pm fibers. Thus the use of wire bendrat can increase the strength of the concrete.

Keywords: Effect of use, Pieces Wire bendrat.

Abstrak: Beton merupakan bahan konstruksi yang mampu menahan kuat tekan dengan baik namun untuk menahan kuat tarik, bahan ini diras kurang begitu sempurna. Untuk mengatasi hal itu maka diberikan tambahan potongan kawat bendrat dengan panjang 4 cm pada campuran beton. Penambahan kawat ini sebagai serat (fiber) yang diharapkan mampu meningkatkan kuat tarik belah, kuat tekan dan modulus elastisitas dari beton. Dari hasil pengujian didapatkan adanya peningkatan kuat tarik belah, kuat tekan dan modulus elastisitas. Pada kuat tarik belah didapatkan peningkatan sebesar 39,931% yang tercapai pada konsentrasi serat sebesar $\pm 5\%$. Pada kuat tekan didapatkan kenaikan sebesar 31,648% pada konsentrasi $\pm 7,5\%$ dan pada modulus elastisitas didapatkan hasil sebesar 25670 Mpa pada konsentrasi serat $\pm 7,5\%$. Dengan demikian penggunaan kawat bendrat dapat meningkatkan kekuatan pada beton.

Kata kunci: Pengaruh penggunaan, Potongan Kawat bendrat.

PENDAHULUAN

Beton merupakan salah satu bahan konstruksi yang saat ini banyak digunakan oleh masyarakat untuk mendirikan bangunan, baik bangunan gedung, jembatan, jalan dan lain sebagainya. Beton didapatkan dengan cara mencampurkan semen, air, dan agregat pada perbandingan tertentu dengan atau tanpa bahan tambahan.

Minat masyarakat yang begitu besar akan bahan ini dikarenakan beton memiliki sifat-sifat dan karakteristik yang mudah dibuat sesuai dengan bentuk yang dikehendaki, ekonomis (bahan mudah dicari), serta memiliki keawetan tinggi dan mudah dalam perawatan. Sifat lain

yang juga membuat beton banyak diminati karena bahan konstruksi ini mampu menerima kekuatan tekan. Meskipun demikian beton memiliki kelemahan, yaitu kemampuan untuk menerima kuat tarik rendah.

Kelemahan beton yang tidak begitu kuat menahan tegangan tarik menjadikan bahan ini memerlukan perlakuan khusus untuk mengatasi permasalahan tersebut. Keadaan yang sering kita lihat dilapangan untuk mengatasi kelemahan beton yang tidak begitu kuat menahan tegangan tarik, yaitu dengan memberikan tulangan didalamnya.

Para peneliti dan ahli di negara-negara maju juga telah berusaha untuk memperbaiki sifat kurang baik yang ada pada beton yaitu antara lain dengan menambahkan berbagai bahan tambahan, baik yang bersifat kimiawi maupun fisikal pada adukan beton. Salah satu cara alternatif yang digunakan untuk memperbaiki kekurangan yang dimiliki beton adalah dengan menambahkan serat (*fiber*). Ide dasarnya yaitu menambahkan serat (*fiber*) pada adukan beton yang disebarkan secara merata (*uniform*) dengan orientasi *random*. Pemberian serat (*fiber*) ini diharapkan mampu mengatasi kelemahan pada beton yang tidak begitu kuat menahan tegangan tarik. (Suhendro 2000:1)

Dewasa ini jenis *fiber* yang dipakai di luar negeri adalah *fiber* baja (*steel fiber*), yang memiliki diameter sekitar 0,50 mm dan panjang sekitar 50 mm, dengan bentuk geometri yang beraneka ragam. Di Indonesia konsep pemakaian beton *fiber* baja pada adukan beton untuk struktur bangunan teknik sipil belum banyak dikenal dan belum banyak dipakai dalam praktek. Salah satu penyebabnya adalah belum tersedianya *fiber* baja secara murah dan dalam jumlah yang cukup di Indonesia, karena harus mendatangkan dari luar negeri. Untuk mengatasi hal itu telah ditemukan solusi alternatif, yaitu dengan menggunakan *fiber* lokal yang terbuat dari potongan-potongan kawat lokal (berdiameter sekitar 0,80 mm dengan panjang sekitar 60 mm) yang tersedia di pasaran. (Suhendro 2000:1)

Serat baja (*Steel Fiber*) dalam hal ini berupa potongan kawat bendrat memiliki kekuatan yang relatif tinggi dalam memikul beban tarik. Disamping itu *steel fiber* tidak mudah mengalami perubahan bentuk terhadap ikatan alkali semen, hanya saja serat ini tidak

tahan terhadap korosi apabila tidak terlindungi dengan baik oleh beton.

Beton

Beton adalah campuran antara portland semen atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan membentuk massa padat (SK SNI-T-15-1991-03 1991: 2). Menurut Samekto dan Rahmadiyanto (2001: 35) beton adalah campuran dari agregat halus dan agregat kasar (pasir, kerikil, batu pecah, dan jenis agregat lain) dengan semen, yang dipersatukan oleh air dalam perbandingan tertentu. Pengerasan beton terjadi oleh reaksi kimia antara air dan semen, dan akibatnya campuran itu selalu bertambah keras setara dengan umurnya.

Nilai kuat tekan beton relatif tinggi dibandingkan dengan kuat tariknya, dan beton merupakan bahan bersifat getas. Nilai kuat tariknya hanya berkisar 9%-15% dari kuat tekannya (Dipohusodo 1994: 1). Mengingat hal itu maka solusi yang digunakan untuk memperbaiki sifat kurang baik dari beton tersebut adalah dengan cara menambahkan serat (*fiber*) kedalam adukan beton, yang kemudian dikenal dengan istilah beton serat (*concrete fiber*).

Beton Serat

Beton serat (*fiber concrete*) adalah beton yang terbuat dari campuran semen hidrolis, agregat halus, agregat kasar, air dan *fiber* dengan proporsi tertentu. Ide ini pada dasarnya adalah memberikan tambahan adukan beton dengan bahan serat yang disebarkan secara merata (*uniform*) dengan orientasi *random*.

Beberapa macam *fiber* yang umum dipakai adalah baja (*steel*), kaca (*glass*), plastik (*polypropylene*) dan karbon (*carbon*) (Soroushian & Bayasi, 1987). Menurut Sudarmoko (dalam Tjokrodinuljo 1996: 123) jika serat yang dipakai memiliki modulus elastisitas lebih tinggi daripada beton, misalnya kawat baja, maka beton serat akan mempunyai kuat tekan, kuat tarik, maupun modulus elastisitas yang sedikit lebih tinggi dari beton biasa. Hasil penelitian yang menggunakan kawat bendrat dengan panjang 60 mm, 80 mm, dan 100 mm menunjukkan bahwa tambahan 1% dari volume beton mampu menaikkan kuat tekan beton sekitar 25%, kuat tarik sekitar 47%, dan modulus elastisitas sekitar 10%.

Dari hasil penelitian yang telah dilaksanakan, penambahan serat ke dalam adukan beton dapat memberikan keuntungan berupa perbaikan beberapa sifat beton (Suhendro 2000: 7), yaitu :

- 1) Daktilitas (*duktility*), yang berhubungan dengan kemampuan bahan untuk menyerap energi (*energi absorption*).
- 2) Ketahanan terhadap beban kejut (*impact resistance*).
- 3) Kemampuan untuk menahan tarik dan momen lentur.
- 4) Ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue life*).
- 5) Ketahanan terhadap pengaruh susutan (*shrinkage*).
- 6) Ketahanan terhadap ausan (*abrasion*), fragmentasi (*fragmentation*), dan spalling.

Mengingat kecilnya nilai kuat tarik beton jika dibandingkan dengan kuat tekannya yaitu sekitar $0,57\sqrt{f'c}$, maka diambil solusi untuk menambahkan *fiber* atau serat kedalam adukan beton. Hasil penelitian Suhendro (1990: 9)

menyimpulkan bahwa beton *fiber* mampu mempertahankan kemampuan tarik maksimum, meskipun regangan tarik yang terjadi sudah cukup besar (bahkan terjadi retakan). Hal ini terbukti melalui pengujian *split silinder* pada umur 28 hari memberikan hasil berupa kuat tarik beton *fiber*. Beton biasa (BB) memiliki kuat tarik sebesar 2,8 MPa, sedangkan beton *fiber* baja (BFS-0,5 dan BFS-1,0), beton *fiber* bendrat (BFB-0,5) dan beton *fiber* kawat (BFK-0,5), berturut-turut mempunyai kuat tarik sebesar 3,77 MPa; 4,50 MPa; 4,425 MPa; dan 3,5 MPa. Disamping itu yang lebih penting adalah mekanisme keruntuhan pada pengujian tarik tersebut berubah drastis dari bersifat getas (*brittle*) untuk BB menjadi bersifat sangat liat (*ductile*) untuk BFS maupun BFB dan BFK. Fenomena ini mendasari keberanian diajukannya konsep bahwa kuat tarik beton fiber layak diperhitungkan dalam analisis, dan asumsi ini membuat semua formula analisis tampang pada beton konvensional perlu di modifikasi secara menyeluruh.

Kuat Tarik Belah (ft)

Kuat tarik belah (ft) adalah kuat tarik beton yang ditentukan berdasarkan kuat tekan belah dari silinder beton yang ditekan pada sisi panjangnya (SK SNI-T-15-1991-03).

Menurut Dipohusodo (1994:10) nilai kuat tekan dan tarik bahan beton tidak berbanding lurus, setiap usaha perbaikan mutu kekuatan tekan hanya disertai peningkatan kecil nilai kuat tariknya. Suatu perkiraan kasar dapat dipakai, bahwa nilai kuat tarik bahan beton normal hanya berkisar antara 9%-15% dari kuat tekannya. Kuat tarik bahan beton yang tepat sulit untuk diukur. Suatu pendekatan yang umum dilakukan dengan menggunakan *modulus of rupture*, ialah

tegangan tarik lentur beton yang timbul pada pengujian hancur balok beton polos (tanpa tulangan), sebagai pengukur kuat tarik sesuai dengan teori elastisitas. Kuat tarik bahan beton juga ditentukan ditentukan melalui pengujian *split cilinder* yang umumnya memberikan hasil yang lebih baik dan lebih mencerminkan kuat tarik yang sebenarnya. Nilai pendekatan yang diperoleh dari hasil pengujian berulang kali mencapai kekuatan $0,50-0,60\sqrt{f_c'}$, sehingga untuk beton normal digunakan nilai $0,57\sqrt{f_c'}$. Pengujian tersebut menggunakan benda uji silinder beton berdiameter 150 mm dan panjang 300 mm, diletakkan pada arah memanjang diatas alat penguji kemudian beban tekan diberikan merata arah tegak dari atas pada seluruh panjang silinder. Apabila kuat tarik terlampaui, benda uji terbelah menjadi dua bagian dari ujung keujung. Tegangan tarik yang timbul sewaktu benda uji terbelah disebut sebagai *split cilinder strength*, diperhitungkan sebagai berikut :

$$f_t = \frac{2}{\pi} \frac{P}{LD}$$

Dimana :

- f_t :Kuat tarik belah (N/mm^2)
- P :Beban pada waktu belah (N)
- L :Panjang benda uji silinder (mm)
- D :Diameter benda uji silinder (mm).

Kuat Tekan (f_c)

Kuat tekan beton yang diisyaratkan (f_c) adalah kuat tekan beton yang ditetapkan oleh perencana struktur (benda uji berbentuk silinder diameter 150 mm dan tinggi 300 mm), dipakai dalam perencanaan struktur beton, yang dinyatakan dalam *Mega Paskal* atau MPa (SK SNI-T-15-1991-03).

Nilai kuat tekan beton didapatkan melalui tata cara pengujian standar, menggunakan mesin uji dengan cara memberikan beban tekan

bertingkat dengan kecepatan peningkatan beban tertentu atas benda uji silinder beton (diameter 150 mm, tinggi 300 mm) sampai hancur. Tata cara pengujian yang umumnya dipakai adalah standar ASTM (*American Society for Testing Material*), C39-86. Menurut Dipohusodo (1994: 7), kuat tekan masing-masing benda uji ditentukan oleh tegangan tekan tertinggi (f_c) yang dicapai benda uji umur 28 hari akibat beban tekan selama percobaan.

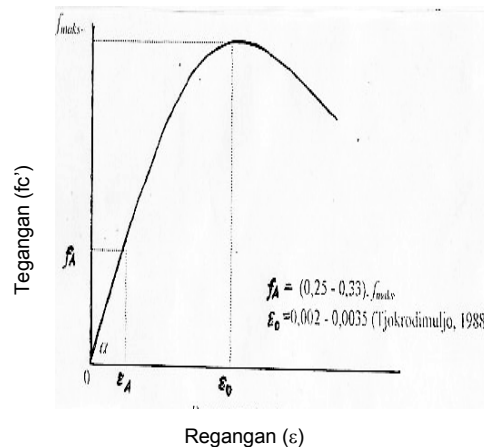
Menurut Tjokrodinuljo (1996: 59), faktor-faktor yang sangat mempengaruhi kekuatan beton antara lain faktor air semen, umur beton, jenis semen, jumlah semen, dan sifat agregat.

Modulus Elastisitas (E_c)

Modulus Elastisitas adalah rasio dari tegangan normal tarik atau tekan terhadap regangan yang bersangkutan, dibawah batas proposional dari material (SK SNI-T-15-1991-03).

Modulus Elastisitas Beton adalah koefisien perbandingan antara tegangan dan regangan pada keadaan elastik. Seperti terlihat dalam gambar1 di bawah ini.

$$E_c : \tan \alpha = \frac{f_A}{\epsilon_A}$$



Gambar 1. Hubungan antara tegangan dan regangan beton.

Menurut Dipohusodo (1994:9), Nilai Modulus Elastisitas beton sangat beragam tergantung pada nilai kuat betonnya, sesuai dengan teori elastisitas. Secara umum kemiringan kurva pada tahap awal menggambarkan nilai modulus elastisitas suatu bahan. Karena kurva pada beton membentuk lengkung maka nilai regangan berbanding lurus dengan nilai tegangannya berarti bahan beton tidak sepenuhnya tidak bersifat elastis, sedangkan nilai modulus elastisitas berubah-ubah sesuai dengan kekuatannya dan tidak dapat ditetapkan melalui kemiringan kurva. Bahan beton bersifat *elastoplastis* dimana akibat dari beban tetap yang sangat kecil sekalipun, disamping memperlihatkan kemampuan elastis bahan beton juga menunjukkan deformasi permanen. Sesuai SK SNI-T-15-1991-03 pasal 3.1.5 digunakan rumus nilai modulus elastisitas beton sebagai berikut :

$$E_c = 0,043 W_c^{1,50} \sqrt{f'_c}$$

Dimana ;

E_c : Modulus Elastisitas beton tekan (MPa)

W_c : Berat isi beton (kg/m^3)

f'_c : Kuat tekan beton (MPa)

Rumus empiris tersebut hanya berlaku untuk beton dengan berat isi berkisar antara 1500 dan 2500 kg/m^3 . Untuk beton kepadatan normal dengan berat isi $\pm 23 \text{ kN/m}^3$ dapat digunakan nilai $E_c = 4700 \sqrt{f'_c}$

Pada ASTM C 496 (dalam Somayaji 1995:79) memberi batasan untuk menghitung nilai modulus elastisitas beton dengan persamaan :

$$E_c = \frac{S_2 - S_1}{\varepsilon_2 - 0,00005}$$

Dimana :

E_c : Modulus Elastisitas Beton Tekan (MPa)

S_1 :Tegangan Beton Pasa saat Regangan mencapai

0,00005

S_2 :Tegangan Beton mencapai 40 % tegangan maksimum

ε_2 :Regangan arah Longitudinal akibat σ_2

Dalam penelitian Suroso didapatkan nilai modulus elastisitas dengan pasir pantai (DPP) sebesar $E_c = 3996 \sqrt{F_c}$, sedangkan untuk penelitian tanpa pasir pantai (TPP) nilai modulus elastisitasnya sebesar $E_c = 3954 \sqrt{F_c}$.

Dalam Penelitian Adi Harso (2002 : 56) nilai modulus elastisitas dari beton dengan batu *Feldspar* dari Purwanegara sebesar $E_c = 4605 \sqrt{F_c}$.

Serat Bendrat (*Steel Fiber*).

Serat bendrat memiliki kekuatan serta modulus elastisitas yang relatif tinggi. Disamping itu serat kawat bendrat tidak mengalami perubahan bentuk terhadap pengaruh alkali semen, dan lekatannya pada beton dapat meningkat karena penjangkaran secara meknanika. Pembebanan dalam waktu yang lama tidak berpengaruh terhadap sifat mekanika kawat bendrat.

Kelemahan yang dimiliki kawat bendrat adalah apabila kawat bendrat tidak dalam posisi terlindung dalam beton, maka akan timbul resiko terjadinya korosi. Hal lain yang dapat berpengaruh adalah penambahan kawat bendrat akan menambah berat betonnya sendiri. Sifat kohesif yang tinggi dari serat bendrat juga akan mengakibatkan *balling effect* yaitu serat akan menggumpal dan tidak tersebar secara merata pada saat pencampuran. Kawat bendrat dapat diandalkan dalam mencegah keretakan dan memperbaiki ketahanan sifat kurang baik bahan beton sebagai akibat kelelahan, beban kejut dan penyusutan.

Pemberian serat kawat bendrat dengan distribusi *random* kedalam adukan beton, dapat

menahan perambatan dan pelebaran retak-retak pada beton. Faktor ini akan berpengaruh pada peningkatan daktilitas dan kapasitas penyerapan energi, serta meningkatkan kuat tarik dan tekan bahan.

METODOLOGI

Bahan

Bahan yang dipakai pada penelitian ini yaitu : Semen tipe I dengan merk Gresik kemasan 50 kg, pasir yang berasal dari daerah Muntilan, Kerikil Pudakpayung dengan butiran maksimum 20 mm, serat kawat bendrat geometri lurus, dengan panjang 4 cm dan diameter ± 1 mm, serta air dari laboratorium bahan teknik sipil UNNES.

Alat

Alat-alat yang dipakai dalam penelitian ini yaitu :

1. Ayakan No. 200 untuk pemeriksaan kadar lumpur pasir
2. Ayakan dengan ukuran 20; 10; 5; 4,8; 2,4; 1,2; 0,6; 0,3; 0,15 mm dilengkapi tutup pan dan alat penggetar untuk mengetahui gradasi kerikil dan pasir.
3. Timbangan untuk menimbang bahan susun beton.
4. Gelas ukur untuk mengukur banyaknya air.
5. Piknometer kapasitas 500 gr untuk mencari B_j agregat halus.
6. Oven, desikator untuk mengeringkan dan mendinginkan agregat.
7. Mesin aduk beton untuk mengaduk campuran beton
8. Mesin uji tekan beton yang dilengkapi alat ukur regangan (*dial gage*) untuk menguji kekuatan dan regangan beton.

Prosedur Penelitian

1. Semua agregat yang dipakai diperiksa berat jenis dan gradasi. Pada agregat halus diperiksa juga kadar lumpurnya dan pada agregat kasar diperiksa kekerasan dan keausan agregat.
2. Pemeriksaan semen dilakukan dengan pengamatan secara visual dengan syarat semen tidak boleh menggumpal dan bahan butirannya halus.
3. Air diperiksa secara visual dan tidak boleh mengandung lumpur atau kotoran. Air haruslah jernih.
4. Tahap perancangan adukan dilakukan dengan perbandingan gradasi yang diperoleh dengan cara coba-coba secara grafis, berat semen telah ditetapkan yaitu 350 kg/m^3 dan fas 0,5.
5. Pasir dan kerikil dibuat dalam keadaan jenuh kering muka, serta ditimbang dengan perbandingan sesuai dengan perencanaan dan dicampur dalam mesin pengaduk beton. Setelah adukan tercampur dengan merata selanjutnya dituang ke dalam cetakan benda uji silinder. Setelah umur satu hari cetakan dibuka.
6. Benda uji berupa silinder beton dibiarkan dalam perawatan selama 28 hari di tempat yang lembab kemudian dilakukan uji tarik belah, uji tekan beton sekaligus uji modulus elastisitas.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemeriksaan Agregat

1. Agregat Halus (Pasir)

Dari pemeriksaan agregat halus diperoleh nilai berat jenis pasir 2,61. Kadar

Lumpur 3,66%. Pasir dalam penelitian ini masuk pada zone (daerah) II yaitu pasir agak kasar.

2. Agregat Kasar (Kerikil)

Hasil pemeriksaan kerikil didapatkan nilai berat jenis sebesar 2,63. Keausan agregat 25,27% dan kekerasan agregat 9,59%.

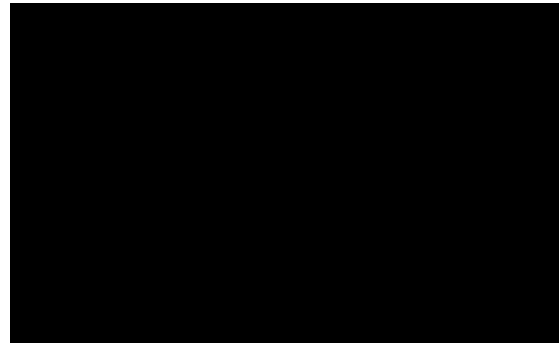
Dari kedua pemeriksaan didapatkan gradasi campuran dengan perbandingan masing-masing 40:60.

Hasil Uji Keleccakan

Dari hasil penelitian didapatkan bahwa penambahan serat ke dalam adukan beton akan menurunkan keleccakan (*workability*) yang ditandai dengan menurunnya nilai slump sebesar 5 sampai 2 cm. Hal ini dapat dipengaruhi oleh adanya kondisi *balling effect* yang terjadi pada bendrat saat proses pengadukan.

Hasil Uji Kuat Tarik Belah (Ft)

Hasil uji kuat tarik belah beton serat didapatkan adanya peningkatan kekuatan sebesar 39,931% dari beton normal. Peningkatan ini terjadi pada kondisi penambahan serat sebesar $\pm 5\%$ seperti yang terlihat dalam gambar 2 berikut ini.

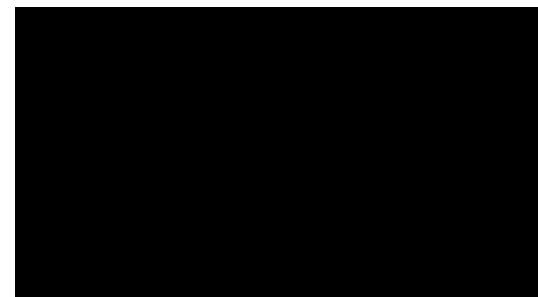


Gambar 2. Hubungan antara Kadar Serat dengan Kuat Tarik.

Dari gambar di atas dapat diketahui bahwa nilai persamaan ($y = -0,018x^2 + 0,2351 + 2,486$) $0 = -0,036x + 0,2351$ yaitu sebesar 6,53055. Jadi kekuatan beton maksimal didapat pada penambahan serat sebesar 6,53% dari berat semen.

Hasil Uji Kuat Tekan (Fc)

Dari hasil penelitian diperoleh bahwa terdapat peningkatan kekuatan sebesar 31,684% dari beton normal. Peningkatan ini dapat diperoleh dari penambahan serat optimal yang terlihat dari gambar 3 berikut.

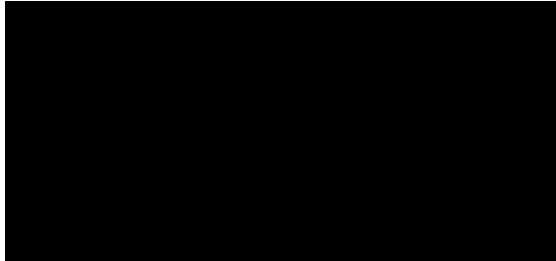


Gambar 3. Hubungan antara Kadar Serat dengan Kuat Tekan

Dari gambar dapat diperoleh persamaan ($y = -0,1425x^2 + 1,9454x + 28,468$) $0 = -0,2902x + 1,9804$ sehingga diperoleh hasil 6,8259. Jadi untuk mendapatkan nilai kuat tekan maksimum diperlukan adanya penambahan serat sebesar 6,82% dari berat semen.

Hasil Uji Modulus Elastisitas (E_c)

Dari hasil pengujian didapatkan nilai moduluws elastisitas seperti pada gambar 4 berikut ini.

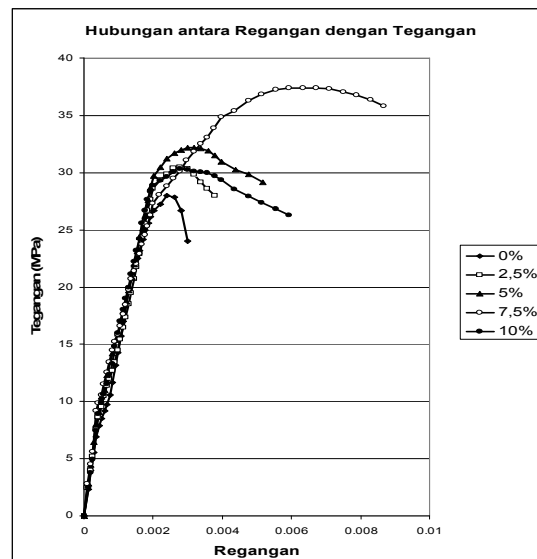


Gambar 4. Grafik Hubungan antara Modulus Elastisitas dengan Kadar Serat.

Dari gambar dapat diketahui bahwa penambahan serat pada campuran beton akan meningkatkan modulus elastisitas sampai konsentrasi serat tertentu sebelum mengalami penurunan kembali. Nilai modulus elastisitas maksimum yang dapat diperoleh sebesar 25670 Mpa pada penambahan serat sebesar $\pm 7,5\%$. Penurunan nilai modulus elastisitas yang dialami oleh beton serat ini terjadi karena sifat kohesif dari serat bendrat yang dapat mengakibatkan adanya *balling effect* (penggumpalan serat) saat proses pengadukan.

Menurut Suhendro (2000:7) perilaku beton saat terjadi tegangan maksimum (*post peak behaviour*) akan mampu mempertahankan tegangan yang cukup besar ($\pm 60\%$ tegangan maksimum) meskipun telah terjadi regangan (*strain*). Hal ini menunjukkan

bahwa beton serat bersifat liat (*ductile*). Dilain pihak beton normal akan kehilangan kemampuannya untuk menahan beban secara drastis setelah terjadi tegangan maksimum. Hal ini membuktikan bahwa beton normal bersiat getas (*brittle*). Hal ini dapat dilihat pada gambar 5 berikut ini.



Gambar 5. Hubungan antara Regangan dengan Tegangan.

Selain itu dapat dilihat hubungan antara modulus elastisitas dengan kuat tekan dari perhitungan nilai modulus elastisitas di bawah beton biasa (beton normal) yaitu $E = 4700 \sqrt{f_c}$ (SK SNI T-15-1991-03), yang terdapat dalam lampiran 14 dan 15. Grafik hubungan kuat tekan dengan modulus elastisitas beton serat dapat dilihat dalam gambar 6 berikut ini.



Gambar 6. Hubungan Kuat tekan dengan Modulus Elastisitas beton serat bendrat sesuai dengan perhitungan nilai $E = 3990 \sqrt{F_c}$.

Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa modulus elastisitas beton serat pada konsentrasi lurus dengan panjang 4 cm dan fas 0,5 didapatkan nilai $E_c = 3990 \sqrt{F_c}$. Menurut Suroso (2002), persyaratan dalam SK SNI T-15-1991-03 tersebut biasanya digunakan untuk perhitungan struktur beton bertulang, sedangkan dalam penelitian ini berlaku khusus untuk beton tidak bertulang.

KESIMPULAN

Penambahan potongan serat kawat bedrat pada campuran beton dapat menurunkan kelecakan pada beton yang ditandai dengan menurunnya nilai slump yang berkisar antara 2-5 cm. Akan tetapi penambahan serat kawat bendrat pada campuran beton akan meningkatkan kuat tarik

belah dan kuat tekan masing-masing sebesar 39,931% dan 31,684% dari beton normal. Peningkatan modulus elastisitas dicapai pada penambahan serat sebesar $\pm 7,5\%$ dengan nilai sebesar 25670 Mpa. Dari hasil uji dalam penelitian ini didapatkan nilai modulus elastisitas beton serat bendrat sebesar $E_c = 3990 \sqrt{f_c}$ yang mana nilai tersebut berada di bawah batasan SK SNI T-15-1991-03 yaitu sebesar $4700 \sqrt{f_c}$. Nilai dari SK SNI tersebut biasanya digunakan untuk perhitungan struktur beton bertulang sedangkan dalam penelitian ini berlaku khusus untuk beton tidak bertulang.

DAFTAR PUSTAKA

- Adi Harso. 2000. *Kekedapan dan Kuat Tekan Beton Menggunakan Batu Feldspar dari Purwanegara Banjarnegara Jawa Tengah Ditinjau dari Variasi Fas (0,4; 0,45; 0,5; 0,55; 0,6) dengan Berat Semen 450 Kg/m³*. Skripsi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang : Semarang.
- Anonim. 1989. *Spesifikasi Agregat Sebagai Bahan Bangunan (SK-SNI-S-04-1989-F)*. Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan : Jakarta.
- Anonim. 1990. *Tata Cara Pengujian Kuat Tarik Beton (SK SNI M-60-1990-03)*. Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan : Jakarta.
- Anonim. 1991. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Bertulang untuk Bangunan Gedung (SK SNI-T-15-1990-03)*. Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan : Jakarta.

- Dipohusodo, I. 1999. *Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SK SNI T-15-1991-03 Departemen Pekerjaan Umum RI*. PT Gramedia Pustaka Utama : Jakarta.
- Gani, M.S.J. *Cement and Concrete*. Champman & Hall : Melbourne.
- Harmulif. 2004. *Pemakaian 25% Abu Batu dari Campuran dengan Jumlah Semen 350 Kg/m³ terhadap Sifat-Sifat Beton*. Skripsi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang : Semarang
- Kasno. 2006. *Pengaruh Penggunaan Potongan Kawat Bendrat Pada Campuran Beton (Tinjauan terhadap Fc, Ft, Ec pada Konsentrasi Panjang Serat 8 cm, BS 350 Kg/m³, Fas 0,5)*. Skripsi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang : Semarang.
- Mardiyanto, Ferry Eko. 1999. *Pengaruh Konsentrasi Serat Kawat Bendrat dan Faktor Air Semen terhadap Kuat Tekan dan Lentur Pada Beton Non-Pasir*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Janabadra : Yogyakarta.
- Mulyono, Sri. 2001. *Pengaruh Penambahan Serat Kawat Bendrat terhadap Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta : Yogyakarta.
- Mulyono, T. 2003. *Teknologi Beton*. Andi : Yogyakarta.
- Pusat Penelitian MBT, 1995. *Petunjuk Praktikum Asisten Teknisi*. Laboratorium Pengujian Beton : Bandung.
- Samekto dan Rahmadiyanto. 2001. *Teknologi Beton*. Kanisius : Yogyakarta.
- Saniyah, Mahmudatus. 2006. *Penggunaan Serat Kawat Bendrat Panjang 12 cm Sebagai Campuran Beton pada Berat Semen 350 Kg/m³ dan Fas 0,5 ditinjau dari Kuat Tekan, Kuat Tarik, Modulus Elastisitas*. Skripsi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang : Semarang.
- Suhendro, B. 2000. *Beton Fiber Konsep, Aplikasi, dan Permasalahannya*. Universitas Gadjah Mada : Yogyakarta.
- Suroso, H. 2001. *Pemanfaatan Pasir Pantai sebagai Bahan Agregat Halus pada Beton*. Thesis Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada : Yogyakarta.
- Tjokrodimulyo, K. 1996. *Teknologi Beton*. Nafiri : Yogyakarta.