

Kuat Tekan Beton Serat Menggunakan Variasi *Fibre Optic* dan Pecahan Kaca

(Compressive Strength of Fibre Concrete Using Fibre Optic Variation and Glass Fracture)

SUSTIKA PRATIWI, HAKAS PRAYUDA, FADILLAWATY SALEH

ABSTRACT

Fibre concrete is one of special concretes which developed from normal concrete by adding fibre into concrete mortar. It aims at preventing crack of loading, heat hydrating as well as depreciation and to increase the compressive force bending force, and tensile force. This research used the fibre optic which is a synthetic fibre obtained from the inside of optic cable. Glass is a material which is easy to find and has an economic value, beside that glass also has excellent resistance of abrasion, weather and chemical attack. Three variations of fibre content are used to this research that are 0,1%; 0,15%; 0,2% with the length of 10 cm. While glass fracture that used is 20% of sand weight. Compressive strength increased with the increasing number of fibre. The average compressive strength was consecutively obtained 22,43 MPa; 24,31 MPa and 29,63 MPa.

Keywords: Fibre Concrete, Fibre Optic, Glass Fracture, Compressive Strength.

PENDAHULUAN

Beton serat merupakan salah satu beton khusus yang dikembangkan dari beton normal dengan penambahan serat kedalam adukan beton. Baik berupa serat alami maupun serat buatan yang bertujuan untuk mencegah terjadinya retak akibat pembebanan, panas hidrasi maupun penyusutan dan untuk meningkatkan sifat mekanik beton, sehingga beton tahan terhadap gaya tekan, gaya lentur dan gaya tarik akibat, cuaca, iklim dan temperatur yang biasanya terjadi pada beton dengan permukaan yang luas. Pada penelitian ini digunakan serat fiber optik yang merupakan serat buatan yang diperoleh dari bagian dalam kabel optik. Serat fiber optik merupakan saluran transmisi atau sejenis kabel yang terbuat dari kaca atau plastik yang sangat halus dengan diameter kurang lebih 120 mikrometer yang dapat digunakan untuk mentransmisikan sinyal cahaya dari suatu tempat ke tempat lain. Serat ini juga digunakan sebagai bahan dasar pembuatan beton transparan.

Kaca merupakan bahan yang banyak ditemukan disekitar dan memiliki nilai yang ekonomis, kaca juga memiliki ketahanan yang baik terhadap abrasi, cuaca atau serangan

kimia, karena di dalam kaca terdapat kandungan silika yang cukup tinggi, sehingga kaca dapat digunakan sebagai alternatif bahan pembuat beton. Beton yang dibuat berbentuk silinder berukuran diameter 15 cm dan tinggi silinder 30 cm sebanyak 6 benda uji setiap variasi. Menggunakan bahan dasar semen, agregat halus, agregat kasar, pecahan kaca dan serat fiber optik dengan tiga variasi yang berbeda yaitu 0,1%; 0,15%; dan 0,2%. Serat fiber optik yang digunakan berukuran panjang 10 cm diambil dari berat beton dan pecahan kaca sebesar 20% diambil dari berat agregat halus. Kemudian beton akan diuji tekan pada umur 28 hari. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui proporsi serat fiber optik yang dibutuhkan untuk membuat beton serat, untuk mengetahui pengaruh penambahan serat fiber optik terhadap kuat tekan beton serat, dan untuk mengetahui penggunaan serbuk kaca dalam pembuatan beton serat.

Darul, dkk (2014) mengkaji pengaruh serat ijuk terhadap kuat tarik belah beton k-175. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan serat ijuk terhadap karakteristik beton. Perencanaan campuran beton menggunakan peraturan SK SNI-15-1990-03 yang diadopsi dari *British standar*, pengujian menggunakan benda uji berbentuk

silinder yang berukuran 15 cm x 30 cm, masing-masing variasi terdiri dari 3 benda uji dengan variasi 0%; 0,5%; 1%; 1,5%; dan 2% dari berat agregat halus. Pengujian yang dilakukan adalah uji kuat tarik belah setelah umur 28 hari. Dari pengujian terlihat bahwa kuat tarik beton naik dengan semakin bertambahnya serat ijuk. Kuat tarik belah maksimum dihasilkan pada persentase 2% dengan nilai 396,43 kg/cm² dan kuat tarik belah terkecil diperoleh pada persentase 0% dengan nilai 296,59 kg/cm² (beton normal). Berdasarkan hasil pengujian tersebut dapat diketahui bahwa penambahan serat ijuk terhadap beton dapat meningkatkan mutu beton, namun perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui kandungan-kandungan kimia dalam serat ijuk, sifat dan karakteristik serat ijuk dalam campuran beton, dan pengaruh serat ijuk terhadap *permeabilitas* dan *durability* beton dengan persentase lebih dari 2%.

Luhar dan Khandelwal (2015) melakukan percobaan mengenai *compressive strength of translucent concrete* yang menggunakan serat optik sebagai bahan utama dalam pembuatan benda ujinya. Serat optik sendiri memiliki kemampuan mengantarkan cahaya yang baik sehingga dapat dimanfaatkan dalam pembuatan beton transparan atau beton tembus. Pada penelitian ini benda uji dibuat berupa kubus berukuran 7 cm x 7 cm x 7 cm sebanyak 3 benda uji, dua benda uji sebagai beton kontrol dan satu benda uji sebagai beton transparan, jumlah serat yang digunakan sebesar 1% dari volume kubus tersebut. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa benda uji kubus sebagai kontrol memiliki berat 760 gram dengan kuat tekan sebesar 38,77 N/mm² dan berat 780 gram dengan kuat tekan 40,23 N/mm², sedangkan benda uji kubus sebagai beton transparan memiliki berat 750 gram dengan kuat tekan sebesar 36,70 N/mm². Hal ini menunjukkan kuat tekan beton transparan hampir sama dengan kuat tekan beton normal.

Herbudiman dan Januar (2011) mengkaji pemanfaatan serbuk kaca sebagai *powder* pada *self-compacting concrete*. Pada penelitian ini serbuk kaca diharapkan dapat menjadi *filler* dan *binder*. Kadar serbuk kaca yang digunakan 0%; 10%; 20%; 30% dari berat *powder*-nya (campuran semen, *silica fume* dan *fly ash*) dan serbuk kaca digunakan untuk pengganti *fly ash*. Ukuran serbuk kaca yang digunakan lolos saringan No. 50 tertahan No.100, lolos No. 100 tertahan No.200, lolos No. 200 dan gabungan

dari ketiga jenis ukuran tersebut. Benda uji yang digunakan adalah silinder dengan ukuran 10 cm x 20 cm. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian tekan beton dan uji tarik belah beton. Hasil pengujian menunjukkan untuk mencapai nilai *slump flow* untuk *self compacting concrete* (SCC) sebesar 50 cm, kadar substitusi parsial serbuk kaca maksimum yang dibutuhkan adalah 10% dari berat *powder*. Hasil pengujian pada menunjukkan hasil pengaruh substitusi parsial serbuk kaca terhadap *slump flow*, kuat tekan dan kuat tarik belah beton. Diperoleh kuat tekan rata-rata sebesar 49,08 MPa dan kuat tarik belah beton sebesar 4,08 MPa. Berdasarkan ukuran serbuk kacanya nilai kuat tekan dan kuat tarik belah beton paling tinggi diperoleh pada komposisi serbuk kaca gabungan yaitu sebesar 49,08 MPa untuk kuat tekan dan 4,08 MPa untuk kuat tarik belah beton.

Fikkriansyah dan Tanzil (2013) meneliti pengaruh sulfat terhadap kuat tekan beton dengan variasi bubuk kaca substitusi sebagian semen dengan *w/c* 0,60 dan 0,65. Digunakan benda uji silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Pengujian diuji pada umur 7, 21, dan 28 hari dengan dua nilai faktor air semen yaitu 0,6 dan 0,65. Untuk mengetahui pengaruh sulfat terhadap beton, benda uji direndam air biasa dan direndam larutan sulfat sebesar 5 % dari berat air. Bubuk kaca yang digunakan sebagai substitusi semen dengan kadar 5%; 10%; 15%; dan 20% dari berat semen yang lolos saringan No. 100. Setiap variasi dibuat 3 benda uji untuk setiap umur beton, total benda uji sebanyak 180 benda uji. Hasil pengujian menunjukkan beton dengan *w/c* 0,6 dan 0,65 baik yang terendam air biasa maupun terendam larutan sulfat memiliki kuat tekan beton maksimum yang terjadi pada beton dengan campuran bubuk kaca sebesar 5 % dan kuat tekan tertinggi diperoleh pada umur 28 hari. Nilai kuat tekan tertinggi dengan *w/c* 0,6 dan kadar kaca 5% yang direndam dengan air biasa diperoleh sebesar 29,04 MPa sedangkan yang direndam dengan air sulfat diperoleh sebesar 26,64 MPa. Dan nilai kuat tekan tertinggi dengan *w/c* 0,65 dan kadar kaca 5% yang direndam dengan air biasa diperoleh sebesar 25,39 MPa sedangkan yang direndam dengan air sulfat diperoleh sebesar 22,70 MPa.

Eki G.P. dan Tanzil (2013) meneliti pengaruh sulfat terhadap kuat tekan beton dengan variasi bubuk kaca substitusi sebagian pasir dengan *w/c* 0,60 dan 0,65. Penelitian ini adalah

penelitian yang sama dengan penelitian yang dilakukan Fikkriansyah dan Tanzil (2013), namun pada penelitian ini substitusi bubuk kaca terhadap pasir yang lolos saringan No. 8 (2,36 mm). Benda uji yang digunakan adalah silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Pengujian diuji pada umur 7, 21, dan 28 hari dengan dua nilai faktor air semen yaitu 0,6 dan 0,65. Untuk mengetahui pengaruh sulfat terhadap beton, benda uji direndam air biasa dan direndam larutan sulfat sebesar 5 % dari berat air. Bubuk kaca yang digunakan dengan kadar 5%; 10%; 15%; dan 20% dari berat pasir. Setiap variasi dibuat 3 benda uji untuk setiap umur beton, total benda uji sebanyak 180 benda uji. Hasil pengujian menunjukkan beton dengan rendaman dalam larutan memiliki kuat tekan yang lebih kecil dibandingkan dengan beton rendaman air biasa. Penurunan nilai kuat tekan beton terbesar pada beton berumur 28 hari dengan nilai rata-rata sebesar 8,325%. Sedangkan untuk beton dengan w/c 0,65, penurunan nilai kuat tekan beton terbesar juga pada beton berumur 28 hari dengan nilai rata-rata sebesar 12,72%.

BETON SERAT

Beton serat (*fibre concrete*) merupakan bahan komposit yang terdiri dari beton biasa dan bahan lain yang berupa serat, serat yang digunakan pada umumnya berupa batang-batang dengan diameter 5-500 μm (mikro meter) dan panjang sekitar 25 mm sampai 100 mm. Bahan serat dapat berupa: serat asbestos, serat tumbuh-tumbuhan (rami, bambu, ijuk), serat plastik (*polypropylene*), atau potongan kawat baja (Tjokrodinuljo, 2010).

Beton serat menurut (ACI 544.1R-96) juga didefinisikan sebagai beton yang dibuat dari semen hidrolik, agregat, dan bahan lain yang memperkuat berupa serat-serat. Serat yang cocok untuk memperkuat beton telah diproduksi dari baja, kaca, dan polimer organik (serat-serat sintetis).

Adapun bahan penyusun beton serat dalam adalah sebagai berikut:

1. Semen

Semen merupakan hasil industri yang sangat kompleks, dengan campuran serta susunan berbeda-beda. Semen dibedakan menjadi semen non hidrolik dan hidrolik. Semen non hidrolik tidak dapat mengikat dan mengeras di

dalam air, akan tetapi dapat mengeras di udara. Contoh utama dari semen non hidrolik adalah kapur. Sedangkan semen hidrolik mempunyai kemampuan untuk mengikat dan mengeras di dalam air. Contoh semen hidrolik antara lain kapur hidrolik, semen *pozzolan*, semen terak, semen alam, semen *portland*, semen *portlandpozzolan*, semen *portland* terak tanur tinggi, semen alumina dan semen ekspansif. (Mulyono, 2004).

Semen *portland* merupakan semen hidrolik yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen *portland* terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolik dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain (SNI 15-2049-2004).

Berdasarkan peraturan semen *portland* SNI 15-2049-2004 jenis dan penggunaan semen dibagi menjadi beberapa jenis berikut.

- a. Jenis I yaitu semen *portland* untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain.
- b. Jenis II yaitu semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang.
- c. Jenis III semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.
- d. Jenis IV yaitu semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan kalor hidrasi rendah.
- e. Jenis V yaitu semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

Semen *portland* dibuat dari serbuk halus mineral yang komposisi utamanya adalah kalsium dan aluminium silikat. Penambahan air pada mineral ini menghasilkan suatu pasta yang jika mengering akan mempunyai kekuatan seperti batu. Bahan utama pembentuk semen *portland* adalah kapur (CaO), silika (SiO_3), alumina (Al_2O_3), sedikit magnesia (MgO) dan sedikit alkali. Untuk mengontrol komposisinya, terkadang ditambah oksida besi, sedangkan gipsum ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) ditambahkan untuk mengatur waktu ikat semen (Mulyono, 2004).

Menurut Mulyono (2004) senyawa-senyawa tersebut membentuk kristal yang saling mengunci ketika menjadi klinker. Komposisi C_3S dan C_2S merupakan bagian yang paling dominan memberikan sifat semen. Senyawa C_3S jika terkena air akan cepat bereaksi dan menghasilkan panas. Panas tersebut akan mempengaruhi kecepatan mengeras sebelum hari ke-14. Senyawa C_2S bereaksi lebih lambat dengan air dan hanya berpengaruh dengan semen setelah umur 7 hari. C_2S memberikan ketahanan terhadap serangan kimia dan mempengaruhi susut terhadap pengaruh panas akibat lingkungan. Apabila kandungan C_3S lebih banyak maka akan terbentuk kuat tekan awal yang tinggi dan panas hidrasi yang tinggi. Senyawa C_3A bereaksi secara eksotermik dan bereaksi sangat cepat sehingga menimbulkan kekuatan awal yang sangat cepat pada 24 jam pertama. Semen yang mengandung senyawa C_3A lebih dari 10% maka semen tidak akan tahan terhadap serangan sulfat. Hal ini dikarenakan karena C_3A bereaksi dengan sulfat yang terdapat dari air atau tanah kemudian menyebabkan beton mengembang dan menimbulkan retakan. Senyawa C_4AF kurang begitu besar pengaruhnya terhadap kekerasan semen atau beton.

Syarat kimia utama semen *portland* berdasarkan SNI 15-2049-2004 dapat dilihat pada Tabel 1.

2. Agregat Halus

Agregat merupakan butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. Agregat menempati sekitar 70% volume mortar atau beton. Agregat yang butirnya lebih kecil dari

1.20 mm disebut pasir halus, sedangkan butir-butir yang lebih kecil dari 0.075 mm disebut *silt* dan yang lebih kecil dari 0.002 mm disebut *clay*. Agregat dibedakan menjadi dua jenis yaitu agregat alami dan agregat buatan (Tjokrodinuljo, 2010).

Pasir alam digolongkan menjadi 3 macam, diantaranya.

- Pasir galian, pasir golongan ini diperoleh langsung dari permukaan tanah atau dengan cara menggali terlebih dahulu. Pasir ini biasanya tajam, bersudut, berpori dan bebas dari kandungan garam.
- Pasir sungai, pasir yang diperoleh langsung dari dasar sungai, yang pada umumnya berbutir halus dan bulat-bulat akibat proses gesekan,
- Pasir pantai, pasir pantai ialah pasir yang diambil dari pantai, pasir pantai berasal dari pasir sungai yang mengendap di muara sungai (di pantai) atau hasil gerusan air didasar laut yang terbawa arus air laut dan mengendap di pantai.

Menurut Mulyono (2004) syarat agregat halus adalah sebagai berikut.

- Modulus halus butir 1,5 sampai 3,8.
- Kadar lumpur atau bagian yang lebih kecil dari 70 mikron (0,074 mm) maksimum 5%.
- Kadar zat organik yang terkandung yang ditentukan dengan mencampur agregat halus dengan larutan natrium sulfat (Na_2SO_4) 3% jika dibandingkan dengan warna standar/pembanding tidak lebih tua dari warna standar.

TABEL1. Syarat kimia utama semen *Portlandsatuan* dalam % (SNI 15-2049-2004)

No.	Uraian	Jenis Semen Portland				
		I	II	III	IV	V
1	SiO ₂ , minimum	-	20.0 ^{b,c)}	-	-	-
2	Al ₂ O ₃ , maksimum	-	6.0	-	-	-
3	Fe ₂ O ₃ , maksimum	-	6.0 ^{b,c)}	-	6.5	-
4	MgO, maksimum	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
5	SO ₃ , maksimum					
	Jika $C_3A \leq 8,0$	3.0	3.0	3.5	2.3	2.3
	Jika $C_3A > 8,0$	3.5	^{d)}	4.5	^{d)}	^{d)}
6	Hilang pijar, maksimum	5.0	3.0	3.0	2.5	3.0
7	Bagian tak larut, maksimum	3.0	1.5	1.5	1.5	1.5
8	C_3S , maksimum ^{a)}	-	-	-	35 ^{b)}	-
9	C_2S , minimum ^{a)}	-	-	-	40 ^{b)}	-
10	C_3A , maksimum ^{a)}	-	8.0	15	7 ^{b)}	5 ^{b)}
11	$C_4AF + 2C_3A$ atau ^{a)}	-	-	-	-	25 ^{c)}
	$C_4AF + C_2F$, maksimum					

- d. Kekerasan butiran jika dibandingkan dengan kekerasan butir pasir pемbanding yang berasal dari pasir kwarsa Bangka memberikan angka tidak lebih dari 2,20.
- e. Kekekalan (jika diuji dengan natrium sulfat bagian yang hancur maksimum 10%, dan jika menggunakan magnesium sulfat, maksimum 15%)

3. Agregat Kasar

Agregat kasar pada umumnya berbutir lebih besar dari 4,80 mm, contoh agregat kasar seperti, kerikil, kericak, batu pecah, atau split. Kerikil sebagai hasil desintregasi alami dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecahan batu dan mempunyai ukuran butir antara 5 mm sampai 40 mm. Menurut SNI 03 – 2847 – 2002, bahwa agregat kasar (kerikil/batu pecah) yang akan dipakai untuk membuat campuran beton harus memenuhi persyaratan-persyaratan sebagai berikut ini.

- a. Kerikil atau batu pecah harus terdiri dari butir-butir yang keras dan tidak berpori serta mempunyai sifat kekal (tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca seperti terik matahari atau hujan). Agregat yang mengandung butir-butir pipih hanya dapat dipakai apabila jumlah butir-butir pipih tersebut tidak melebihi 20% dari berat agregat seluruhnya.
- b. Agregat kasar tidak boleh mengandung bahan yang reaktif terhadap alkali jika agregat kasar digunakan untuk membuat beton yang akan mengalami basah dan lembab terus menerus atau yang akan berhubungan dengan tanah basah. Agregat yang reaktif terhadap alkali boleh untuk membuat beton dengan semen yang kadar alkalinya dihitung setara Natrium Oksida tidak lebih dari 0,6 %, atau dengan menambahkan bahan yang dapat mencegah terjadinya pemuaiannya yang dapat membahayakan oleh karena reaksi alkali-agregat tersebut.
- c. Agregat kasar tidak boleh mengandung bahan-bahan yang dapat merusak beton seperti bahan-bahan yang reaktif sekali dan harus dibuktikan dengan percobaan warna dengan larutan NaOH.
- d. Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% (terhadap berat kering) dan apabila mengandung lebih dari 1%, agregat kasar tersebut harus dicuci.

- e. Besar butir agregat kasar maksimum tidak boleh lebih daripada $\frac{1}{5}$ jarak terkecil antara bidang-bidang samping cetakan, $\frac{1}{3}$ dari tebal pelat atau $\frac{3}{4}$ dari jarak bersih minimum antara batang-batang atau berkas tulangan.

4. Air

Air yang digunakan dalam pengujian beton berdasarkan standar SK SNI 03-2847-2002 memiliki syarat-syarat sebagai berikut.

- a. Air yang digunakan pada campuran beton harus bersih dan bebas dari bahan-bahan merusak yang mengandung oli, asam, alkali, garam, bahan organik, atau bahan-bahan lainnya yang merugikan terhadap beton atau tulangan.
- b. Air pencampur yang digunakan pada beton prategang atau pada beton yang di dalamnya tertanam logam aluminium, termasuk air bebas yang terkandung dalam agregat, tidak boleh mengandung ion klorida dalam jumlah yang membahayakan.
- c. Air yang tidak dapat diminum tidak boleh digunakan pada beton, kecuali ketentuan berikut terpenuhi.
 - 1) Pemilihan proporsi campuran beton harus didasarkan pada campuran beton yang menggunakan air dari sumber yang sama.
 - 2) Hasil pengujian pada umur 7 dan 28 hari pada kubus uji mortar yang dibuat dari adukan dengan air yang tidak dapat diminum harus mempunyai kekuatan sekurang-kurangnya sama dengan 90% dari kekuatan benda uji yang dibuat dengan air yang dapat diminum.

5. Serat fiber optik

Serat optik (*fiber optic*) adalah suatu pemandu gelombang cahaya (*light wave guide*) yang berupa suatu kabel tembus pandang (*transparent*), yang mana pemampang dari kabel tersebut terdiri dari dua bagian, yaitu : bagian tengah yang disebut “*Core*” dan bagian luar yang disebut “*Cladding*”. *Cladding* pada serat optik membungkus atau mengelilingi *Core*. Adapun bentuk pemampang dari *core* dapat bermacam-macam, antara lain pipih, segi tiga, segi empat, segi banyak atau berbentuk lingkaran (Wahyudi, 2011). Komposisi kandungan kimia kaca berbagai warna dapat dilihat pada Tabel 2.

TABEL2. Komposisi kimia kaca berbagai warna
(Eki G.P. dan Tanzil, 2013)

Komposisi	Kaca Bening (%)	Kaca Coklat (%)	Kaca Hijau (%)
SiO ₂	72,42	72,21	72,38
Al ₂ O ₃	1,44	1,37	1,49
TiO ₂	0,035	0,041	0,04
Cr ₂ O ₃	0,002	0,026	0,13
Fe ₂ O ₃	0,07	0,26	0,29
CaO	11,50	11,57	11,26
MgO	0,32	0,46	0,54
Na ₂ O	13,64	13,75	13,52
K ₂ O	0,35	0,20	0,27
SO ₃	0,21	0,10	0,07

Menurut Shanmugavadivu, dkk (2014) kelebihan fiber optik jika digunakan dalam pembuatan beton adalah sebagai berikut.

- Aman, tidak ada listrik, panas, atau sinar ultraviolet di kabel serat optik. Ideal untuk digunakan di dalam dan sekitar air, artefak berharga, lukisan, permukaan yang mudah terbakar, dll.
- Serba guna, dapat digunakan dalam berbagai aplikasi.
- Ramah pemakaian, kabel ini tahan lama, tidak berkarat, dan dilindungi UV plastik, sehingga tidak ada yang pecah atau terbakar, hampir bebas perawatan.

6. Serbuk kaca

Kaca merupakan bahan anorganik yang dapat memiliki sifat jernih, tembus cahaya atau berkilau. Sifat paling menonjol dari suatu jenis kaca tergantung jumlah unsur pembentuknya.

Lestari dan Alhamdani (2014) menyebutkan jenis-jenis kaca sebagai berikut.

- Kaca Normal (*Annealed Glass*). Kaca normal merupakan kaca datar dengan permukaan jernih dan tingkat distorsi yang rendah digunakan untuk aplikasi pada bangunan perumahan, *shoppingmall*, hotel atau restoran.
- Kaca laminasi (*Laminated Glass*). Kaca laminasi merupakan kaca yang terdiri dari 2 atau lebih lapisan dengan satu atau lebih lapisan transparan dengan penambahan bahan plastic *Polyvinyl butiral* (PVB) diantara kedua lapisannya. Sifat kaca diperkuat dengan adanya lapisan PVB.

Kaca ini digunakan untuk laminasi antara lain untuk bangunan perkantoran, bank, museum, toko perhiasan dan lain-lain.

- Tempered or Toughened Glass*. *Tempered glass* merupakan kaca yang sangat kuat yang diproduksi dengan perlakuan pemanasan seragam pada suhu sekitar 6500°C yang kemudian didinginkan dengan cepat.
- Heat strengthened glass*. *Heat strengthened glass* merupakan jenis *tempered glass* yang diperkuat secara termal dengan menginduksi tekanan permukaan, digunakan untuk aplikasi pada dinding pemisah, lantai, atap dan kaca struktural.
- Heat Soaked Tempered Glass*. *Heat Soaked Tempered Glass* merupakan jenis kaca yang diproduksi dengan teknik perendaman untuk mengurangi resiko kerusakan yang diakibatkan proses produksi, digunakan untuk aplikasi pada bagian bangunan yang memerlukan kekuatan terhadap perubahan temperatur, seperti kaca struktural.
- Kaca reflektif (*Reflective glass*). Kaca reflektif merupakan kaca yang dilapisi logam pada salah satu nya untuk meningkatkan refleksi panas dan cahaya. Jenis kaca ini memiliki kelebihan pada estetika dan mengurangi panas dan silau pada eksterior bangunan. Jenis kaca ini juga dapat mengurangi beban AC.
- Insulating Glass Unit (Double Glazing)*. *Insulating Glass Unit* merupakan jenis kaca pabrikan yang terbuat dari 2 atau lebih kaca panel dengan rongga udara diantara lapisan kacanya. Rongga ini bisa diisi dengan udara

kering atau gas agar memiliki kinerja termal lebih baik.

- h. Cermin atau *Mirror*. Cermin merupakan jenis kaca reflektif dengan tingkat refleksi yang tinggi. Dapat memberikan bayangan pada objek di depannya. Digunakan pada bangunan seperti pada kamar mandi, ruang ganti dinding dekoratif.

KUAT TEKAN DAN MODULUS ELASTISITAS

Pengujian kuat tekan beton serat menggunakan benda uji berbentuk silinder dengan ukuran 15 cm x 30 cm. Dengan begitu untuk A (luas penampang) dapat diketahui yaitu $\frac{1}{4} \times \pi \times 15^2$ cm = 178,72 cm². Besarnya P dapat diketahui dengan pembacaan jarum yang ditunjukkan oleh mesin kuat tekan yaitu angka tertinggi yang ditunjukkan sebelum sampel yang berbentuk silinder pecah atau hancur. Besar kuat tekan beton serat dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 1.

$$F_c' = \frac{P}{A} (N/mm^2) \quad (1)$$

dengan P = beban tekan (N), A = Luas bidang tekan (mm²)

Modulus elastisitas adalah kemiringan kurva tegangan-regangan di dalam daerah elastis linier, karena kemiringan mempunyai satuan tegangan dibagi dengan regangan, maka modulus elastisitas mempunyai satuan yang sama dengan tegangan (Gere dan Timoshenko, 1997). Modulus elastisitas beton tergantung pada modulus elastisitas agregat dan pastanya. Hubungan linear antara tegangan dan regangan untuk bahan yang mengalami tarik atau tekan dinyatakan dengan Persamaan berikut.

$$\sigma = E\varepsilon \quad (2)$$

Dengan σ = Tegangan aksial (MPa), E = modulus elastisitas (MPa), ε = Regangan aksial

Beton memiliki regangan yang kecil maka terdapat rumus empiris untuk menentukan modulus elastisitas beton.

$$E_c = 4700\sqrt{f'_c} \quad (3)$$

Dengan E_c = modulus elastisitas (MPa), f'_c = kuat tekan beton (MPa).

METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Penelitian mengenai beton serat ini dilakukan di Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Bahan Penelitian

Bahan – bahan yang digunakan dalam penelitian terdapat pada uraian berikut.

- Semen *Portland* berfungsi sebagai perekat campuran mortar. Tipe semen yang digunakan yaitu tipe I dengan merk Gresik kemasan 40 kg.
- Agregat halus yang digunakan adalah pasir progo yang berasal dari Sungai Progo, Kabupaten Sleman, D.I. Yogyakarta dan lolos saringan No. 4 atau 4.8 mm.
- Agregat kasar yang digunakan berasal dari Clereng, Kulon Progo.
- Air.
- Pecahan kaca lolos saringan no. 4 atau 4.8 mm dapat dilihat pada Gambar 1.
- Serat fiber optik sebagai serat yang digunakan dalam pembuatan beton ini dapat dilihat pada Gambar 2.



GAMBAR 1. Pecahan kaca



GAMBAR 2. Serat fiber optik



GAMBAR 3. Mesin uji tekan

1. Peralatan Penelitian

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini dari mulai pemeriksaan bahan sampai dengan pengujian benda uji, adalah sebagai berikut.

- a. Timbangan merk *Ohaus* dengan ketelitian $\pm 0,1$ gram, untuk mengetahui berat dari bahan-bahan penyusun beton serat.
- b. Gelas ukur kapasitas maksimum 1000 ml dengan merk *MC*, untuk menakar volume air.
- c. Cetakan beton serat berbentuk silinder dengan ukuran 15 cm x 30 cm.
- d. Mesin pengaduk campuran beton (Molen).
- e. Mesin uji tekan beton, digunakan untuk menguji dan mengetahui nilai kuat tekan dari beton serat yang dibuat. Dapat dilihat pada Gambar 3.

2. Pelaksanaan penelitian

Pelaksanaan pembuatan benda uji beton serat dilakukan dengan langkah-langkah berikut.

- a. Siapkan alat dan bahan yang dibutuhkan sesuai porsi dan kebutuhan masing-masing variasi.
- b. Masukkan Kerikil dan pasir ke dalam mesin pengaduk (molen), putar mesin hingga bahan tercampur rata.
- c. Tambahkan pecahan kaca, sambil diaduk tambahkan semen sedikit demi sedikit agar semen tidak menggumpal.

- d. Tambahkan air sedikit demi sedikit dan aduk hingga adukan beton segar tercampur rata tanpa ada agregat yang menggumpal.
- e. Keluarkan beton segar dari dalam mesin pengaduk keatas talam dan lakukan pengujian *slump* beton segar.
- f. Masukkan beton segar ke dalam cetakan silinder yang sudah diberi pelumas dan sudah ditimbang beratnya.
- g. Masukkan campuran beton sebanyak 1/3 silinder kemudian ditumbuk sebanyak 25-30 kali, tambahkan 2/3 berikutnya dan tumbuk kembali hingga penambahan 3/3 dengan cara yang sama.
- h. Ratakan permukaan silinder, timbang berat silinder beserta beton segar dan diamkan selama ± 24 jam.
- i. Setelah ± 24 jam buka cetakan silinder, timbang berat beton tanpa silinder dan lakukan perendaman (*curing*) selama 28 hari.
- j. Setelah 28 hari, angkat beton dan timbang beratnya, ukur dimensi beton (diameter dan tinggi) dan beton siap di uji tekan.

a. Komposisi Material

Mix design concrete dibuat sebelum melakukan pembuatan benda uji untuk menentukan kebutuhan bahan-bahan campuran beton sesuai kebutuhan masing-masing. Komposisi campuran beton dapat dilihat pada Tabel 3.

TABEL3. Komposisi variasi beton serat

Kebutuhan Bahan Dasar Beton Serat					
Proporsi Serat Fiber Optik	Air (Liter)	Semen (Kg)	Agregat Halus (Kg)	Agregat Kasar (Kg)	Pecahan Kaca (Kg)
0.1%	1.1	2.31	3.2	5	0.8
0.15%	1.1	2.31	3.2	5	0.8
0.2%	1.1	2.31	3.2	5	0.8

TABEL 4. Hasil pengujian agregat halus(pasir) Sungai Progo

No.	Jenis Pengujian Agregat	Hasil
1	Gradasi daerah	No. 2
2	Modulus halus butir	2,648
3	Berat jenis	2,58
4	Berat satuan (gr/cm ³)	1,31
5	Kadar air (%)	4,575
6	Penyerapan air (%)	0,276
7	Kadar lumpur (%)	4,532

TABEL 5. Hasil pengujian agregat kasar(*split*) Clereng, Kulon Progo

No.	Jenis Pengujian Agregat	Hasil
1	Berat jenis	2,63
2	Berat satuan (gr/cm ³)	1,55
3	Keausan (%)	21,36
4	Kadar air (%)	0,549
5	Penyerapan air (%)	1,438
6	Kadar lumpur (%)	1,750

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pemeriksaan sifat agregat

Hasil pemeriksaan berat satuan agregat halus belum tergolong pada berat agregat normal dan kadar air agregat halus belum tergolong pada agregat halus kering permukaan(SSD).

Hasil pemeriksaan kadar lumpur agregat kasar belum memenuhi standar kadar lumpur yang diperbolehkan, sehingga perlu dicuci sebelum dipakai dan kadar air agregat halus belum tergolong pada agregat kasar kering permukaan(SSD). Adapun hasil lengkap pengujian sifat agregat dapat dilihat pada Tabel 4 dan Tabel 5

Hasil kuat tekan beton

Penambahan agregat kasar yang optimum akan menghasilkan mutu beton yang baik dan semakin banyak kadar agregat halus dapat

mengurangi mutu betonnya. Jika kaca digunakan sebagai pengganti agregat kasar, maka kaca akan sangat rentan pecah dan dapat mengurangi kuat tekan beton, pecahan kaca yang terlalu besar juga dapat merusak serat fiber optik (putus) sebaliknya jika pecahan kaca berukuran kecil tidak akan merusak serat fiber optik karena kaca juga merupakan bahan penyusun utama dari serat fiber optik. Karena kaca tidak terlalu baik sebagai pengganti agregat kasar, maka pada penelitian ini kaca digunakan sebagai pengganti sebagian agregat halus, dengan tujuan kaca dapat berfungsi mengisi rongga atau pori yang terjadi pada beton.

Beton dirawat dengan cara *curing*(direndam) selama 28 hari untuk menjaga kelembaban dan suhu beton sehingga tidak terjadi susut yang berlebihan pada beton dan mutu beton yang diharapkan dapat tercapai. Setelah 28 hari yang dilakukan pengujian kuat tekan beton serat dan diperoleh hasil kuat tekan beton.

TABEL6. Hasil kuat tekan beton variasi kadar serat 0,1% umur 28 hari

Benda uji	Diameter (cm)	Luasan (cm ²)	Kuat Tekan (Mpa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
I.1	15,05	177,89	26,72	22,43
I.2	15,08	178,60	18,88	
I.3	15,15	180,27	27,55	
I.4	15,15	180,27	19,81	
I.5	15,11	179,32	20,85	
I.6	15,01	176,95	20,80	

TABEL 7. Hasil kuat tekan beton variasi kadar serat 0,15% umur 28 hari

Benda uji	Diameter (cm)	Luasan (cm ²)	Kuat Tekan (Mpa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
I.1	15,03	177,42	26,98	24,31
I.2	15,16	180,50	26,60	
I.3	15,20	181,46	28,96	
I.4	15,10	179,08	17,16	
I.5	15,10	179,08	18,18	
I.6	15,00	176,71	27,98	

TABEL 8. Hasil kuat tekan beton variasi kadar serat 0,2% umur 28 hari

Benda uji	Diameter (cm)	Luasan (cm ²)	Kuat Tekan (Mpa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
I.1	15,20	181,46	29,96	29,63
I.2	15,10	179,08	25,07	
I.3	15,04	177,66	31,57	
I.4	15,03	177,42	25,73	
I.5	15,03	177,42	30,53	
I.6	15,00	176,71	34,89	

Tabel 6 menunjukkan hasil kuat tekan beton umur 28 hari dengan variasi serat 0,1% dan pecahan kaca 20%. Hasil kuat tekan beton maksimum diperoleh sebesar 26,72 MPa, hasil kuat tekan minimum diperoleh sebesar 18,88 MPa, dan kuat tekan rata-rata diperoleh sebesar 22,43 MPa. Standar deviasi beton diperoleh sebesar 3,72 MPa.

Tabel 7 menunjukkan hasil kuat tekan beton umur 28 hari dengan variasi serat 0,15% dan pecahan kaca 20%. Hasil kuat tekan beton maksimum diperoleh sebesar 28,96 MPa, hasil kuat tekan minimum diperoleh sebesar 17,16

MPa, dan kuat tekan rata-rata diperoleh sebesar 24,31 MPa. Standar deviasi beton diperoleh sebesar 5,22 MPa.

Tabel 8 menunjukkan hasil kuat tekan beton umur 28 hari dengan variasi serat 0,2% dan pecahan kaca 20%. Hasil kuat tekan beton maksimum diperoleh sebesar 34,89 MPa, hasil kuat tekan minimum diperoleh sebesar 25,07 MPa, dan kuat tekan rata-rata diperoleh sebesar 29,63 MPa. Standar deviasi beton diperoleh sebesar 3,70 MPa.

Berdasarkan hasil kuat tekan ketiga variasi beton tersebut kuat tekan beton mengalami

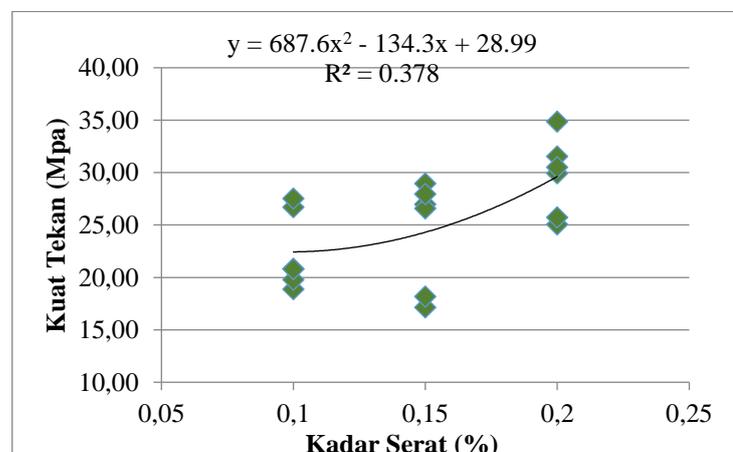
kenaikan seiring bertambahnya serat sedangkan kadar kacanya tetap, Kuat tekan rata-rata kadar serat 0,1%; 0,15%; dan 0,2% berturut-turut diperoleh sebesar 22,43 MPa, 24,31 MPa, dan 29,63 MPa. Penambahan serat dari 0,1% menjadi 0,15% mengalami peningkatan kuat tekan rata-rata sebesar 8,4% dan penambahan serat dari 0,15% menjadi 0,2% mengalami peningkatan kuat tekan rata-rata sebesar 21,9%.

Hal ini menunjukkan penambahan serat membuat kuat tekan beton semakin baik, namun perlu diperhatikan penambahan serat yang berlebihan dapat mengurangi *workability* beton sehingga beton akan sulit dikerjakan.

Workability beton atau kemudahan beton untuk dikerjakan diketahui dengan uji *slump* beton segar. *Slump* merupakan nilai yang menunjukkan kelecakan adukan beton. Semakin besar nilai *slump* semakin mudah beton dikerjakan namun jika *slump* terlalu besar dapat mengurangi mutu betonnya. Nilai *slump* rata-rata yang diperoleh pada pengujian ini adalah sebesar 6 cm, dengan tipe *slump* sebenarnya. Nilai *slump* yang diperoleh menunjukkan tingkat *workability* beton serat ini sangat rendah dengan faktor kepadatan 0,8-0,87. Hasil pengujian *slump* dapat dilihat pada Gambar 4.



GAMBAR 4. Pengujian *slump* beton segar



GAMBAR 5. Penambahan kadar serat terhadap kuat tekan

Berdasarkan Gambar 5 dapat dilihat perbedaan kuat tekan beton serat masing-masing variasi. Hasil pengujian kuat tekan yang diperoleh masih ada yang belum sesuai dengan kuat tekan rencana 25 MPa, dan diperoleh pula kuat tekan yang jauh lebih tinggi dibandingkan kuat tekan rencana. Hal ini dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti saat pengadukan beton masih terdapat beberapa agregat yang menggumpal sehingga memungkinkan pada suatu adukan beton lebih banyak terdapat agregat halus atau agregat kasar. Serat yang tidak tercampur rata juga dapat menjadi faktor pemicu kurangnya kuat tekan beton, sehingga saat memasukkan adukan beton dengan serat kedalam cetakan masih terdapat serat yang menggumpal pada bagian tertentu. Selain itu pemadatan beton yang kurang baik juga dapat mempengaruhi mutu beton tersebut, karena pemadatan yang kurang baik dapat menimbulkan rongga pada bagian dalam beton dan pemadatan yang berlebihan dapat memicu

terjadinya *bleeding* pada beton. Pada pembuatan benda uji variasi 0,1% terjadi *bleeding* dengan nilai rata-rata sebesar 0,013 ml/cm². *Bleeding* merupakan peristiwa naiknya air kepermukaan membawa pasta beton yang dapat menyebabkan retak-retak halus pada permukaan beton sehingga dapat mengurangi kuat tekan beton (rapuh).

Hasil pengamatan terakhir yang dilakukan pada permukaan beton menunjukkan rongga pada beton dapat berkurang membuat permukaan beton lebih halus dan tidak keropos. Setelah diuji tekan hal itu juga dapat dibuktikan dengan mengamati permukaan beton yang hanya mengalami sedikit retak dibandingkan dengan beton yang tidak menggunakan serat dan pecahan kaca. Hal ini menunjukkan bahwa serat dan pecahan kaca mampu menanggulangi kerusakan yang terjadi pada beton akibat tekanan atau pembebanan seperti terlihat pada Gambar 6 dan Gambar 7.



GAMBAR 6. Beton serat umur 28 hari setelah diuji tekan



GAMBAR 7. Keruntuhan beton serat setelah diuji tekan

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian pengaruh penambahan serat fiber optik 0,1%; 0,15%; 0,2% dan pecahan kaca 20% terhadap kuat tekan beton serat yang dilakukan, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut.

- a. Kuat tekan rata-rata kadar serat 0,1%; 0,15%; dan 0,2% berturut-turut diperoleh sebesar 22,43 MPa, 24,31 MPa, dan 29,63 MPa.
- b. Penambahan serat dari 0,1% menjadi 0,15% mengalami peningkatan kuat tekan rata-rata sebesar 8,4% dan penambahan serat dari 0,15% menjadi 0,2% mengalami peningkatan kuat tekan rata-rata sebesar 21,9%.
- c. Nilai modulus elastisitas yang diperoleh berturut-turut adalah 22259,35 Mpa, 23173,43 Mpa, dan 25583,72 Mpa.

DAFTAR PUSTAKA

- ACI Committee 544, ACI 544.1R-96. 2002. *State-of-the-Art Report on Fiber Reinforced Concrete*.
- Badan Standarisasi Nasional. 2002. SNI 03 – 2847 – 2002: *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*. Bandung: Badan Standarisasi Nasional. 292 hlm.
- Badan Standarisasi Nasional. 2004. SNI 15-2049-2004: *Semen Portland*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional. 132 hlm.
- Darul, Syahroni, Edison, B. 2014. *Kajian Pengaruh Serat Ijuk Terhadap Kuat Tarik Belah Beton k-175*. Jurnal Mahasiswa Teknik.
- Eki G. P., F., Tanzil, G. 2013. *Pengaruh Sulfat Terhadap Kuat Tekan Beton dengan Variasi Bubuk Kaca Substitusi Sebagian Pasir dengan w/c 0,60 dan 0,65*. Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan. Volume 1, No. 1. pp: 68-73.
- Fikkriansyah, Tanzil, G.. 2013. *Pengaruh Sulfat Terhadap Kuat Tekan Beton dengan Variasi Bubuk Kaca Substitusi Sebagian Semen dengan w/c 0,60 dan 0,65*. Teknik Sipil dan Lingkungan. Volume 1, No. 1. pp: 86-90.
- Gere, J.M., Timoshenko, S.P. 1997. *Mekanika Bahan*. Jakarta: Erlangga.
- Herbudiman, B., Januar, C. 2011. *Pemanfaatan Serbuk Kaca Sebagai Powder pada Self-Compacting Concrete*. Isems. pp: 1-8.
- Lestari, Alhamdani, M.R.. 2014. *Penerapan Material Kaca dalam Arsitektur*. Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura. Volume 1. No. 2. pp: 30-42.
- Luhar, S., Khandelwal, U. 2015. *Compressive Strength Of Translucent Concrete*. Ijreset. Volume 8, Issue 2. pp: 52-54.
- Mulyono, T. 2004. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Andi.
- Shanmugavadivu, P. M., Scinduja, V., Sarathivelan, T., Shudesamithronn, C. V. 2014. *An Experimental Study On Light Transmitting Concrete*. Ijret. Volume 03, issue 11. pp: 160-163.
- Tjokrodinuljo, K. 2010. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Biro Penerbit KMTS FT UGM.
- Wahyudi, H.M. 2011. *Mengenal Teknologi Kabel Serat Optik(Fiber Optic)*. Bina Sarana Informatika.

PENULIS:

Sustika Pratiwi

Mahasiswa Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Jalan Lingkar Selatan Tamantirto, Kasihan, Bantul, Yogyakarta, 55183.

Email: sustika.pratiwi@yahoo.com

Hakas Prayuda

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Jalan Lingkar Selatan Tamantirto, Kasihan, Bantul, Yogyakarta, 55183.

Email: hakas.prayuda@ft.umy.ac.id

Fadillawaty Saleh

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Jalan Lingkar Selatan Tamantirto, Kasihan, Bantul, Yogyakarta, 55183.

Email: dilla_vu@yahoo.com