

# **ANALISIS ABRASI, KUAT TARIK DAN KUAT TEKAN SAMBUNGAN BETON LAMA DENGAN BETON SELF COMPACTING (SCC) DENGAN PENAMBAHAN FIBER DAN FLY ASH**

**Maulana Nur Hidayat; Mochamad Solikin  
Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta**

## **Abstrak**

Abrasi beton merupakan kehilangan berat yang terjadi pada permukaan beton, disebabkan karena adanya gesekan maupun benturan dan gerusan oleh aliran air. Untuk mendukung penelitian tentang abrasi beton digunakan teknologi beton high volume fly ash (HVFA) dengan penambahan serat kawat bendrat. Penelitian direncanakan dengan metode American Concrete Institute dengan mutu 25 Mpa, beton dibuat dengan ukuran silinder diameter 15 cm dan tinggi 30 cm dan balok dengan ukuran 30x15x6 cm. Dari penelitian yang dilakukan didapatkan hasil bahwa dengan penambahan serat kawat bendrat dapat meningkatkan kuat tekan dan kuat tarik, penambahan serat 0,75 % dapat meningkatkan kuat tekan 15,02 % dan kuat tarik 6,3 % dari beton tanpa penambahan serat yang dibuat. Untuk nilai abrasi penambahan serat membuat beton lebih abrasif, dengan penambahan 0,75 % dengan pengujian 3 jam, nilai abrasi lebih besar 38,81% dari beton tanpa penambahan serat yang dibuat. Dan dari penelitian ini didapatkan hasil bahwa penambahan serat menurunkan flow ability, dibuktikan dari pengujian slump flow beton dengan serat 0 %, nilai slump flow didapat 700 mm, dengan penambahan serat 0,75% menurun menjadi 650 mm dan dari pengujian T50 menurunkan kecepatan mengalir untuk mencari diameter 500 mm dari 4 detik untuk beton tanpa serat menjadi 11 detik dengan penambahan serat 0,75%.

**Kata kunci :** fly ash, abrasi, HVFA, serat.

## **Abstract**

Concrete abrasion is the loss of weight that occurs on the surface of the concrete, caused by friction or impact and scouring by the flow of water. To support research on concrete abrasion, high volume fly ash (HVFA) concrete technology with the addition of bendrat wire fibers is used. The research was planned using the American Concrete Institute method with a quality of 25 MPa, the concrete was made with a cylinder size of 15 cm in diameter and 30 cm in height and a beam with a size of 30x15x6 cm. From the research conducted, it was found that with the addition of bendrat wire fiber can increase the compressive strength and tensile strength, the addition of 0.75% fiber can increase the compressive strength of 15.02% and the tensile strength of 6.3% of the concrete without the addition of fibers made. For the abrasion value the addition of fiber makes the concrete more abrasive, with the addition of 0.75% with a 3-hour test, the abrasion value is 38.81% greater than the concrete without the addition of fibers made. And from this study it was found that the addition of fiber decreased flow ability, as evidenced by the slump flow test of concrete with 0% fiber, the slump flow value was 700 mm, with

the addition of 0.75% fiber it decreased to 650 mm and from the T50 test it decreased the flow velocity for looking for a diameter of 500 mm from 4 seconds for concrete without fiber to 11 seconds with the addition of 0.75% fiber.

**Keywords:** fly ash, abrasion, HVFA, fiber.

## 1. PENDAHULUAN

Perkembangan industri konstruksi sedang gencar-gencarnya dilakukan dan beton merupakan salah satu bahan konstruksi utamanya. Semakin banyak penggunaan beton sebagai bahan pembangunan konstruksi, semakin banyak pula penggunaan material penyusun beton, dan cepat atau lambat akan mempengaruhi ketersediaan material di lingkungan dan membuat harga material akan semakin mahal. Terutama pada material semen yang apabila diproduksi secara terus menerus dengan jumlah yang besar akan merusak lingkungan. Menurut laman Bina Konstruksi pada tahun 2019 produksi semen mencapai angka 109.907.400 Ton/Tahun (Sumber :[http://mpk.binakonstruksi.Pu .go.id /material/profil/semen](http://mpk.binakonstruksi.Pu.go.id/material/profil/semen)).

Untuk mengurangi dan meminimalisir penggunaan semen, pelaku industri konstruksi harus berinovasi untuk mengurangi jumlah pemakaian semen dalam pembuatan beton tanpa mengurangi kualitas dari beton itu sendiri. Dalam era sekarang ini pelaku konstruksi berinovasi dengan memanfaatkan *fly ash* atau limbah abu terbang sisa pembakaran batu bara. *Fly ash* dimanfaatkan sebagai inovasi campuran beton. Jumlahnya yang banyak akan mengakibatkan banyak masalah lingkungan, maka salah satu cara agar abu terbang batu bara tersebut tidak mengkontaminasi lingkungan adalah dengan menggunakan material tersebut sebagai bahan pengganti sebagian semen untuk diaplikasikan dalam pembuatan beton *High volume fly ash* (HVFA) (Manuahe, Sumajouw, and Windah 2014).

Beton *high volume fly ash* untuk sekarang ini banyak dikembangkan, teknologi ini merupakan merupakan teknologi pembuatan beton yang menggunakan *fly ash* sebagai bahan pengikat baik berupa kelas F *fly ash* maupun kelas C *fly ash* dengan persentase yang digunakan >50% dari berat *binder* (Crouch, Hewitt, and Byard 2007).

Beton memiliki banyak keunggulan, diantaranya memiliki kekuatan yang tinggi, murah, mudah dalam pengerjaan, dan lain sebagainya. Namun beton juga memiliki kekurangan dalam kuat tariknya, untuk itu pelaku industri konstruksi berusaha untuk meminimalkan kekurangan tersebut dengan menggunakan teknologi beton serat (*fiber concrete*). Di negara maju sudah banyak dilakukan percobaan untuk memperbaiki kekurangan kuat tarik beton dengan memanfaatkan serat, serat yang sering dipakai untuk memperbaiki sifat beton diantaranya adalah serat baja, *polymers*, asbes dan *carbon*. Dalam penelitian siswadi et al., (2007) menjelaskan bahwa di Indonesia sendiri konsep pemakaian serat dalam konstruksi belum banyak digunakan, karena harga dari bahan serat sendiri

yang mahal. Harga serat yang mahal ini dapat diatasi dengan memanfaatkan serat kawat bendrat yang terbukti dapat meningkatkan kuat tarik beton.

Beton selain memiliki kekurangan pada kuat tariknya, beton juga lemah apabila disambung antara beton lama dan beton baru, hal ini disebabkan karena lekatan yang terjadi pada beton lama dan beton baru tidak terjadi secara sempurna sehingga beton yang dihasilkan tidak maksimal, selain itu juga terdapat kesulitan dalam pengerjaannya. Oleh sebab itu, akan lebih mudah dikerjakan jika digunakan *Self Compacting Concrete* (SCC). (Agus Santoso 2016). *Self Compacting Concrete* merupakan beton yang dapat memadat dengan sendirinya, ini membuat *workability* dan *flowability* dari beton SCC sangat tinggi sehingga lebih mudah untuk dikerjakan. *Self Compacting Concrete* mensyaratkan kemampuan mengalir yang cukup baik pada beton segar tanpa terjadi segregasi, sehingga viskositas beton juga harus diperhatikan untuk mencegah terjadinya segregasi (Okamura, Ozawa, and Ouchi 2000). Untuk membuat beton SCC diperlukan *admixture* dalam pembuatannya.

*Admixture* merupakan bahan yang digunakan untuk membantu dalam pembuatan beton, maksudnya dapat digunakan untuk memperbaiki dan menambah sifat beton sesuai dengan sifat beton yang diinginkan. Seperti yang tertulis dalam *ASTM Standard C125*, (2012), bahan tambahan tersebut ditambahkan dalam campuran beton atau mortar, pada sebelum pencampuran pada *batching plant* atau sesudah pencampuran. Definisi bahan tambahan ini mempunyai arti luas, yaitu meliputi polimer, *fiber*, mineral yang mana dengan adanya bahan tambahan ini komposisi beton mempunyai sifat yang berbeda dengan beton aslinya atau beton biasa.

Pemanfaatan teknologi beton SCC dan inovasi serat pada penelitian ini juga bertujuan untuk meneliti mengenai kekuatan abrasi pada beton. Sekarang ini sudah banyak dilakukan penelitian yang berkaitan dengan abrasi beton di luar negeri yang memanfaatkan teknologi beton SCC, namun di Indonesia sendiri penelitian tentang abrasi beton ini masih jarang untuk ditemukan, untuk itu dalam penelitian yang dilakukan kali ini mencoba untuk membahas mengenai pengujian abrasi beton dengan penambahan serat kawat bendrat. Abrasi beton dalam penelitian Chotimah et al., (2015) merupakan kemampuan beton untuk menahan abrasi atau keausan pada bagian permukaan, abrasi sendiri bisa diakibatkan oleh berbagai hal, seperti gesekan aliran air dan gesekan benda lainnya. Biasanya abrasi ini bisa dinyatakan dalam bentuk persen kehilangan berat dalam pengujian dan bisa juga dinyatakan dalam bentuk nilai hasil koefisien dari abrasi itu sendiri.

Dari permasalahan yang sudah dipaparkan, diambil pokok utama yang akan dijadikan pembahasan dalam penelitian ini, yaitu berkaitan tentang sifat mekanik dari beton *high volume fly ash* (HVFA) dengan bahan tambah berupa serat kawat bendrat dan *admixture* (Sika Viscocrete-1003). Dari penelitian diharapkan dapat menjadi pedoman untuk penelitian selanjutnya dan inovasi yang dilakukan dapat bermanfaat untuk mengurangi limbah *fly ash* yang ada.

## 2. METODE

Dalam penelitian yang dilakukan kali ini, untuk mencari topik yang akan dibahas dilakukan study literatur, kemudian dilanjutkan dengan persiapan alat dan bahan penelitian. Persiapan bahan penelitian diawali dengan mengambil material yang diperlukan sesuai dengan kebutuhan yang akan digunakan. Material seperti pasir, fly ash dan semen diambil dari PT. Solusi Bangun Beton, Yogyakarta, dan material split diambil dari PT. Pancadarma Beton, setelah pengambilan dilakukan material yang diambil dilakukan perawatan, yaitu dengan menyimpan material pada tempat yang aman, terhindar dari hujan dan panas matahari berlebih. Perawatan material ini berguna agar kualitas material bisa terjaga. Untuk persiapan alat dilakukan pengecekan alat yang ada di laboratorium, apakah alat yang akan digunakan dalam kondisi baik dan siap untuk digunakan.

Apabila alat dan bahan yang akan digunakan dalam penelitian siap, dilanjutkan dengan pemeriksaan material. Untuk material pasir dan split dilakukan pemeriksaan berat jenis dan penyerapan sesuai dengan SNI 1970-2008, pengujian kandungan bahan organik sesuai dengan SNI 2816-2014, pengujian *saturated surface dry* sesuai SNI 1970-2008, pengujian kandungan lumpur sesuai SNI C117-2012, pengujian keausan sesuai dengan SNI 2417-2008, dan pengujian gradasi agregat sesuai SNI C136-2012. Sedangkan untuk semen dan *fly ash* dilakukan pengecekan dengan pengujian ikatan awal semen sesuai dengan SNI 03-6827-2002. Dari data pengujian ikatan awal semen didapatkan hasil bahwa waktu ikat semen dengan proporsi 50 % semen dan 50 % fly ash didapatkan hasil terjadi pada waktu 135 menit, pengujian ini menunjukkan ikatan awalnya lebih lama dari pengujian hanya menggunakan semen seutuhnya. Untuk pengujian dengan semen seutuhnya didapatkan waktu awal ikatan terjadi pada waktu 65 menit. Selain dari pengujian ikatan awal semen, fly ash yang akan digunakan dilakukan pengujian kandungan senyawa kimianya. Pengujian ini dilakukan oleh PT. Solusi Bangun Beton, menunjukkan bahwa fly ash yang digunakan memiliki kandungan  $\text{SiO}_2$  47,73%,  $\text{FeO}_3$  18,09%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  15,70%,  $\text{CaO}$  8,79% dan senyawa senyawa lainnya. Setelah selesai pengujian bahan siap digunakan.

Setelah bahan siap, sebelum dilakukan mixing benda uji, campuran yang akan digunakan dalam penelitian harus direncanakan agar didapatkan campuran yang sesuai dengan yang diinginkan. Campuran direncanakan dengan menggunakan metode *American Concrete Institute (ACI)*. Campuran direncanakan dengan kuat tekan rencana 25 Mpa, direncanakan dengan agregat kasar ukuran 20 mm, serat kawat bendrat dengan proporsi 0%, 0,25%, 0,5%, dan 0,75%, dan untuk admixture digunakan proporsi 1,5 %. Didapatkan proporsi campuran didapatkan sebagai berikut :

Tabel 1. Proporsi campuran beton

| Nama         | Semen<br>(kg) | <i>Fly ash</i><br>(kg) | Serat<br>Bendrat | Pasir<br>(Kg) | Kerikil<br>(Kg) | Air<br>(Liter) | <i>Admixture</i><br>(Liter) | Berat<br>Kg/m <sup>3</sup> |
|--------------|---------------|------------------------|------------------|---------------|-----------------|----------------|-----------------------------|----------------------------|
| FAFB-SCC0    | 198.86        | 198.86                 | 0.00             | 1020.65       | 696.45          | 175.00         | 5.97                        | 2295.80                    |
| FAFB-SCC0,25 | 198.86        | 198.86                 | 5.74             | 1020.65       | 696.45          | 175.00         | 5.97                        | 2301.54                    |
| FAFB-SCC0,5  | 198.86        | 198.86                 | 11.48            | 1020.65       | 696.45          | 175.00         | 5.97                        | 2307.28                    |
| FAFB-SCC0,75 | 198.86        | 198.86                 | 17.22            | 1020.65       | 696.45          | 175.00         | 5.97                        | 2313.02                    |

Pada penelitian ini dibutuhkan sampel sebanyak 12 sampel untuk diuji kuat tekan dengan ukuran silinder diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, 12 sampel untuk dilakukan pengujian kuat tarik dengan ukuran silinder diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, dan 24 sampel untuk pengujian abrasi beton berbentuk balok dengan ukuran panjang 30 cm, lebar 15 cm dan tinggi 6 cm. Pengujian sampel uji dilakukan pada umur beton 28 hari.

Selanjutnya setelah proporsi campuran siap, dilakukan mixing pembuatan beton. *mixing* dilakukan dengan menggunakan concrete mixer dengan mencampur semua material yang disiapkan, kemudian dilanjutkan dengan pengetesan beton segar. Beton segar diuji nilai workability dengan pengetesan slump flow dan pengujian T50, setelah diuji kemudian beton segar dimasukkan kedalam cetakan. Selama menunggu beton untuk diuji pada umur 28 hari, dilakukan perawatan beton dengan melakukan proses *curing* atau perendaman beton dalam air, proses ini berfungsi untuk merawat beton dan menjaga suhu beton saat terjadi proses hidrasi semen yang terjadi, sehingga beton tidak retak.

Setelah mencapai umur 28 hari, dilakukan pengujian kuat tekan, kuat tarik dan kuat tekan beton. pengujian kuat tekan dan kuat tarik dilakukan di Laboratorium Universitas Muhammadiyah Surakarta, sedangkan pengujian abrasi dilakukan di Laboratorium Balai Sabo, Yogyakarta. Kuat tekan beton diuji dengan alat *Compression Testing Machine* (CTM), alat akan menekan sampel uji yang berbentuk silinder sampai mencapai kuat tekan maksimumnya. Untuk pengujian kuat tarik dilakukan dengan alat *Universal Testing Machine* (UTM), dan untuk pengujian abrasi dilakukan selama 3 jam, dan setiap 1 jam pengujian dilakukan penimbangan berat sampel uji, ini berfungsi untuk mengetahui kehilangan berat yang diakibatkan oleh pengujian, sehingga bisa diketahui nilai abrasi yang terjadi.

Setelah semua sampel diuji dan didapatkan data, kemudian data yang didapatkan dianalisa baik dalam bentuk grafik maupun tabel, dari analisa tersebut dapat diketahui bagaimana hasil dari penelitian, apakah dengan inovasi yang digunakan dapat meningkatkan sifat mekanik dari beton yang diteliti.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Pengujian *Slump Flow Test* dan T50

Pengujian slump flow test dilakukan untuk mengetahui workability dari campuran beton segar yang dibuat. Pada penelitian ini direncanakan slump flow berdasarkan spesifikasi EFNARC dengan slump flow minimal 600 mm dan maksimal 800 mm.

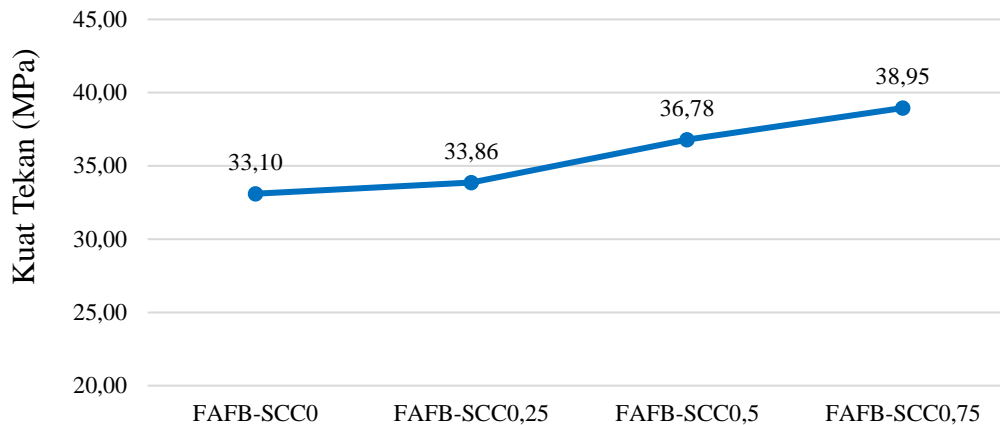
Tabel 2. Hasil pengujian slump flow test dan T50

| Nama         | Nilai <i>Slump flow</i> (mm) |        |           | Nilai T50 |
|--------------|------------------------------|--------|-----------|-----------|
|              | d1                           | d2     | Rata rata | dt        |
| FAFB-SCC0    | 690.00                       | 710.00 | 700.00    | 4.00      |
| FAFB-SCC0,25 | 650.00                       | 730.00 | 690.00    | 5.00      |
| FAFB-SCC0,5  | 690.00                       | 660.00 | 675.00    | 7.00      |
| FAFB-SCC0,75 | 660.00                       | 640.00 | 650.00    | 11.00     |

Dari penelitian yang dilakukan didapatkan bahwa nilai *slump flow* sudah sesuai dengan rencana. Dapat dilihat dari hasil *slump flow test* beton FAFB-SCC0, FAFB-SCC0,25, FAFB-SCC0,5 dan FAFB-SCC0,75 terjadi sedikit penurunan nilai *slump flow* secara berurutan, hal ini bisa terjadi karena penambahan serat pada beton. penurunan nilai slump flow disebabkan karena serat yang ditambahkan akan meningkatkan ikatan agregat dalam beton yang dikerjakan. Dari penambahan serat juga berpengaruh pada nilai T50, dapat dilihat pada Tabel V.7 terjadi penurunan nilai T50 secara berurutan dari FAFB-SCC0, FAFB-SCC0,25, FAFB-SCC0,5 sampai FAFB-SCC0,75. Sesuai dengan penelitian Agnes et al., (2017) dan Lewa & Kusumaningrum, (2020) dengan penambahan serat baja menyebabkan penurunan kelacakan, hal ini disebabkan oleh serat yang digunakan memberikan pengaruh tambahan friksi.

#### 3.2 Pengujian Kuat Tekan Beton

pengujian kuat tekan dilakukan pada beton umur 28 hari, dilakukan pengujian dengan menggunakan *compression tensting machine* (CTM). Pengujian dilakukan untuk mengetahui kualitas sampel yang dibuat sehingga dapat diambil hasil dari variasi sampel yang diteliti.

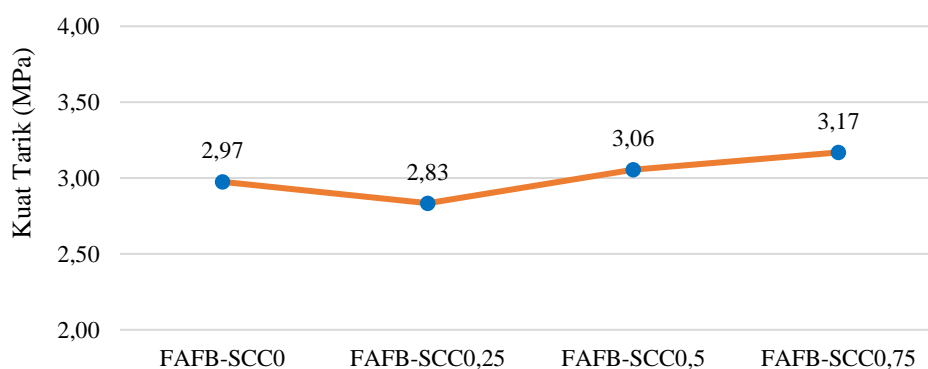


Gambar 1. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Dari pengujian kuat tekan didapatkan hasil bahwa nilai kuat tekan memenuhi kuat tekan rencana sebesar 25 Mpa. Pada sampel beton FAFB-SCC0, FAFB-SCC0,25, FAFB-SCC0,5 dan FAFB-SCC0,75 terjadi sedikit peningkatan kuat tekan secara berurutan, hal ini disebabkan karena penambahan serat kawat bendrat sebesar 0,25%, 0,5% dan 0,75%. Sesuai penelitian yang dilakukan oleh Akmal & Ayu, 2017 dan Harijadi, 2019 didapatkan hasil bahwa pemanfaatan kawat bendrat dalam beton dapat meningkatkan kuat tekan beton, peningkatan tertinggi terjadi pada penambahan serat sebanyak 1 %, setelah penambahan lebih dari 1% terjadi penurunan nilai kuat tekan.

### 3.3 Pengujian Kuat Tarik Beton

Pengujian kuat tekan tarik dilakukan dengan sampel uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Pengujian dilakukan menggunakan alat *Universal Tension Machine* (UTM) di Laboratorium Universitas Muhammadiyah Surakarta.



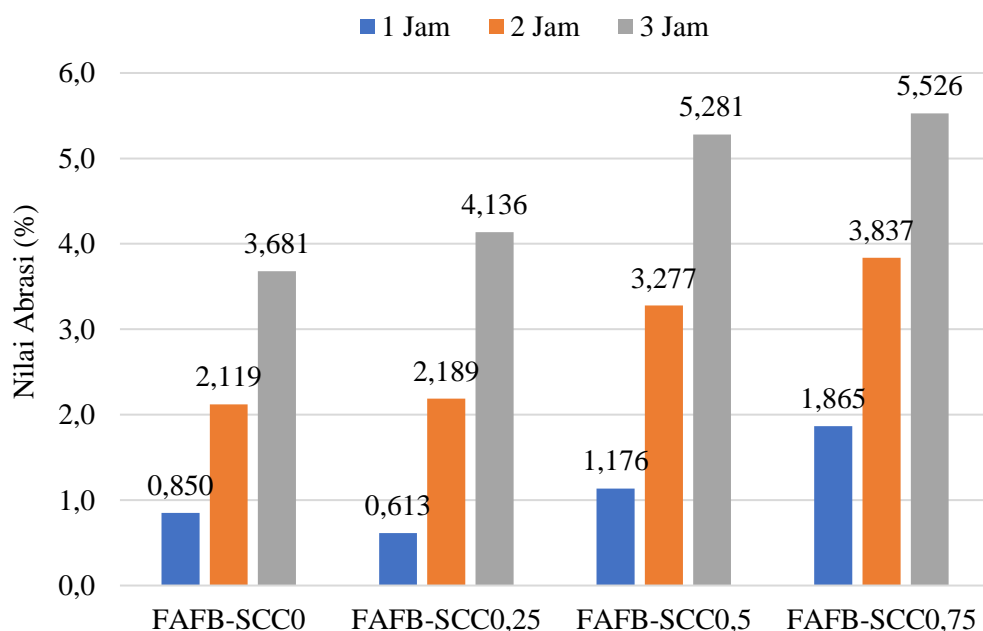
Gambar 2. Grafik nilai kuat tarik beton

Dapat dilihat hasil penelitian dari nilai kuat tarik beton yang dibuat, pada beton FAFB-SCC0,25, FAFB-SCC0,5 dan FAFB-SCC0,75 mendapatkan hasil yang sedikit meningkat dari nilai kuat tariknya, hal ini terjadi karena penambahan serat 0,25%, 0,5% dan 0,75% secara berurutan, peningkatan ini disebabkan oleh serat yang dicampurkan dapat meningkatkan ikatan dan

meningkatkan *friction* pada campuran beton sampai batas optimumnya. Untuk beton FAFB-SCC0 dan FAFB-SCC0,25 memiliki nilai kuat tarik yang hampir sama, hal ini bisa terjadi karena penambahan serat masih cukup sedikit, sehingga pengaruh yang ditimbulkan tidak begitu terlihat. Sesuai pada penelitian yang dilakukan oleh Hidayat et al., 2019 didapatkan hasil bahwa penambahan serat dalam beton dapat meningkatkan kuat tarik.

### 3.4 Pengujian Abrasi Beton

Pengujian abrasi dilakukan dengan menggunakan sampel beton berukuran 15 x 30 x 6 cm, pengujian dilakukan di Laboratorium Balai Teknik Sabo Yogyakarta. Sampel yang digunakan berjumlah 6 buah pada setiap pengujian, pengujian dilakukan selama 3 jam, dan dilakukan pembacaan berat pada setiap satu jam pengujian, hasil yang didapatkan berupa koefisien abrasi yang dinyatakan dalam bentuk angka.



Gambar 3. Hasil pengujian abrasi beton

Dari hasil pengujian didapatkan hasil bahwa beton sampel yang ditambahkan serat kawat bendrat mengalami kenaikan nilai abrasi yang relatif sedikit dimulai dari FAFB-SCC0 sampai FAFB-SCC0,75 baik pada pembacaan 1 jam, 2 jam maupun 3 jam. Pada pengujian Abrasi 1 jam masih terlihat selisih abrasi dari beton sampel FAFB-SCC0, FAFB-SCC0,25 dan FAFB-SCC0,5 tidak terlalu jauh, sedangkan beton sampel FAFB-SCC0,75 memiliki nilai abrasi lebih dari dua kali lipat dari sampel FAFB-SCC0. Sampel FAFB-SCC0 memiliki nilai koefisien abrasi 0,050 dan prosentase abrasi 0,85 %, sampel FAFB-SCC0,25 memiliki nilai koefisien abrasi 0,037 dan prosentase abrasi sebesar 0,613 %, sampel beton FAFB-SCC0,5 memiliki nilai koefisien abrasi 0,071 dan prosentase abrasi sebesar 1,176 %, dan untuk sampel FAFB-SCC0,75 memiliki nilai koefisien abrasi 0,113 dan nilai prosentase abrasi sebesar 1,865 %. Dari hasil pengujian 2 jam dan 3 jam didapatkan hasil yang



serupa. Sesuai dengan yang dilakukan oleh Gupta & Kumar, (2019) dan Ojha et al., (2021) beton dengan penambahan serat akan meningkatkan nilai abrasi pada beton.

## **4. PENUTUP**

### **4.1 Kesimpulan**

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

- a. Pengaruh penambahan serat kawat bendrat dengan proporsi 0,25%, 0,5% dan 0,75% pada beton *high volume fly ash* (HVFA) dapat meningkatkan kuat tekan beton tidak signifikan.
- b. Penambahan serat kawat bendrat dengan proporsi 0,25%, 0,5% dan 0,75% terbukti meningkatkan nilai kuat tarik beton, penambahan serat kawat bendrat bisa ditambahkan sampai batas optimum, apabila melebihi batas akan mengakibatkan kuat tarik beton akan menurun.
- c. Pada pengujian abrasi menunjukkan bahwa dengan penambahan serat kawat bendrat pada beton *high volume fly ash* (HVFA) dengan proporsi 0%, 0,25%, 0,5% dan 0,75% mengakibatkan nilai abrasi beton menjadi meningkat sehingga beton lebih rentan terhadap gesekan.
- d. Penambahan serat kawat bendrat pada beton juga berpengaruh pada nilai workability beton, sehingga nilai slump flow dan T50 dari beton segar menjadi semakin menurun secara berurutan dari proporsi penambahan serat kawat bendrat sebesar 0,25%, 0,5% dan 0,75% .

### **4.2 Saran**

Dari penelitian ini diberikan saran sebagai pertimbangan dan perbaikan untuk penelitian selanjutnya sebagai berikut :

- a. Diperlukan pengetahuan yang lebih mengenai spesifikasi, sifat dan karakteristik beton yang dibuat, sehingga meminimalkan kesalahan.
- b. Pengujian material bahan penyusun juga harus diperhatikan, karena bahan penyusun beton merupakan aspek penting agar didapat hasil yang baik.
- c. Ketelitian dalam pengujian kuat tekan dan kuat tarik beton agar lebih akurat dalam pembacaan.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Agnes, Gabriella, Fauzi Siswanto, and Ashar Saputra. 2017. "PENGARUH PENAMBAHAN SERAT BAJA PADA SELF COMPACTING CONCRETE MUTU TINGGI GABRIELLA AGNES L S, Dr. Ir. M. Fauzie Siswanto, M.Sc.; Ashar Saputra, S.T., M.T., Ph.D." : 0–1.
- Agus Santoso, Slamet. 2016. "Efek Penambahan Serat Polypropylene Terhadap Daya Lekat Dan Kuat Lentur Pada Rehabilitasi Struktur Beton Dengan Self-Compacting Repair Mortar (Scrm)." *Inersia* 6(2): 121–33.
- Akmal, Rezza Nurul, and Dian Sestining Ayu. 2017. "Pengaruh Penambahan Serat Kawat Bendrat Terhadap Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah, Dan Kuat Lentur Beton." : 0–1. <http://etd.repository.ugm.ac.id/penelitian/detail/130525>.

- ASTM Standard C125. 2012. "Standard Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates." *ASTM International, West Conshohocken, PA*. [www.astm.org](http://www.astm.org).
- Chotimah, Yunita, Slamet Prayitno, and Endang Rismunarsi. 2015. "PENGARUH PENAMBAHAN SERAT BENDRAT DAN FLY ASH DENGAN BAHAN TAMBAH BESTMITTEL PADA BETON MUTU TINGGI METODE AMERICAN CONCRETE INSTITUTE (ACI) TERHADAP KUAT TEKAN, PERMEABILITAS, PENETRASI DAN ABRASI BETON." (September): 886–94.
- Crouch, L.K, Ryan Hewitt, and Ben Byard. 2007. "High Volume Fly Ash Concrete." *Flyash.info* 51(1): 1–14.
- Gupta, Mayank, and Maneek Kumar. 2019. "Effect of Nano Silica and Coir Fiber on Compressive Strength and Abrasion Resistance of Concrete." *Construction and Building Materials* 226: 44–50. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.07.232>.
- Harijadi, Sugeng. 2019. "Pengaruh Pemakaian Kawat Bendrat." 14(02): 21–24.
- Hidayat, Krisna, Eddi Purwanto, and Bayoni. 2019. "Pengaruh Penambahan Serat Kawat Bendrat Pada Campuran Beton Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Beton." *Under Graduates thesis* 1(2): 12–14.
- Lewa, Shandy Trisakti pading, and Patria Kusumaningrum. 2020. "Pengaruh Penambahan Serat Baja Terhadap Sifat Mekanis Reactive Powder Concrete." *Indonesian Journal of Construction Engineering and Sustainable Development (Cesd)* 3(2): 49.
- Manuahe, Riger, Martin D. J. Sumajouw, and Reky S. Windah. 2014. "Kuat Tekan Beton Geopolymer Berbahan Dasar Abu Terbang (Fly Ash)." *Jurnal Sipil Statik* 2(6): 277–82.
- Ojha, P N et al. 2021. "High Performance Fiber Reinforced Concrete – for Repair in Spillways of Concrete Dams." x(xxxx): 1–19.
- Okamura, H, K Ozawa, and M Ouchi. 2000. "Self-Compacting Concrete." 2(1): 3–17.
- siswadi, Alfaetra Rapa, and Dhian Puspitasari. 2007. "Pengaruh Penambahan Serbuk Kayu Sisa Penggajian Terhadap Kuat Desak Beton." *Jurnal Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta* 7(2): 144-151–151.