

# Pengaruh Penambahan Serat Limbah Plastik HDPE sebagai Pengganti Agregat Kasar terhadap Kuat Tekan Beton

*The Effect Of Adding HDPE Plastic Waste Fibers as a Substitute for Coarse Aggregate to Concrete Compressive Strength*

**Deva Afrianda Perkasa, Yoga Apriyanto Harsoyo**

*Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta*

**Abstrak.** Beton merupakan salah satu dari bahan konstruksi yang biasanya digunakan pada pembangunan infrastruktur. Pada era pembangunan yang modern ini banyak sekali variasi tambahan yang digunakan untuk beton seperti tambahan serat. Serat tambahan yang digunakan adalah serat limbah plastik HDPE (*High Density Polyethylene*) dikarena untuk mengurangi penumpukan limbah plastik yang sangat mencemari lingkungan. Variasi tambahan serat limbah plastik HDPE sebesar 0%, 2%, 4%, dan 6% dari berat agregat kasar (kerikil). Serat ditambahkan dengan tujuan agar mengurangi limbah plastik HDPE dan mengurangi berat beton. Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 7 hari dan 28 hari menggunakan benda uji silinder dengan total benda uji 24 buah. Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan, didapatkan kuat tekan beton tambahan serat limbah plastik HDPE variasi 2% sebesar 13,72 Mpa pada umur 28 hari. Pada kuat tekan beton tambahan serat limbah plastik HDPE dari variasi 2%, 4%, dan 6% pada umur 7 hari mengalami penurunan sebesar 13%, 15%, dan 34% dan pada umur 28 hari mengalami penurunan sebesar 36%, 51%, dan 50% dari kuat tekan beton normal. Sedangkan untuk berat beton serat variasi 2%, 4%, dan 6% mengalami penurunan sebesar 1,2%; 2,6%; dan 3,6% dari berat beton normal.

Kata-kata kunci : Beton serat, Serat Limbah Plastik HDPE, Plastik HDPE, Berat Beton Serat, dan Kuat Tekan Beton

**Abstract.** Concrete is one of the construction materials which is usually used in infrastructure development. In this modern development era, there are many additional variations used for concrete such as additional fiber. The additional fiber used is HDPE plastic waste fiber (*High-Density Polyethylene*) due to reducing the accumulation of plastic waste which is very polluting the environment. Additional variations of HDPE plastic waste fibers are 0%, 2%, 4%, and 6% of the weight of coarse aggregate (gravel). Fiber is added to reduce HDPE plastic waste and reduce the weight of concrete. Testing of concrete compressive strength was carried out at 7 days and 28 days using cylindrical specimens with a total of 24 pieces of specimens. Based on the results of the compressive strength test, the concrete compressive strength of the HDPE plastic waste variation of 2% was obtained at 13.72 MPa at 28 days. In the concrete compressive strength, additional HDPE plastic waste fibers from variations of 2%, 4%, and 6% at 7 days of age decreased by 13%, 15%, and 34% and at 28 days decreased by 36%, 51%, and 50% of normal concrete compressive strength. Whereas for the weight of fiber concrete variations of 2%, 4%, and 6% decreased by 1.2%; 2.6%; and 3.6% of the weight of normal concrete.

Keywords : Fiber Concrete, HDPE Fiber Plastic Waste, HDPE Plastic, Fiber Concrete Weight, and Concrete Press Strength

## 1. Pendahuluan

Pada era modern yang sangat pesat ini pembangunan dalam bidang konstruksi mengalami perkembangan, hal ini dapat dimanfaatkan pembuatan beton campuran dengan pengganti atau tambahan dari salah satu komponen dari beton itu sendiri. Beton terdiri dari campuran semen, agregat kasar (kerikil), agregat halus (pasir), dan air. Umumnya beton digunakan karena bahannya kuat, bisa menahan

beban yang berat dan tahan korosi. Campuran pengganti atau tambahan beton biasanya digunakan agar beton menjadi lebih efisien, maka campuran beton ditambah dengan serat dari kawat, bambu, plastik dan lain sebagainya. Pada penelitian ini serat yang digunakan serat limbah plastik HDPE (*High density polyethylene*). Dikarenakan banyaknya limbah plastik tiap tahunnya di Indonesia yang sulit terurai dari tahun ketahun. Dengan adanya

campuran beton dengan serat plastik dapat mengurangi limbah plastik yang ada di Indonesia.

Beton serat (*fiber concrete*) merupakan modifikasi beton konvensional dengan menambahkan serat pada adukannya, serat yang digunakan untuk campuran tersebut yaitu kawat, plastik, limbah kain dan bambu serta ukuran serat yang digunakan sebesar 19 mm agar memudahkan pengadukan dan dilakukan dengan menaburkan sedikit demi sedikit ke dalam adukan yang sudah tercampur saat proses pengadukan (Suhardiman, 2011).

Pamudji dkk (2008) melakukan penelitian berjudul pengaruh pemakaian bahan tambah limbah plastik kemasan air mineral terhadap kuat tekan dan kuat tarik belah beton yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh kuat tarik beton dan kuat tarik belah beton terhadap penambahan limbah kemasan air mineral yang dicairkan. Variasi campuran plastik yang digunakan sebesar 5%, 10%, 15% dengan hasil pengujian beton mendapatkan nilai *slump* meningkat dari variasi 5% sampai variasi 15% dan mengalami penurunan kuat tekan beton pada kadar larutan 10% dan 15%. Kuat tekan paling optimum dicapai pada kadar 2,929% sebesar 3%.

Limbah plastik kemasan minuman banyak disekitar kita yang sangat mengganggu lingkungan. Penggunaan plastik pada campuran beton untuk meninjau fungsi lain dari limbah pada campuran beton dari ketahanan terhadap keretakan, ketahanan terhadap daya tembus air, kuat tekan dan pencegahan terhadap *bleeding* pada beton segar (Qomariah, 2010)

Soebandono dkk (2013) melakukan penelitian yaitu Perilaku Kuat Tekan dan Kuat Tarik Beton Campuran Limbah Plastik HDPE dengan 3 varian presentase yaitu variasi proporsi 10%, 15%, dan 20%. Kesimpulan dari pengujian ini kuat tekan beton campuran HDPE tertinggi sebesar 15,67 MPa.

Penelitian ini, akan dilakukan penambahan variasi limbah plastik HDPE dengan variasi 0%, 2%, 4%, dan 6% dari berat agregat kasar menggunakan benda uji berbentuk silinder berukuran 15 cm × 30 cm. Serat yang digunakan yaitu limbah plastik dari bekas jenis HDPE (*High density polyethylene*) karena ketebalan dari plastik HDPE dapat menambah volume beton dan mengurangi berat beton. Serat limbah plastik dalam campuran

beton diharapkan dapat meningkatkan kuat tekan beton serta mengurangi pencemaran lingkungan terutama limbah plastik.

Armudion (2018) melakukan penelitian tentang nilai kuat tarik belah beton dengan campuran limbah botol plastik (PET). Penelitian tersebut dengan botol plastik (PET) dengan dicacah dengan presentase penambahan pada campuran beton 0%; 0,5%; 0,6%; dan 0,7% terhadap volume silinder beton dengan masing-masing 3 sampel prevariasi beton. Kesimpulannya kuat tarik beton pada variasi PET 0%-0,6% mengalami kenaikan dan mengalami penurunan pada variasi PET 0,7% maka nilai optimum pada kuat tarik beton yaitu pada variasi PET 0,6% sebesar 2,753 MPa.

Fasdarsyah dkk (2018) melakukan penelitian berjudul pengaruh penambahan serat kawat email tembaga pada campuran beton terhadap kuat tekan dan kuat tarik belah yang bertujuan untuk mengetahui hasil kuat tekan dan kuat tarik beton campuran serat kawat email. Kawat email yang digunakan diameter serat 0,60 mm dan panjang serat 50 mm. Mix desain menggunakan SNI 7656-2012 dengan  $f'c$  sebesar 20 MPa dan FAS 0,58.

Adianto dan Joewono (2006) melakukan penelitian yang bertujuan mendapatkan hubungan penambahan serat polymeric yaitu serat polypropylene dan serat nylon terhadap karakteristik beton normal  $f'c = 30$  MPa. Serat yang digunakan yaitu serat polymeric biasanya dikenal dengan serat nylon berat 1200 gr/m<sup>3</sup> hingga serat polypropylene berat 1800 gr/m<sup>3</sup>. kesimpulan dari pengujian ini adalah kuat tekan serat polypropylene lebih tinggi dari serat nylon pada kadar serat 900 gr/cm<sup>3</sup>.

Maryoto dkk (2007) Melakukan penelitian tentang pengaruh penggunaan visocrete-10 dan serat ban bekas terhadap nilai *slump* dan kuat tekan beton serat yang bertujuan untuk mengurangi limbah ban bekas yang tidak layak pakai dan dari serat ban dapat menahan tegangan tarik yang terjadi sehingga akan mengurangi keretakan beton. Kesimpulan beton serat ban bekas dengan panjang 50 mm tidak menurunkan nilai *slump* dan beton serat ban bekas dengan ukuran 1mm×1mm×5mm mengalami penurunan kuat tekan hanya 9,88% dari beton normal.

Prahara dkk (2015) melakukan penelitian tentang analisa pengaruh penggunaan serat

serabut kelapa dalam presentase tertentu pada beton mutu tinggi yang bertujuan untuk mengetahui serabut kelapa terhadap kekuatan beton mutu tinggi dengan presentase 1,5 %, 2 %, 2,5 %, dan 3 %. Dari hasil kuat tekan beton pada beton serat serabut kelapa pada serat 1,5 % mengalami peningkatan dibandingkan dengan beton normal namun untuk persentase serat yang lain mengalami penurunan dikarenakan sifat serat kelapa yang kering cenderung menyerap air sehingga pengadukan beton lebih sulit.

Nastain dan Martoto (2010) melakukan penelitian tentang pemanfaatan pemotongan ban bekas untuk campuran beton serat perkerasan kaku yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh kuat tekan beton dan kuat tarik beton terhadap penambahan serat ban bekas. Metode penelitian menggunakan benda uji silinder ukuran panjang 30 cm, diameter 15 cm dan balok ukuran panjang 60 cm, penampang 15 cm×15 cm dengan Variasi ban bekas sebesar 0%; 0,3%; 0,75%; 1%. Kesimpulan dari hasil pengujian didapatkan nilai *slump* meningkat setiap penambahan serat dan kuat tekan beton maksimum didapatkan pada beton campuran serat 0,75%.

## 2. Metode Penelitian

Secara umum metodologi yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen yang memperhatikan pengaruh penambahan serat limbah plastik HDPE (*High density polyethylene*) terhadap beton normal.

### Bahan

#### Agregat Halus (Pasir)

Pada pengujian agregat halus (pasir) yang berasal dari daerah Kali Progo, Kulon Progo, DI Yogyakarta. Hasil pengujian Agregat halus (pasir) memiliki sifat-sifat mekanik yang ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Sifat mekanik agregat halus (pasir)

| No | Pengujian       | Satuan | Nilai                 |
|----|-----------------|--------|-----------------------|
| 1  | Gradasi butiran | -      | Memenuhi standar ASTM |
| 2  | Kadar lumpur    | %      | 1,8                   |
| 3  | Berat jenis     | -      | 2,284                 |
| 4  | Penyerapan air  | %      | 0,15                  |
| 5  | Kadar air       | %      | 5                     |

#### Agregat kasar (kerikil)

Pada pengujian agregat kasar (kerikil) yang berasal dari daerah Clereng, Kulon Progo, DI Yogyakarta. Agregat kasar (kerikil) memiliki sifat-sifat mekanik yang ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. Sifat mekanik agregat kasar (Kerikil)

| No | Pengujian      | Satuan | Nilai |
|----|----------------|--------|-------|
| 1  | Kadar lumpur   | %      | 4     |
| 2  | Keausan        | %      | 31    |
| 3  | Berat jenis    | -      | 2,48  |
| 4  | Penyerapan air | %      | 3     |
| 5  | Kadar air      | %      | 1,01  |

#### Semen

Semen adalah bahan utama penyusun beton yang memiliki sifat hidraulis (mengeras jika bereaksi dengan air). Semen yang digunakan pada penelitian ini adalah semen holcim, jenis PCC (*Portland Composite Cement*). Semen tersebut memiliki karakteristik kedap air dan tahan sulfat.

#### Air

Air digunakan sebagai pemicu proses kimiawi semen dengan bahan campuran yang lain, dengan adanya air proses pengadukan lebih mudah dan bahan perekat. Air pada penelitian ini berasal dari laboratorium struktur Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

#### Serat Limbah Plastik HDPE

Serat yang digunakan penelitian ini yaitu potongan limbah plastik HDPE (*High density polyethylene*) dengan ukuran 5cm×5mm×0,5mm dengan variasi 0%, 2%, 4%, dan 6% dari berat agregat kasar (kerikil).

#### Prosedur Pengujian

##### Pengujian sifat fisik dan mekanik material

Pemeriksaan sifat fisik dan sifat mekanik pada material atau bahan campuran beton dilakukan untuk memenuhi standar kelayakan bahan penyusun beton yang bertujuan untuk pembuatan *mix design*. Pengujian meliputi material agregat kasar (kerikil) dan agregat halus (pasir)

##### Mix design

*Mix design* beton yang digunakan pada

penelitian ini yaitu dari SNI 7656-2012 dengan mutu rencana 25 MPa dan nilai FAS sebesar 0,5. Keseluruhan benda uji akan digunakan untuk pengujian kuat tekan dengan variasi serat

limbah plastik HDPE presentase 0%, 2%, 4%, dan 6% dari berat agregat kasar (kerikil). Total benda uji sebesar 24 buah. Campuran *mix design* ditunjukkan pada tabel 3 dibawah ini.

Tabel 3. Rencana adukan (*Mix design*) per benda uji

| Serat Plastik (HDPE) | Berat Plastik (HDPE) (kg) | Berat Air (liter) | Berat Semen (kg) | Berat Pasir (kg) | Berat kerikil (kg) |
|----------------------|---------------------------|-------------------|------------------|------------------|--------------------|
| 0%                   | 0                         | 0,41              | 2,27             | 6,26             | 5,28               |
| 2%                   | 0,11                      | 0,41              | 2,27             | 6,26             | 5,17               |
| 4%                   | 0,21                      | 0,41              | 2,27             | 6,26             | 5,07               |
| 6%                   | 0,32                      | 0,41              | 2,27             | 6,26             | 4,96               |

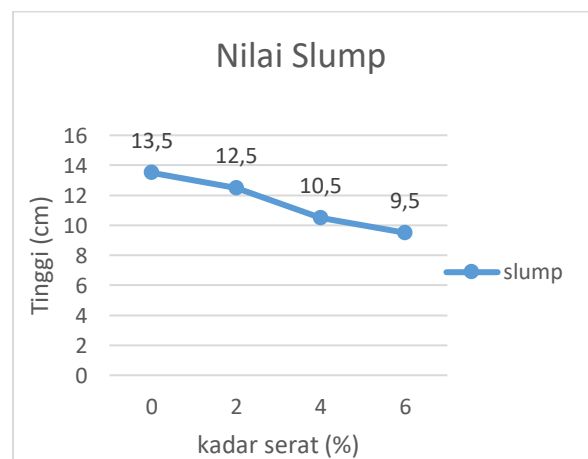
### Pengujian Nilai Slump

Pemeriksaan nilai *Slump* merupakan syarat untuk mengetahui karakteristik beton tersebut. Syarat yang untuk penelitian ini yaitu 7,5 cm – 15 cm diketahui dari campuran *mix design* SNI 7656-2012

memenuhi syarat yang ditentukan dengan tinggi 7,5 cm sampai 15 cm. Hasil pengujian *Slump* menunjukkan kenaikan secara signifikan dari 0% hingga 6% dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

### Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan dengan *compression testing machine* yang bertujuan untuk mengetahui nilai kuat tekan beton dan membandingkan dengan beton serat. Pengujian kuat tekan beton dilakukan setelah proses pengecoran, pencetakan, dan perawatan (*curing*). Pengujian beton dilakukan pada umur 7 hari dan 28 hari.



Pengujian kuat tekan beton memberikan tekanan beban aksial pada benda uji silinder sampai terjadi kegagalan. Cara perhitungan kuat tekan dapat dilihat dibawah ini.

Gambar 1. Nilai *slump* beton serat limbah plastik HDPE

$$\text{Kuat Tekan beton (f'c)} = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :

F'c = kuat tekan beton (MPa)

P = beban tekan maksimum (kg)

A = luas bidang yang ditekan (cm<sup>2</sup>)

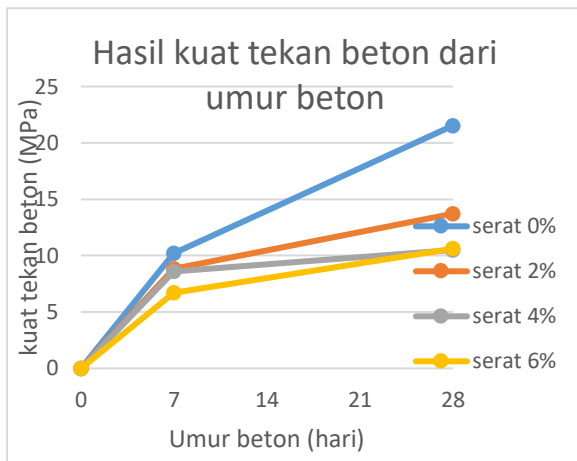
### Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian dilakukan agar memperoleh nilai kuat tekan beton serat limbah plastik HDPE dengan variasi 0%, 2%, 4%, dan 6% dari berat agregat kasar (kerikil) pada umur 7 hari dan 28 hari. didapatkan hasil nilai kuat tekan beton tertinggi yaitu pada variasi serat 2 % untuk beton serat limbah plastik HDPE. Hubungan kuat tekan beton dengan umur beton 7 hari dan 28 hari dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

## 3. Hasil dan Pembahasan

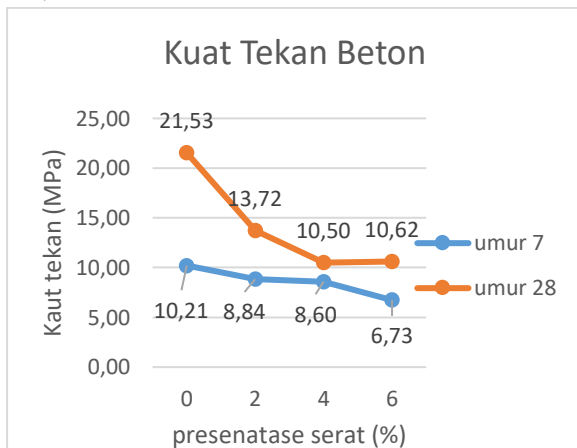
### Pengujian Nilai Slump

Hasil dari pengujian *Slump* pada beton serat mengalami peningkatan seiring bertambahnya presentase serat 0%, 2%, 4%, dan 6% didapatkan hasil berturut-turut untuk 0% sebesar 13,5 cm; 2% sebesar 12,5 cm; 4% sebesar 10,5 cm; dan 6% sebesar 9,5 cm. Hasil dari pengujian tersebut dapat diketahui dari campuran *mix design* SNI 7656-2012 dan komponen bahan-bahan yang digunakan



Gambar 2. Hubungan kuat tekan beton dan umur beton

Berdasarkan hasil perbandingan kuat tekan beton dengan serat limbah plastik HDPE variasi 2%, 4%, dan 6% pada umur beton 7 hari dan 28 hari, didapatkan hasil tertinggi pada variasi serat 2% sebesar 13,72 MPa untuk beton serat limbah plastik HDPE. Hasil perbandingan kuat tekan beton dengan serat limbah plastik HDPE variasi 2%, 4%, dan 6% dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



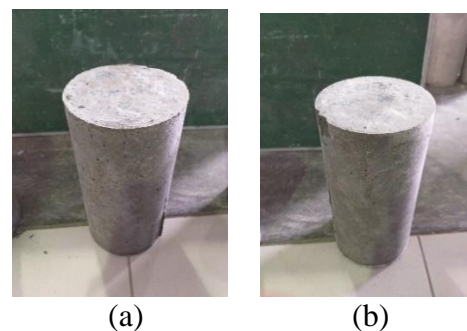
Gambar 3. Hubungan kuat tekan dengan presentase serat limbah plastik

### Perbandingan Berat Beton

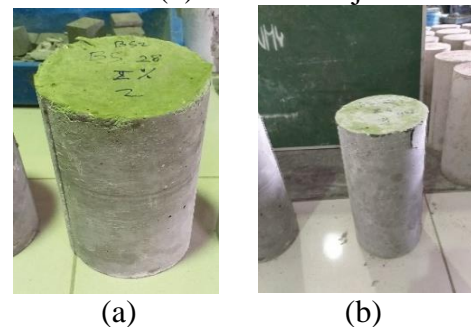
Berdasarkan hasil pengujian perbandingan berat beton normal dengan beton serat limbah plastik HDPE dengan variasi serat 0%, 2%, 4%, dan 6% pada umur 7 hari dan umur 28 hari didapatkan berat beton mengalami penurunan dari beton normal sebesar 12838 gram hingga beton serat limbah plastik HDPE 6% sebesar 12123 gram. Sehingga berat beton serat variasi 2%, 4%, dan 6% mengalami penurunan sebesar 1,2%; 2,6%; dan 3,6% dari berat beton normal.

### Kondisi Fisik setelah Pengujian Kuat Tekan

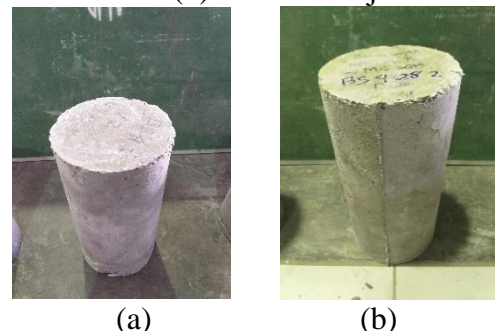
Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan beton menggunakan alat *Compressive Machine Test* memperoleh kondisi fisik dari benda uji sebelum dan sesudah diuji. Beton normal mengalami keretakan pada bagian atas, beton serat 2% mengalami keretakan memanjang kebawah, beton serat 4% mengalami keretakan memanjang kebawah, beton 6% mengalami kerusakan pada bagian atas. Hasil kondisi benda uji pengujian kuat tekan beton dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



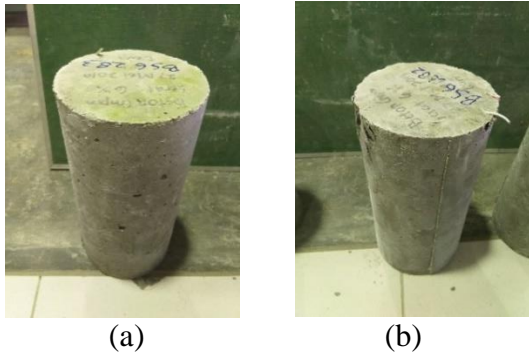
Gambar 4. Beton normal: (a) sebelum diuji dan (b) sesudah diuji



Gambar 5. Beton serat 2%: (a) sebelum diuji dan (b) sesudah diuji



Gambar 6. Beton serat 4%: (a) sebelum diuji dan (b) sesudah diuji



Gambar 7. Beton serat 6%: (a) sebelum diuji dan (b) sesudah diuji

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang didapatkan dari penelitian beton serat dengan campuran serat limbah plastik HDPE variasi 0%, 2%, 4%, dan 6% dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut ini.

- a. Hasil kuat tekan beton serat limbah plastik HDPE variasi 0%, 2%, 4%, dan 6%. Kuat tekan beton normal masih lebih tinggi dibandingkan beton serat, akan tetapi untuk beton serat limbah plastik variasi 2% memiliki kuat tekan tertinggi dari serat limbah plastik lainnya yaitu sebesar 13,72 MPa. Dari  $f'_c$  rencana 25 MPa setara K300 mengalami penurunan menjadi 13,72 setara K175.
- b. Hasil nilai slump dengan menggunakan mix design yang digunakan memenuhi syarat dari SNI 7656-2012. Mutu benda yang digunakan yaitu beton normal dengan 20 MPa. Nilai slump didapatkan sebesar 13,5 cm, 12,5 cm, 10,5 cm, dan 9,5 cm dengan syarat pelat, balok, kolom, dinding sebesar 7,5-15 cm
- c. Hasil dari berat beton normal dengan beton serat limbah plastik HDPE variasi 0%, 2%, 4%, dan 6% pada umur 7 hari dan umur 28 hari didapatkan berat beton mengalami penurunan dari beton normal sebesar 12838 gram hingga beton serat limbah plastik HDPE 6% sebesar 12123 gram. Maka berat beton serat variasi 2%, 4%, dan 6% mengalami penurunan sebesar 1,2%; 2,6%; dan 3,6% dari berat beton normal

#### 5. Daftar Pustaka

Adianto, Y. L., & Joewono, T. B. (2006). Penelitian Pendahuluan Hubungan Penambahan Serat Polymeric terhadap

- Karakteristik Beton Normal. *Civil Engineering Dimension*, 8(1), 34-40.
- Armidion, R., & Rahayu, T. (2019). Peningkatan Nilai Kuat Tarik Belah Beton dengan Campuran Limbah Botol Plastik Polyetylene Terephthalate (PET). *Konstruksia*, 10(1), 117-126.
- ASTM. (2013). C117-13: Standard Test Method for Materials Finer than 75- $\mu$ m (No. 200) Sieve in Mineral Aggregates by Washing. West Conshohocken: ASTM International.
- BSN, 1989, Sk SNI S-04-1989-F. Spesifikasi bahan bangunan bagian A (Bahan bangunan bukan logam). Badan Standarisasi Nasional, Bandung.
- BSN, 2002, SNI 03-2847-2002. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung. Badan Standarisasi Nasional, Bandung.
- BSN, 2002, SNI 03-6820-2002. Spesifikasi Agregat Halus untuk Pekerjaan Adukan dan Plesteran dengan Bahan Dasar Semen. Badan Standarisasi Nasional, Bandung.
- BSN, 2004, SNI 15-2049-2004. Semen portland. Badan Standarisasi Nasional, Bandung.
- BSN, 2008, SNI 1969 : 2008. Cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat kasar. Badan Standarisasi Nasional, Bandung.
- BSN, 2008, SNI 1970:2008. Cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat halus. Badan Standarisasi Nasional, Bandung.
- BSN, 2008, SNI 2417 : 2008. Cara uji keausan agregat dengan mesin abraisasi Los Angeles. Badan Standarisasi Nasional, Bandung.
- BSN, 2011, SNI 1974:2011. Cara uji kuat tekan beton dengan silinder. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- BSN, 2012, SNI 7656-2012. Tata cara pemilihan campuran untuk beton normal, beton berat dan beton massa.
- Fasdarsyah, F., & David, S. (2018). Pengaruh Penambahan Serat Kawat Email Tembaga pada Campuran Beton terhadap Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah. *Teras Jurnal*, 8(1), 323-328.
- Maryoto, A., & Pamudji, G. (2007). Pengaruh Penggunaan Viscocrete-10 dan Serat Ban Bekas terhadap Nilai

- Slump dan Kuat Tekan Beton Serat. *Dinamika Rekayasa*, 3(2), 50-56.
- Nastain, N., & Maryoto, A. (2010). Pemanfaatan Pemotongan Ban Bekas Untuk Campuran Beton Serat Perkerasan Kaku. *Dinamika Rekayasa*, 6(1), 14-18.
- Pamuji, G., & Rahman, A. N. (2008). Pengaruh Pemakaian Bahan Tambah Limbah Plastik Kemasan Air Mineral Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Belah Beton. *Dinamika Rekayasa*, 4(1), 41-49.
- Prahara, E., Liong, G. T., & Rachmansyah, R. (2015). Analisa Pengaruh Penggunaan Serat Serabut Kelapa dalam Presentase Tertentu pada Beton Mutu Tinggi. *ComTech: Computer, Mathematics and Engineering Applications*, 6(2), 208-214.
- Pratiwi, S., Prayuda, H., dan Saleh, F. 2016. Kuat Tekan Beton Serat Menggunakan Variasi Fibre Optic dan Pecahan Kaca. *Jurnal Ilmiah Semesta Teknik*. 19(1):55-67.
- Qomariah. (2015). Pengaruh Penambahan Cacahan Botol Aqua Polypropylene (PP) pada Pasir terhadap Kinerja Beton Normal. *Prokons: Jurnal Teknik Sipil*, 11(1), 21-26.
- Soebandono, B., & As'at Pujianto, D. K. (2015). Perilaku Kuat Tekan dan Kuat Tarik Beton Campuran Limbah Plastik HDPE. *Semesta Teknik*, 16(1).
- Suhardiman, M. (2011). Kajian Pengaruh Penambahan Serat Bambu Ori Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Tarik Beton. *Jurnal Teknik*, 1(2), 88-95.
- Tjokrodimulyo, Kardiyono. 2007. *Teknologi Beton*. Biro Penerbitan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UGM, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta.