

# PEMANFAATAN SERAT BOTOL PLASTIK TERHADAP KUAT TEKAN DAN KUAT LENTUR PADA PEMBUATAN PANEL BETON RINGAN DENGAN MENGGUNAKAN *ELECTRIC ARC FURNACE SLAG (EAFS)* SEBAGAI SUBSTITUSI PASIR

**Yogi Meidianto Rusmansah**

Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

[Yogimeidianto19@gmail.com](mailto:Yogimeidianto19@gmail.com)

**Yogie Risdianto**

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

[risdi75@yahoo.com](mailto:risdi75@yahoo.com)

## Abstrak

Plastik sendiri merupakan salah satu jenis anorganik yang mana tidak semua jenis ini dapat didaur ulang. Botol plastik bekas atau *Polyethylene Terephthalate* (PET) merupakan salah satu jenis plastik yang dapat didaur ulang dengan mudah. Dalam dunia konstruksi penggunaan bahan alternatif yang berasal dari limbah sudah mulai dilakukan termasuk untuk bahan tambah dalam pembuatan beton khususnya produk beton ringan seperti misalnya bata ringan, panel dinding dan lain-lain. Untuk bisa dimanfaatkan sebagai bahan tambah untuk memperkuat lentur dalam pembuatan panel beton ringan, limbah botol plastik bekas harus diproses menjadi serat dengan cara dipotong dengan ukuran panjang 3 cm dan lebar 1-2 mm. Serat tersebut nantinya yang akan digunakan sebagai bahan tambahan untuk memperkuat kuat lentur pada panel beton ringan. Selain penggunaan botol plastik bekas yang digunakan sebagai serat, digunakan juga limbah dari peleburan baja atau biasa disebut *Electric Arc Furnace Slag* (EAFS) yang akan digunakan sebagai bahan substitusi agregat halus atau pasir mengingat pemanasan global juga semakin meningkat akhir-akhir ini maka diperlukan inovasi semacam ini untuk membuat beton lebih ramah lingkungan. Tujuan penelitian ini ialah untuk mengetahui pengaruh dari botol plastik jenis PET untuk kuat lentur dan EAFS sebagai substitusi pasir untuk memperkuat kuat tekan pada panel beton ringan. Pada penelitian ini akan melakukan experimental dengan menggunakan persentase EAFS 5% sebagai substitusi pasir dan variasi serat botol plastik 0%, 0,2%, 0,4%, 0,6%, 0,8% dan 1% untuk kuat lentur pada panel beton ringan. Hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa dengan memanfaatkan *Electric Arc Furnace Slag* (5%) dan serat botol plastik pada campuran beton ringan mampu memperbaiki kuat lentur sebesar 1,308 MPa pada variasi 0,6%.

**Kata Kunci: Beton Ringan, Beton Serat, EAFS, Botol Plastik PET, Kuat Tekan, Kuat Lentur**

## Abstract

*Plastic is one of type inorganic which not of all types can be recycled. Waste plastic bottle or Polyethylene Terephthalate (PET) is one of type plastic which can be easily recycled. In the world of construction using an alternative material derived from waste has begun to be carried out, including for added materials in the manufacture of concrete, especially lightweight concrete products for example light brick, wall panel and others. To be able to used as an added material to reinforce flexural in the manufacture of lightweight concrete panels, waste plastic bottles must be processed into fiber by cutting with a length of 3 cm and a width of 1-2 mm. The fiber will later be used as an additional material in the process of making lightweight concrete panels. Besides using a waste bottle plastic used a fiber, also used waste from steel smelting or commonly called Electric Arc Furnace Slag (EAFS) which will be used as a substitute for fine aggregates or sand considering global warming has also been increasing lately, this kind of innovation is needed to make concrete more environmentally friendly. The purpose of this study was to know the effect of plastic bottle type PET for flexural strength and EAFS as a substitute for fine aggregates to reinforce compressive strength of lightweight concrete panel. In this study will do an experimental by using a percentage of 5% EAFS as a substitute for fine aggregates and variation of plastic bottle 0%, 0,2%, 0,4%, 0,6%, 0,8% and 1% for flexural strength of lightweight concrete panel. The result of the study can be conclude that utilizing Electric Arc Furnace Slag (5%) and plastic bottle in mixture of lightweight concrete can repair the flexural strength in the amount of 1,308 MPa in variation 0,6%.*

*Keywords: Lightweight Concrete, Fiber Concrete, EAFS, Plastic Bottle PET, Compressive Strength, Flexural Strength*

## PENDAHULUAN

Di Indonesia pemakaian plastik dalam bentuk apapun masih sangat sering dijumpai bahkan dalam kehidupan sehari-hari seperti misalnya plastik yang digunakan pada saat belanja dan juga botol plastik untuk kemasan air mineral. Plastik sendiri merupakan salah satu jenis anorganik yang mana tidak semua jenis ini dapat di daur ulang. Botol plastik bekas atau *Polyethylene Terephthalate* (PET) merupakan salah satu jenis plastik yang dapat didaur ulang dengan mudah. Dalam dunia konstruksi penggunaan bahan alternatif yang berasal dari limbah sudah mulai dilakukan termasuk untuk bahan tambah dalam pembuatan beton khususnya produk beton ringan seperti misalnya bata ringan, panel dinding dan lain-lain. Untuk bisa dimanfaatkan sebagai bahan tambah dalam pembuatan panel beton ringan, limbah botol plastik bekas harus diproses menjadi serat dengan cara dipotong dengan ukuran panjang 3 cm dan lebar 1-2 mm. Serat tersebut nantinya yang akan digunakan sebagai bahan tambahan dalam proses pembuatan panel beton ringan.

Selain pemanfaatan limbah serat botol plastik dengan jenis *Polyethylene Terephthalate* (PET) sebagai bahan tambah dalam pembuatan panel beton ringan, dalam penelitian ini juga memanfaatkan salah satu limbah yaitu limbah dari peleburan baja atau biasa disebut *Electric Arc Furnace Slag* (EAFS) yang akan digunakan sebagai bahan substitusi agregat halus atau pasir mengingat pemanasan global juga semakin meningkat akhir-akhir ini maka diperlukan inovasi semacam ini untuk membuat beton lebih ramah lingkungan. Limbah tersebut didapatkan dari aktivitas pabrik baja yang sudah tidak dimanfaatkan lagi, kemudian limbah tersebut diproses menggunakan mesin *stone crusher* karena limbah awal dari pabrik tersebut masih berbentuk bongkahan batu besar sehingga harus dihancurkan menjadi ukuran yang sama dengan pasir karena dalam penelitian ini limbah EAFS tersebut digunakan sebagai substitusi pasir. Berdasarkan uraian diatas, maka hal yang menjadi perumusan masalah adalah bagaimana pemanfaatan yang tepat dari serat limbah botol plastik yang digunakan sebagai penambah kuat lentur pada beton dan juga pemanfaatan limbah *Electric Arc Furnace Slag* (EAFS) sebagai bahan substitusi pasir pada panel beton ringan.

## KAJIAN PUSTAKA

### A. Definisi Beton

Menurut SNI-03-2847-2002, pengertian beton adalah campuran antara semen Portland atau semen hidraulik lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat. Beton merupakan bahan dari campuran antara Portland cement, agregat halus (pasir), agregat

kasar (kerikil), air dengan tambahan adanya rongga-rongga udara. Campuran bahan-bahan pembentuk beton harus ditetapkan sedemikian rupa, sehingga menghasilkan beton basah yang mudah dikerjakan, memenuhi kekuatan tekan rencana setelah mengeras dan cukup ekonomis (Sutikno, 2003:1).

### B. Beton Ringan

Beton ringan merupakan beton yang mempunyai berat jenis beton yang lebih kecil dari beton normal. Pada dasarnya, semua jenis beton ringan dibuat dengan kandungan rongga dalam beton dengan jumlah besar. Menurut SNI 03-3449-2002, beton ringan adalah beton yang mengandung agregat ringan dan mempunyai berat isi tidak lebih dari 1900 kg/m<sup>3</sup>.

### C. Beton Serat

Menurut Kardiyono Tjokrodinuljo (1994), beton serat ialah bahan komposit yang terdiri dari beton biasa dan bahan lain yang berupa serat. Serat dalam beton itu berguna untuk mencegah adanya retak-retak sehingga menjadikan beton serat lebih daktail daripada beton biasa. Beton serat didefinisikan sebagai beton yang terbuat dari campuran semen, agregat halus, agregat kasar dan sejumlah kecil serat/ fiber.

### D. Electronic Arc Furnace Slag

Slag EAF merupakan produk samping dengan volume besar yang terbentuk dalam proses pembuatan baja (15-20% dari kapasitas baja cair) dimana masih mengandung sisasisa metal. Penanganan slag ini sebelumnya sulit dan metodenya tidak efisien. Teknologi slag atomizing (*Slag Atomizing Technology: SAT*) merupakan system baru untuk membentuk slag cair menjadi butiran kecil (*atomize*) dari *Electric Arc Furnace* (EAF) dengan efisiensi tinggi. Material hasil dari proses SAT berbentuk bola dengan diameter dan ukuran yang berbeda-beda, dan disebut PS (*Precious Slag*) ball. SAT plant pertama beroperasi pada 1997 di Korea, sejak itu total kapasitas terpasang telah meningkat menjadi 1,12 juta ton. Kapasitas yang sedang dibangun dan diproyeksikan akan direalisasikan pada 2009 di Korea Selatan, Afrika Selatan, Malaysia, Thailand, Taiwan, Indonesia, Iran, Vietnam dan AS berjumlah 3,4 juta ton. Tanggal 1 Desember 2008 SAT Plant di PT Purna Baja Harsco (di dalam kawasan pabrik PT Krakatau Steel) mulai beroperasi, dengan kapasitas 5.000 ton per bulan. SAT merupakan proses merubah slag cair (1500-1550°C) menjadi bola-bola kecil dengan diameter berkisar antara 0.1 hingga 4.5 mm. Prosesnya berupa sistem hembusan angin berkecepatan tinggi dengan katalis

dan air pada aliran slag cair yang ditumpahkan melalui tundish menuju slag pitt. Dengan bantuan air, aliran udara berkecepatan tinggi menghasilkan pertukaran panas yang cepat yang merubah aliran slag menjadi bola-bola (ps ball) dengan permukaan yang mengkilap. Struktur PS Ball dipisahkan berdasarkan ukurannya dalam suatu mesin pengayak

Tabel 1. Kandungan *Electric Arc Furnace Slag*

E 430		E 430 HELIUM	
Compound		Compound	
Al	Cu	Mg	Mn
Si	Zn	Al	Il
Ca	Br	Si	Ba
Ti	Sr	P	-
V	In	Ca	-
Cr	Ba	Ti	-
Mn	Re	V	-
Fe	Hg	Cr	-

### E. Serat Botol Plastik

*Polyethylene terephthalate* (PET) merupakan Polystertermoplastik yang di produksi secara komersial melalui produk kondensasi yang dikarakterisasi dengan banyaknya ikatan ester yang didistribusikan sepanjang rantai utama polimer. *Polyethylene Terterphthalate* (PET) merupakan bahan dasar dari botol minuman plastik, dengan nama IUPAC-nya *Polioksietileneokistereftaol* (Lestaronio, B.M. 2008). Dalam penelitian ini serat botol plastik dicacah dengan ukuran cacahan lebar 1-2 mm dengan panjang 3 cm dikarenakan ukuran cetakan kubus yang digunakan ukurannya 5x5x5 cm<sup>3</sup> serta cetakan balok ukurannya 16x4x4 cm<sup>3</sup> maka dari itu panjang serat hanya 3 cm agar ketika dimasukkan dalam cetakan bersama mortar tidak melebihi ukuran cetakan. Cacahan ini digunakan sebagai serat pada beton diharapkan dapat meningkatkan kuat lentur. Serat botol plastik yang digunakan juga mempunyai *properties* meliputi kuat tarik, modulus young, batas ukur dan berat jenis dengan rincian sebagai berikut:

Tabel 2. *Properties* Serat Botol Plastik

Jenis Serat	Kuat Tarik (Ksi)	Modulus Young (10 Ksi)	Batas Ulur (%)	Berat Jenis
Acrylic	30-60	0,3	25-45	1,1
Asbes (Asbestos)	80-140	13-20	~0,6	3,2
Cotton	60-100	0,7	13-20	1,5
Kaca (Glass)	150-550	10	1,5-3,5	2,5
Nylon	110-120	0,6	16-20	1,1
<b>Polyster</b>	<b>105-125</b>	<b>1,2</b>	<b>13-14</b>	<b>1,4</b>
Polyethylene	~100	0,02-0,06	~10	0,95
Polypropylene	80-100	0,5	~25	0,9
Rayon	60-90	1	13-25	1,5
Rock Wool	70-110	13-17	~0,6	2,7
Baja (Steel)	40-400	29	0,5-35	7,8

### F. Kuat Tekan

Kuat tekan beton dapat diartikan sebagai kemampuan beton menahan gaya tekan persatuan luas. Nilai kuat tekan beton diperoleh dari perbandingan antara beban yang dapat ditanggung beton hingga hancur dengan luas penampang yang diuji. Kuat tekan mengidentifikasi mutu beton dari sebuah struktur. Semakin tinggi kekuatan struktur dari bangunan yang dikehendaki, maka semakin tinggi juga mutu beton yang dihasilkan (Mulyono, 2004). Tata cara pengujian yang umumnya dipakai adalah standar ASTM C109. Kuat tekan masing-masing benda uji ditentukan oleh tegangan tekan tertinggi ( $f'_c$ ) yang dicapai benda uji umur 7 dan 28 hari akibat beban tekan selama percobaan (Dipohusodo, 1994). Rumus yang digunakan sesuai dengan SNI 03-1974-2011 sebagai berikut:

$$f'_c = P/A$$

Keterangan :

$$f'_c = \text{Kuat tekan beton (kg/cm}^2\text{)}$$

P = Beban tekan (kg)

A = Luas penampang beton (cm<sup>2</sup>)

### G. Kuat Lentur

Pengujian beton mortar untuk lentur menggunakan ASTM C293 dengan benda uji berupa balok dengan ukuran 16x4x4 cm<sup>3</sup>. Pengujian balok ini berupa pengujian metode *center point loading*/pengujian pembebanan pada satu titik pusat/tengah. Untuk pengujian kuat lentur panel beton dengan ukuran 40x25x3 cm<sup>3</sup> menggunakan metode yang sama dengan benda uji balok yaitu dengan menggunakan metode *center point loading*/pengujian pembebanan pada satu titik pusat/tengah. Rumus perhitungan kuat lentur panel beton menurut ASTM C293 sebagai berikut:

$$R = 3 PL/2bd^2$$

(Sumber: ASTM C293)

Keterangan:

P = beban maksimum (N)

L = Panjang bentang benda uji (mm)

b = lebar benda uji (mm)

d = tebal benda uji (mm)

## H. Penyerapan Air

Pada benda uji terjadi peristiwa penyerapan air. Penyerapan air ini terjadi karena adanya pori-pori yang terdapat didalam beton ringan. SNI 03-0349-1989 menjelaskan, benda uji layak digunakan apabila daya serap airnya memiliki nilai maksimal 25%. Cara menghitung daya resap air adalah dengan rumus sebagai berikut:

$$K(\text{air}) = \frac{A - B}{B} \times 100\%$$

(Sumber: SNI 03-0349-1989)

Keterangan:

$K_{(\text{AIR})}$  = Kadar air (%)

A = Massa basah benda uji (gram)

B = Massa kering benda uji (gram)

## METODE

### A. Jenis Penelitian

Penelitian yang dilakukan merupakan penelitian eksperimental. Penelitian ini menggunakan analisa data eksperimen dengan teoritis dengan menggunakan data berupa angka sebagai alat menganalisis keterangan yang ingin diketahui dengan fenomena data dan grafik (Kuntjojo, 2009:22 dalam Moch. Abdul Ghofur, 2017). Penelitian eksperimental merupakan penelitian yang dilakukan untuk mengetahui pengaruh yang diakibatkan adanya suatu perlakuan atau manipulasi suatu kondisi eksperimental.

### B. Variabel Penelitian

Parameter bebas merupakan parameter yang mempengaruhi atau menjadi sebab timbulnya parameter dependen (terikat). Selanjutnya pada penelitian ini untuk parameter bebasnya merupakan serat botol plastik dengan variasi sebagai berikut

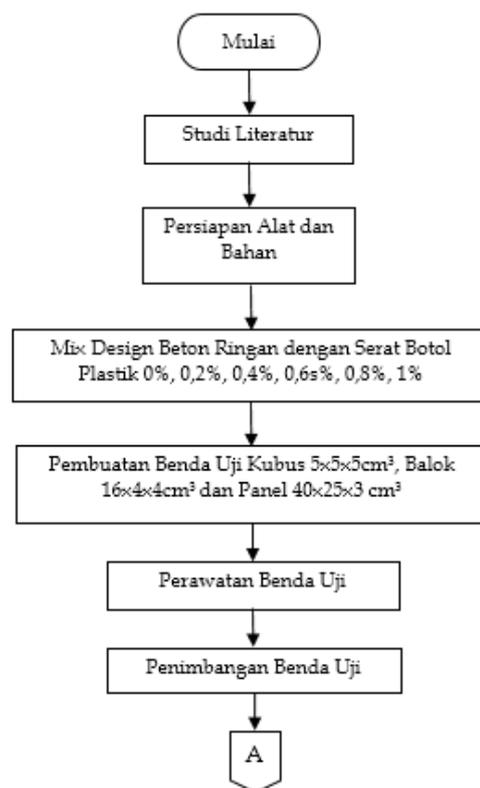
1. Penggunaan serat botol plastik pada campuran beton ringan sebesar 0% dari berat semen.
2. Penggunaan serat botol plastik pada campuran beton ringan sebesar 0,2% dari berat semen.
3. Penggunaan serat botol plastik pada campuran beton ringan sebesar 0,4% dari berat semen.
4. Penggunaan serat botol plastik pada campuran beton ringan sebesar 0,6% dari berat semen.
5. Penggunaan serat botol plastik pada campuran beton ringan sebesar 0,8% dari berat semen.
6. Penggunaan serat botol plastik pada campuran beton ringan sebesar 1% dari berat semen.

### C. Lokasi dan Jadwal Penelitian

Lokasi dan jadwal pembuatan benda uji akan dijelaskan sebagai berikut:

1. Pembuatan benda uji beton ringan (kubus) dengan ukuran 5x5x5 cm<sup>3</sup> serta balok dengan ukuran 16x4x4 cm<sup>3</sup> dan panel beton ukuran 40x25x3 cm<sup>3</sup> dilakukan di Laboratorium Beton Teknik Sipil Universitas Negeri Surabaya pada bulan Februari-Mei 2019.
2. Melakukan pengujian sampel benda uji yang telah dibuat di Laboratorium Beton Teknik Sipil Universitas Negeri Surabaya pada bulan Maret-Juli 2019.

## D. Prosedur Penelitian



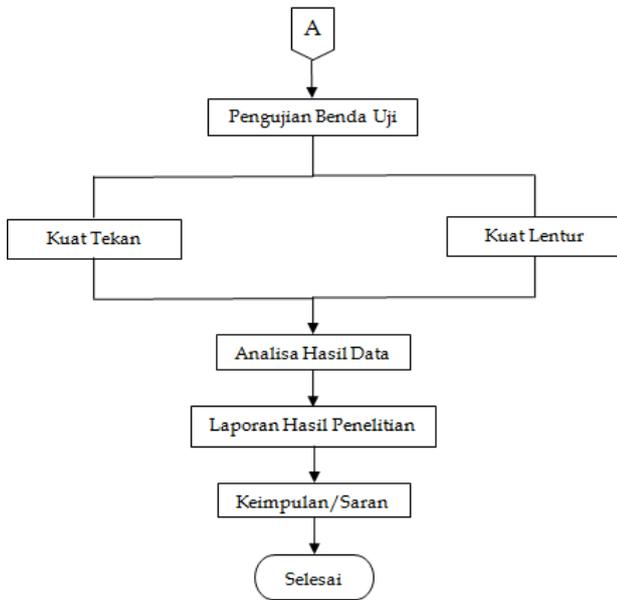


Diagram 1. Diagram Alir Penelitian

### E. Komposisi *Mix Design* Benda Uji

Dalam penelitian ini pembuatan *mix design* awal harus tepat karena dari pembuatan *mix design* awal inilah sampel awal akan diuji kemudian hasil dari uji tersebut yang akan digunakan untuk *mix design* selanjutnya. Kebutuhan *mix design* awal harus melalui *trial* beberapa kali agar mendapat hasil benda uji yang sesuai dengan rencana yang akan dibuat.

Tabel 3. Komposisi Awal *Mix Design*

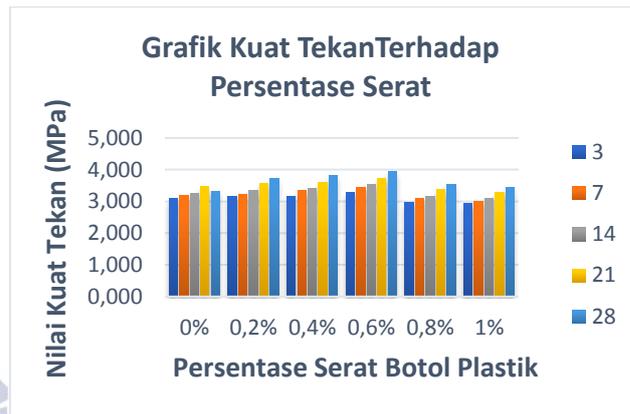
Komposisi Campuran Benda Uji						
Benda Uji	Foam	Semen	Pasir	Air	Persentase Serat Botol Plastik	Persentase EAFS
	Vt (1:1) liter	kg	kg	1/2 Berat Semen		
1	1	1	2	0,5	0,00	5
2	1	1	2	0,5	0,20	5
3	1	1	2	0,5	0,40	5
4	1	1	2	0,5	0,60	5
5	1	1	2	0,5	0,80	5
6	1	1	2	0,5	1,00	5

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Pengaruh Serat Terhadap Kuat Tekan

Penambahan variasi serat pada pembuatan beton ringan mampu meningkatkan nilai kuat tekan. Nilai kuat tekan bertambah seiring dengan ditambahkan variasi serat botol plastik. Semakin ditambahkan serat pada campuran benda uji akan berpengaruh terhadap kuat tekan pada benda uji tersebut. Pada variasi serat 0% nilai kuat tekan terbesar pada umur benda uji 28 hari sebesar 3,328 MPa. Nilai kuat tekan tersebut semakin bertambah seiring dengan bertambahnya variasi serat botol plastik yang digunakan hingga puncaknya pada variasi serat 0,6%

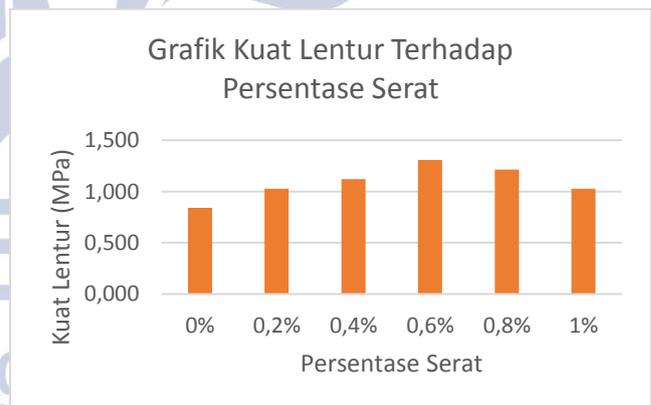
dengan umur benda uji 28 hari nilai kuat tekannya mencapai 3,942 MPa lebih besar dari variasi serat 0%.



Grafik 1. Kuat Tekan Terhadap Persentase Serat

### B. Pengaruh Serat Terhadap Kuat Lentur

Penambahan serat juga sangat berpengaruh terhadap nilai kuat lentur benda uji, karena sifat serat yang mampu menambah kuat lentur pada benda uji balok dan panel. Nilai kuat lentur yang tertinggi terjadi pada persentase serat 0,6% di umur 28 hari yaitu sebesar 1,308 MPa sama dengan kuat tekan yang mengalami nilai tertinggi pada persentase serat 0,6% yang menjelaskan bahwa penambahan serat 0,6% sebagai bahan campuran adalah variasi yang paling maksimum.

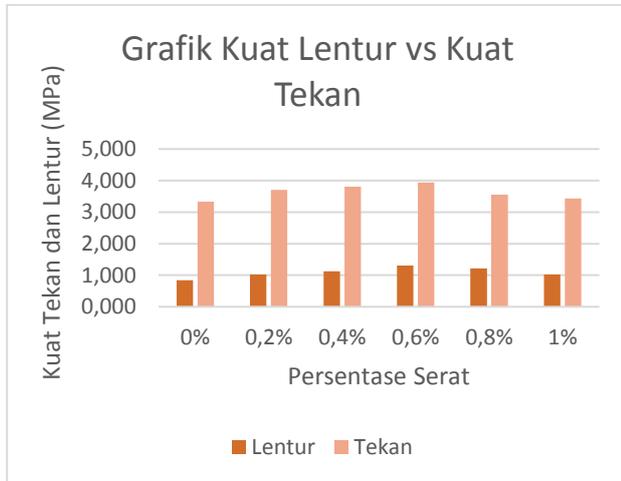


Grafik 2. Kuat Lentur Terhadap Persentase Serat

### C. Hubungan Kuat Tekan dan Kuat Lentur

Variasi serat 0,6% nilai kuat tekan mencapai 3,942 MPa dan nilai kuat lentur mencapai 1,308 MPa. Namun pada variasi serat 0,8% dan 1% baik pada kuat tekan maupun kuat lentur sama-sama mengalami penurunan dimana nilai kuat tekan dan kuat lentur dengan variasi serat 0,8% dan 1% lebih rendah dibandingkan variasi serat 0,6%. Penurunan nilai kuat tekan dan kuat lentur disebabkan ketidakseimbangan antara bahan campuran dimana terdapat banyak serat

yang mengisi benda uji sehingga menyebabkan pasir dan semen tidak bisa mengikat secara maksimal yang membuat berat dari benda uji serta nilai kuat tekan pada variasi penambahan serat 0,8% dan 1% akan menurun dibandingkan pada variasi 0,6%.



Grafik 3. Hubungan Kuat Tekan dan Kuat Lentur

## SIMPULAN

Penambahan serat botol plastik pada campuran beton ringan dan EAFS (*Electrical Arc Furnance Slag*) sebagai substitusi pasir berdampak cukup baik terhadap lingkungan karena kedua bahan tersebut merupakan limbah yang terdapat di lingkungan sekitar. Penambahan serat botol plastik dan EAFS menjadi inovasi dalam pembuatan beton ringan karena selain ramah lingkungan, dengan penambahan serat botol plastik mampu menambah nilai kuat tekan dan kuat lentur pada beton ringan tersebut. Pengaruh penambahan serat terhadap sifat mekaniknya berupa kuat tekan yang lebih besar untuk penambahan 0,6% serat botol plastik dibandingkan dengan tanpa serat yaitu sebesar 3,942 MPa pada umur 28 hari. Pada kuat lentur balok juga terjadi hal yang sama dimana pada saat persentase serat 0,6% sebesar 1,308 MPa dan pada panel juga mengalami kenaikan pada persentase serat 0,6% dengan nilai 0,492 MPa

## DAFTAR PUSTAKA

ASTM C109/C109M. 2008. *Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 50mm) Cube Specimens*, Annual Book of ASTM Standard, Vol.04.02.2008. ASTM 2008: Philadelphia.

ASTM C293-02. 2002. *Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam With Center-Point Loading)*, Annual Book of ASTM Standard, Vol 04.02.2002. ASTM, 2002: Philadelphia.

ASTM C348. 2002. *Standard Test Method for Flexural Strength of Hydraulic-Cement Mortars*, Annual Book of ASTM Standard, Vol.14.04.2002. ASTM, 2002: Philadelphia.

ASTM C796-97. 1998. *Standard Test Method for Foaming Agents for Use in Producing Cellular Concrete Using Preformed Foam*, Annual Book of ASTM Standard Vo04.02.1998. ASTM, 1998: Philadelphia.

ASTM C869/C869M-11, *Standard Specification for Foaming Agent Used in Making Preformed Foam for Cellular Concrete*, Annual Book of ASTM Standard. Pennsylvania: ASTM, 2011.

Lutfy, Lukman dan Denny. 2017. *Pemanfaatan Limbah Padat Debu EAF Pada Perusahaan Peleburan Baja Sebagai Pengganti Semen Pada Campuran Beton*. Surabaya: Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.

Mulyono, Tri. 2004. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Andi.

Riyadi, Muhtarom. 2005. *Teknologi Bahan 1*. Jakarta: Politeknik Negeri Jakarta.

Samekto, Wuryadi dan Candra R. 2001. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Kanisius.

Simatupang, Ronald dan Prasthi Aldri. 2013. *Pengaruh Penggunaan Ps Ball sebagai Pengganti Pasir Terhadap Kuat Lentur Beton*. Bandung: Universitas Kristen Maranatha.

SNI 03-3449-1989. 1989. *Bata beton untuk pasangan dinding*. Badan Standarisasi Nasional.

SNI 03-3449-2002. 2002. *Tata Cara Rencana Pembuatan Campuran Beton Ringan Dengan Agregat Ringan*. Departemen Pekerjaan Umum. Bandung: LPMB.

SNI 03-2495-1991. 1991. *Spesifikasi Bahan Tambah Untuk Beton*. Departemen Pekerjaan Umum. Bandung: LPMB.

SNI 03-6434-2000. 2000. *Metode Pengujian Fisik Panel Gypsum Dan Papan Gypsum*. Badan Standar Nasional.

SNI 03-2847-2002. 2002. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*. Badan Standarisasi Nasional: Bandung.

Sutikno. 2003. *Teknologi Beton*. Surabaya: Universitas Negeri Surabaya.