

# PENGARUH PENAMBAHAN SERAT PLASTIK PET (POLY ETHYLENE TEREPHTHALATE) PADA BETON NORMAL TERHADAP KUAT LENTUR

Nanin Meyfa Utami<sup>1</sup>, Dwi Nurtanto<sup>2</sup>, Widya Cahyadi<sup>2</sup>, Diah Ayu Restuti Wulandari<sup>2</sup>,  
dan Ahmad<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universitas Jember, Jl. Kalimantan No.37, Jember  
e-mail: [198605112023212029@mail.unej.ac.id](mailto:198605112023212029@mail.unej.ac.id); [nanin.meyf@gmail.com](mailto:nanin.meyf@gmail.com)

<sup>2</sup>Universitas Jember, Jl. Kalimantan No.37, Jember  
e-mail: [dwinurtanto999@gmail.com](mailto:dwinurtanto999@gmail.com); [cahyadi@unej.ac.id](mailto:cahyadi@unej.ac.id); [198603052023212029@mail.unej.ac.id](mailto:198603052023212029@mail.unej.ac.id);  
[ahmadisk0@gmail.com](mailto:ahmadisk0@gmail.com)

## ABSTRACT

Plastic is a material that is difficult for decomposing bacteria in the soil to break down. This research aims to utilize plastic waste as an additional material for the main ingredients that make up concrete. Plastic is converted into fiber which is expected to increase the flexural strength of concrete, and function to prevent the concrete from cracking during the hardening process. The method used is plastic fiber cut to resemble longitudinal fibers, as well as a mix design to determine the percentage of material based on SNI 03-2834-2000. Tests include compressive strength and flexural strength. Compressive strength testing is carried out only to control the planned mix design. Plastic fibers are added every third of the mold height by placing them lengthwise. Based on the results of the flexural strength test, the most optimal variation and percentage in increasing flexural strength is the addition of 0.3% PET and resin which can increase the flexural strength of concrete by 51.78% compared to without the addition of plastic fibers. The failure model that occurs in all variations of the test object is flexural failure due to concrete cracks occurring in the mid-span area and in the direction perpendicular to the beam axis.

**Keywords:** Flexural strength, Compressive strength, Mix design, PET, Plastic fiber

## ABSTRAK

Plastik merupakan bahan yang sulit untuk diuraikan oleh bakteri pengurai dalam tanah. Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan limbah plastik sebagai bahan tambahan pada bahan utama penyusun beton. Plastik diubah menjadi serat yang diharapkan dapat meningkatkan kuat lentur beton, dan berfungsi agar beton tidak mengalami keretakan pada saat proses pengerasan. Metode yang digunakan adalah serat plastik dipotong menyerupai serat memanjang, serta mix design untuk menentukan prosentase material berdasarkan pada SNI 03-2834-2000. Pengujian meliputi kuat tekan dan kuat lentur. Pengujian kuat tekan dilakukan sebatas hanya untuk kontrol mix design yang direncanakan. Penambahan serat plastik dilakukan setiap sepertiga dari tinggi cetakan dengan cara meletakkannya secara memanjang. Berdasarkan hasil uji kuat lentur, variasi dan prosentase yang paling optimal dalam meningkatkan kuat lentur adalah penambahan PET dan resin sebanyak 0,3% yang mampu meningkatkan kuat lentur beton sebanyak 51.78% dibandingkan dengan yang tanpa penambahan serat plastik. Model keruntuhan yang terjadi pada semua variasi benda uji yaitu keruntuhan lentur dikarenakan retakan beton terjadi pada daerah tengah bentang dan searah tegak lurus sumbu balok.

**Kata kunci:** Kuat lentur, Kuat tekan, Mix desain, PET, Serat plastik

## 1. PENDAHULUAN

Plastik merupakan bahan yang sulit untuk diuraikan oleh bakteri pengurai dalam tanah. bakteri pengurai setidaknya membutuhkan waktu yang sangat lama untuk dapat menguraikan plastik yang tertimbun dalam tanah. Jika hal ini tetap dibiarkan saja maka tumpukan limbah plastik tersebut dapat mencemari lingkungan. Selain itu plastik juga dapat

membahayakan bagi tanah karena plastik mengandung zat kimia berbahaya yang dapat membunuh bakteri pengurai. Selain berbahaya terhadap lingkungan, limbah plastik juga berbahaya bagi kesehatan manusia, dapat menyebabkan banjir jika tertumpuk di saluran drainase, dan juga dapat merusak keindahan lingkungan.

Dari masalah limbah plastik di atas, Indonesia termasuk dalam peringkat kedua di dunia sebagai penghasil sampah ke laut setelah Tiongkok. Jumlah total sampah di Indonesia mencapai sebesar 187,2 juta ton dan 14 persen diantaranya adalah plastik (Wahyuni, 2016). Jumlah sampah di Jember juga terbilang banyak. Di TPU Pakusari, Kabupaten Jember, volume sampah keseluruhan sekitar 600 meter dan jumlah tersebut akan terus meningkat. Dari total sampah tersebut, 13,6 persen diantaranya adalah limbah nonorganik yang meliputi plastik, karet, besi, kaca dan kain (Susilo, 2016).

Dari jumlah sampah tersebut hendaknya mencari solusi lain terkait masalah limbah plastik yang semakin meningkat. Pendaurlangan limbah plastik masih terbilang tidak cukup. Oleh karena itu, limbah plastik juga harus dimanfaatkan untuk meminimalisirkannya. Salah satu cara untuk mengurangi limbah plastik tersebut dengan cara memanfaatkannya sebagai bahan tambah pada bahan utama penyusun beton. Pemanfaatan tersebut dikarenakan plastik merupakan bahan anorganik yang tidak dapat membusuk, maka diharapkan dapat bekerja optimal seperti bahan penyusun beton lainnya. Dari pencampuran plastik tersebut diharapkan dapat meningkatkan kekuatan beton.

Pada penelitian ini dicoba penambahan plastik PET (Poly Ethilene Terephthalate) sebagai bahan tambah pada beton normal. PET dipotong-potong memanjang menyerupai serat dengan panjang 15 cm dan lebar 1 cm, hal ini bertujuan untuk meningkatkan kuat lentur beton. Prosentase penambahan plastik PET mengacu pada literatur berkisar antara 0.00% - 1.00% terhadap berat semen. Penambahan plastik PET juga divariasikan dengan penggunaan resin pada serat plastik dengan cara mencelupkannya dan dikeringkan hingga mengeras. Penambahan resin diharapkan dapat memperkuat ikatan antara plastik PET dengan bahan penyusun beton khususnya pada semen.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Serat Plastik

Plastik adalah salah satu jenis makromolekul yang dibentuk dengan proses polimerisasi. Polimerisasi adalah proses penggabungan beberapa molekul sederhana (monomer) melalui proses kimia menjadi molekul besar (makromolekul atau polimer). Plastik merupakan senyawa polimer yang unsur penyusun utamanya adalah Karbon dan Hidrogen (Suro, 2013).

### 2.2. Kode Daur Ulang Plastik

Pada bagian bawah wadah atau benda berbahan plastik seperti botol minuman, biasanya ada simbol daur ulang dan didalamnya terdapat angka. Angka tersebut menunjukkan kandungan kadar kimia pada benda berbahan plastik tersebut. Kode tersebut diletakkan demi keperluan keamanan dan mulai digunakan sejak tahun 1988 oleh The Society of Plastic di Amerika Serikat. Berikut ini diberikan penjelasan oleh Sina dkk. (2012) pada simbol-simbol tersebut:

#### 1. PET (Polyethylene Terephthalate)

Pada bagian bawah kemasan botol plastik, tertera logo daur ulang dengan angka 1 di tengahnya dan tulisan PETE / PET (polyethylene terephthalate). Jenis plastik ini dibuat menggunakan bahan yang disebut dengan *antimoni trioksida* dan biasa dipakai untuk botol plastik seperti botol air mineral. Botol jenis PETE / PET ini direkomendasikan hanya sekali pakai, karena bila terlalu sering dipakai atau digunakan untuk menyimpan

air panas / hangat dapat mengakibatkan lapisan polimer pada botol tersebut akan meleleh dan mengeluarkan zat karsinogenik (dapat menyebabkan kanker).

2. HDPE (High Density Polyethylene)

Pada bagian bawah kemasan botol plastik, tertera logo daur ulang dengan angka 2 di tengahnya serta tulisan HDPE (high density polyethylene). Jenis plastik ini biasa dipakai untuk tupperware, galon air minum, kursi lipat, dan lain-lain. HDPE merupakan salah satu bahan plastik yang aman untuk digunakan karena kemampuan untuk mencegah reaksi kimia antara kemasan plastik berbahan HDPE dengan makanan / minuman yang dikemasnya. HDPE memiliki sifat bahan yang lebih kuat, keras, buram dan lebih tahan terhadap suhu tinggi. Sama seperti PET, HDPE juga direkomendasikan hanya untuk sekali pemakaian, karena pelepasan senyawa *antimoni trioksida* terus meningkat seiring waktu.

3. V (Polyvinyl Chloride)

Tertera logo daur ulang (terkadang berwarna merah) dengan angka 3 di tengahnya, serta tulisan V yang berarti PVC (polyvinyl chloride), yaitu jenis plastik yang paling sulit didaur ulang. Plastik ini bisa ditemukan pada plastik pembungkus (cling wrap), dan botol-botol. PVC mengandung DEHA yang dapat bereaksi dengan makanan yang dikemas dengan plastik berbahan PVC ini saat bersentuhan langsung dengan makanan tersebut karena DEHA ini lumer pada suhu  $-15^{\circ}\text{C}$ . Reaksi yang terjadi antara PVC dengan makanan yang dikemas dengan plastik ini berpotensi berbahaya untuk ginjal, hati dan berat badan.

4. LDPE (Low Density Polyethylene)

Tertera logo daur ulang dengan angka 4 di tengahnya, serta tulisan LDPE (Low Density Polyethylene) yaitu plastik tipe coklat (thermoplastic / dibuat dari minyak bumi), biasa dipakai untuk tempat makanan, plastik kemasan, dan botol-botol yang lembek. Sifat mekanis jenis plastik LDPE adalah kuat, agak tembus cahaya, fleksibel dan permukaan agak berlemak. Pada suhu di bawah  $60^{\circ}\text{C}$  sangat resisten terhadap senyawa kimia, daya proteksi terhadap uap air tergolong baik, akan tetapi kurang baik bagi gas – gas yang lain seperti oksigen. Plastik ini dapat didaur ulang, baik untuk barang-barang yang memerlukan fleksibilitas tetapi kuat, dan memiliki resistensi yang baik terhadap reaksi kimia. Barang berbahan LDPE ini sulit dihancurkan, tetapi tetap baik untuk tempat makanan karena sulit bereaksi secara kimiawi dengan makanan yang dikemas dengan bahan ini.

5. PP (Polypropylene)

Tertera logo daur ulang dengan angka 5 di tengahnya, serta tulisan PP (polypropylene) adalah pilihan terbaik untuk bahan plastik, terutama untuk yang berhubungan dengan makanan dan minuman seperti tempat menyimpan makanan, botol minum dan terpenting botol minum untuk bayi. Biasanya memiliki karakteristik botol transparan yang tidak jernih atau berawan. Polipropilen lebih kuat dan ringan dengan daya tembus uap yang rendah, ketahanan yang baik terhadap lemak, stabil terhadap suhu tinggi dan cukup mengkilap.

6. PS (Polystyrene)

Tertera logo daur ulang dengan angka 6 di tengahnya, serta tulisan PS (polystyrene) ditemukan tahun 1839, oleh Eduard Simon, seorang apoteker dari Jerman, secara tidak sengaja. PS biasa dipakai sebagai bahan tempat makan styrofoam, tempat minum sekali pakai, dan lain-lain. Selain tempat makanan, styrene juga bisa didapatkan dari asap rokok, asap kendaraan dan bahan konstruksi gedung. Bahan ini harus dihindari, karena selain berbahaya untuk kesehatan otak, mengganggu hormon estrogen pada wanita yang berakibat pada masalah reproduksi, dan pertumbuhan dan sistem syaraf, juga karena

bahan ini sulit didaur ulang. Pun bila didaur ulang, bahan ini memerlukan proses yang sangat panjang dan lama. Bahan ini dapat dikenali dengan kode angka 6, namun bila tidak tertera kode angka tersebut pada kemasan plastik, bahan ini dapat dikenali dengan cara dibakar (cara terakhir dan sebaiknya dihindari). Ketika dibakar, bahan ini akan mengeluarkan api berwarna kuning-jingga, dan meninggalkan jelaga.

7. Other

Khusus plastik dengan kode 1, 3, 6, dan 7 (polycarbonate), seluruhnya memiliki bahaya secara kimiawi. Ini tidak berarti bahwa plastik dengan kode yang lain secara utuh aman, namun perlu dipelajari lebih jauh lagi. Maka, jika harus menggunakan plastik, akan lebih aman bila menggunakan plastik dengan kode 2, 4, 5, dan 7 (kecuali polycarbonate) bila memungkinkan. Bila tidak ada kode plastik pada kemasan tersebut, atau bila tipe plastik tidak jelas (misalnya pada kode 7, di mana tidak selamanya berupa polycarbonate), cara terbaik yang paling aman adalah menghubungi produsennya dan menanyakan mereka tentang tipe plastik yang digunakan untuk membuat produk tersebut.

### 2.3. Karakteristik Plastik PET (Polyethylene Terephthalate)

PET (*poly ethylene terephthalate*) biasa digunakan untuk botol plastik. Botol jenis PET ini direkomendasikan hanya sekali pakai. Plastik PET ditandai dengan kode daur ulang 1. Plastik PET mempunyai densitas sebesar  $1455 \text{ kg/m}^3$ , tegangan tarik PET Non Daur Ulang (NDU) sebesar  $62,48 \text{ N/mm}^2$  dan regangan tariknya 19%. Plastik PET non daur ulang menghasilkan kekuatan tarik tertinggi di atas HDPE, PP, dan LDPE dan regangan tarik medium. Untuk kekuatan dan regangan tarik plastik PET yang Daur Ulang (DU) hanya menghasilkan tegangan tarik  $23,36 \text{ N/mm}^2$  dan regangan tarik 7,36 %, hal ini berarti ada penurunan kualitas tegangan 63% (dari kekuatan tegangan tarik dari  $62,48 \text{ N/mm}^2$  menjadi  $23,36 \text{ N/mm}^2$ ) dan penurunan kualitas regangan terhadap jenis plastik PET 61% yaitu dari regangan tarik 19% menjadi 7,36%. Walaupun terjadi penurunan kekuatan dan regangan tariknya, namun kekuatan tariknya tetap masih yang tertinggi bila dibandingkan dengan plastik dari bahan HDPE, PP, atau LDPE. Sehingga produk - produk daur ulang dari bahan PET masih layak dilakukan dan digunakan (Suyadi, 2010).

## 3. METODE PENELITIAN

### 3.1. Konsep Penelitian

Metode penelitian ini bersifat eksperimen. Metode eksperimen pada penelitian ini dilakukan dengan merencanakan beton  $f_c' = 30 \text{ MPa}$ . Mix design yang digunakan untuk menentukan prosentase material dasar berdasarkan SNI 03-2834-2000.

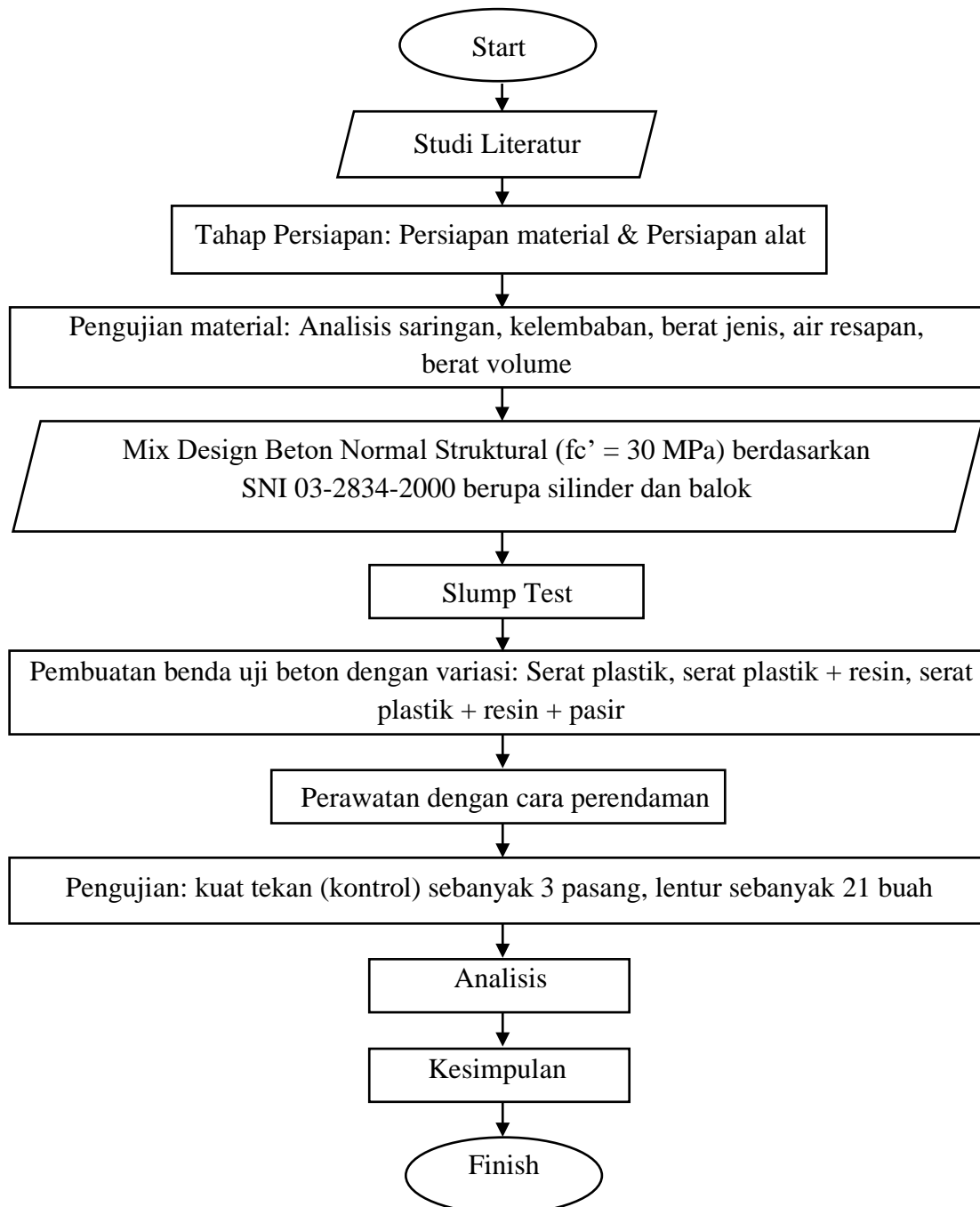
Pengujian lentur menggunakan variasi dengan penambahan sebanyak 0.00%, 0.40%, dan 0.60% terhadap berat semen. Penentuan penggunaan variasi tersebut didasari dari studi literatur penelitian terdahulu dengan penambahan serat plastik yang optimum berkisar antara 0.00% hingga 1.00%. Dari pengujian tersebut dapat ditentukan variasi terbaik dari penambahan serat plastik pada beton tersebut. Serat plastik PET diletakkan saat pencetakan benda uji dengan cara meletakkan searah horizontal setelah beton segar dirojak disetiap sepertiga bagian.

Tahapan penelitian dapat dijelaskan sebagai berikut yakni, proses dimulai dengan tahap studi literatur untuk kemudian dilakukan pengadaan material dan peralatan yang akan digunakan. Setelah itu dilakukan pengujian material yang telah tersedia.

Langkah berikutnya ialah pembuatan mix desain beton dengan mutu beton  $f_c' 30 \text{ MPa}$  untuk kemudian melakukan slump test serta melakukan pula pembuatan benda uji dan tidak lupa

dilakukan perawatan/proses curing beton dengan cara perendaman terhadap benda uji yang telah dibuat sebelumnya

Serangkain test dilakukan untuk menguji kekuatan lentur dari masing-masing benda uji untuk kemudian dilakukan analisis dan penarikan kesimpulan. Semua tahapan diatas dapat dilihat dengan jelas pada **Gambar 1** berikut.



**Gambar 1.** Diagram Alir Penelitian

### 3.2. Pengujian Material

Pengujian bahan dilakukan untuk menguji bahan penyusun beton yang akan digunakan sesuai dengan standard pengujian. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui sifat dan juga karakteristik yang terdapat dalam bahan tersebut.

### 3.3. Pengujian Semen

Pengujian berat volume dilakukan untuk mengukur berat volume semen. Berat volume yaitu perbandingan berat semen dengan volume cetakan. Pengujian berat volume ada dua yaitu tanpa rojokan dan dengan rojokan.

### 3.4. Pengujian Agregat Halus

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui sifat fisik dan juga karakteristik dari agregat halus.

### 3.5. Pengujian Agregat Kasar

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui sifat fisik dan juga karakteristik dari agregat kasar.

### 3.6. Jumlah dan Tata Letak PET

Pada penelitian ini jumlah plastik PET yang ditentukan berdasarkan prosentase berat semen pada masing – masing benda. Cacahan plastik kemudian diletakkan pada bagian 1/3 dari tinggi penampang sesuai dengan tatanan pada saat proses pencetakan benda uji. Perojokan dilakukan secara hati-hati untuk meminimalisir bergesernya posisi PET.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Perhitungan Mix Design Benda Uji

Perencanaan mix desain pada penelitian ini berdasarkan pada SNI 03-2834-2000 mengenai “Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal”

**Tabel 1:** Rencana *Mix Design*

Benda uji	Semen (kg)	Kerikil (kg)	Pasir (kg)	Air (L)
Silinder 10 x 20 cm	0,78	1,36	1,45	0,35
Balok 60 x15 x 15 cm	6,73	11,69	12,45	3,01

Sumber: Hasil penelitian, 2017

### 4.2. Pengujian Kuat Tekan

Dari pengujian kuat tekan pada T abel 2 didapat kuat tekan rata-rata beton adalah 32.7 MPa. Dari rata-rata kuat tekan beton kemudian ditentukan nilai standard deviasinya/ penyimpangannya. Dari perhitungan nilai standard deviasi diperoleh kuat tekan beton sebesar 28.36 MPa. Dari perhitungan standard deviasi, kuat tekan hasil pengujian lebih kecil dari kuat tekan rencana dikarenakan perbedaan nilai kuat tekan antar benda uji cukup jauh. Kinerja pelaksanaan pada pembuatan benda uji ini termasuk baik karena memiliki nilai variasi 13.25%, kriteria kinerja pelaksanaan baik nilai variasinya antara 10% – 15%.

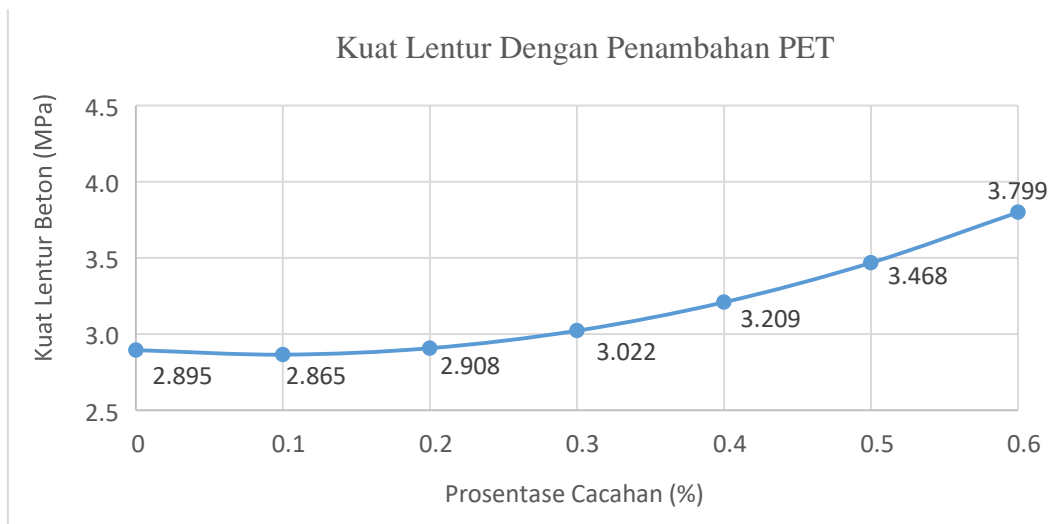
**Tabel 2:** Hasil Pengujian Kuat Tekan

Benda Uji	Silinder A (MPa)	Silinder B (MPa)	Rata - rata (MPa)	Rata - rata 2 benda uji (kg/cm <sup>2</sup> )	Sd Kuat Tekan (kg/cm <sup>2</sup> )
1	34,4	30,28	32,34	32,7	28,36
2	35,5	30,6	33,05		

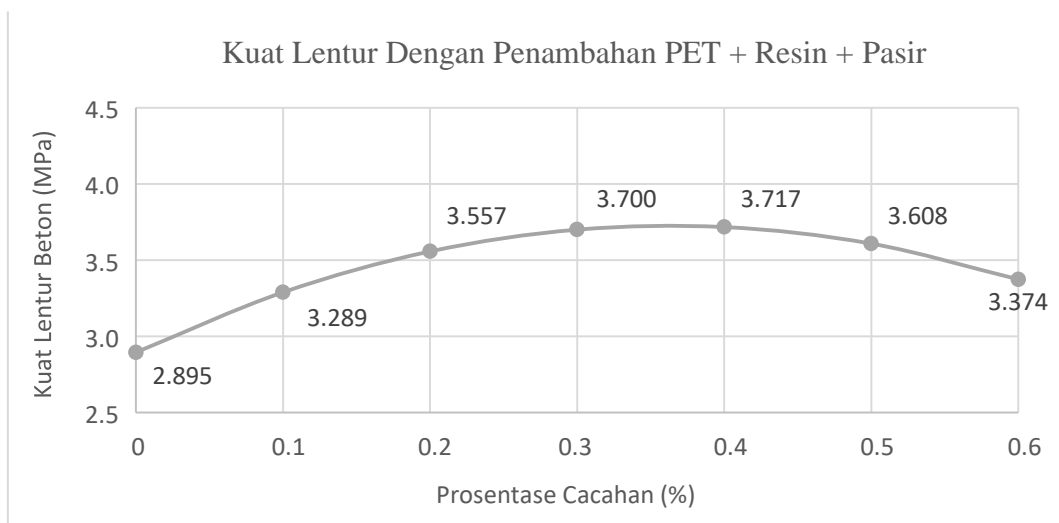
Sumber: Hasil penelitian, 2017

### 4.3. Pengujian Kuat Lentur

Dari Hasil Pengujian didapatkan nilai kuat lentur beton tanpa penambahan serat plastik (0%) sebesar 2.895 MPa dan dengan penambahan serat plastik yang divariasikan dengan prosentase 0,4% dan 0,6%. Nilai kuat lentur untuk penambahan serat plastik sebanyak 0,4% mengalami peningkatan kuat lentur, yaitu sebesar 3.209 MPa, sedangkan dengan penambahan 0,6% nilai kuat lenturnya masih mengalami peningkatan, yaitu sebesar 3.799 MPa. Sedangkan untuk penambahan serat plastik yang dilapisi resin, beton mengalami peningkatan kuat lentur pada penambahan 0,4% yaitu sebesar 4.346 MPa, kemudian kuat lenturnya mengalami penurunan kembali dengan penambahan sebanyak 0,6% yaitu sebesar 3.427 MPa. Sedangkan untuk penambahan serat plastik yang dilapisi resin dan pasir, beton memperoleh peningkatan kuat lentur pada penambahan 0,4% yaitu sebesar 3.717 MPa, kemudian kuat lenturnya mengalami penurunan kembali dengan penambahan sebanyak 0,6% yaitu sebesar 3.374 MPa. Dari keseluruhan variasi, beton yang memiliki kuat lentur maksimum terdapat pada penambahan plastik PET yang dilapisi resin sebanyak 0,3%, yaitu sebesar 4.394 Mpa.



**Gambar 2.** Grafik Kuat Lentur Dengan Penambahan PET



**Gambar 3.** Grafik Kuat Lentur Dengan Penambahan PET + Resin + Pasir

#### 4.4. Analisis Keruntuhan akibat Geser dan Lentur

Dari hasil perhitungan geser nominal beton dapat disimpulkan balok beton mampu menahan keruntuhan tekan akibat geser dengan nilai  $V_c$  lebih besar dari beban maksimum pada balok normal tanpa penambahan PET (0%) yaitu sebesar 19044 N.

Dari perhitungan momen nominal pada semua variasi dapat disimpulkan beton mampu menahan beban lentur yang bekerja. Model keruntuhan dari pengujian merupakan keruntuhan lentur dikarenakan retakan beton terjadi pada daerah tengah bentang dan searah tegak lurus sumbu balok.

### 5. KESIMPULAN

Karakteristik beton yang menggunakan limbah plastik PET dan resin dari segi kuat lentur adalah sebagai berikut:

- a) Kuat lentur beton yang dihasilkan pada penambahan PET sebanyak 0% adalah 2,895 MPa,
- b) Pada penggunaan limbah plastik PET, nilai kuat lentur untuk penambahan serat plastik sebanyak 0,4% mengalami peningkatan kuat lentur sebesar 10.85%, yaitu 3.209 MPa, sedangkan dengan penambahan 0,6% nilai kuat lenturnya masih mengalami peningkatan sebesar 30.54%, yaitu 3.799 Mpa,
- c) Pada penggunaan limbah plastik PET dan resin, nilai kuat lentur untuk penambahan serat plastik sebanyak 0,4% mengalami peningkatan kuat lentur sebesar 50.12%, yaitu 4.346 MPa, sedangkan dengan penambahan 0,6% nilai kuat lenturnya masih mengalami peningkatan sebesar 18.38%, yaitu 3.427 Mpa,
- d) Pada penggunaan limbah plastik PET, resin dan pasir, nilai kuat lentur untuk penambahan serat plastik sebanyak 0,4% mengalami peningkatan kuat lentur sebesar 28.39%, yaitu 3.717 MPa, sedangkan dengan penambahan 0,6% nilai kuat lenturnya masih mengalami peningkatan sebesar 16.55%, yaitu 3.374 MPa,

Pada penggunaan limbah plastik tersebut rata – rata kuat lentur beton mengalami penurunan kekuatan seiring dengan penambahan limbah botol plastik PET pada beton, hal ini dikarenakan menurunnya daya rekat khususnya didaerah sekitar penambahan plastik PET karena semakin banyaknya plastik PET pada campuran beton.

Berdasarkan hasil uji kuat lentur, variasi dan prosentase yang paling optimal dalam meningkatkan kuat lentur adalah penambahan PET dan resin sebanyak 0,3% yang mampu meningkatkan kuat lentur beton sebanyak 51.78% dibandingkan dengan yang tanpa penambahan serat plastik.

Model keruntuhan yang terjadi pada semua variasi benda uji yaitu keruntuhan lentur dikarenakan retakan beton terjadi pada daerah tengah bentang dan searah tegak lurus sumbu balok.

### 6. DAFTAR PUSTAKA

1. Badan Standarisasi Nasional. 1990. *SNI 03-1974-1990 (Metode Pengujian Kuat Tekan Beton)*. Jakarta: BSN.
2. Badan Standarisasi Nasional. 2000. *SNI 03-2834-2000 (Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal)*. Jakarta: Puslitbang Teknologi Permukiman.
3. Badan Standarisasi Nasional. 2011. *SNI 4431:2011 (Cara Uji Kuat Lentur Beton Normal dengan Dua Titik Pembebanan)*. Bandung: Pusat Penelitian Jalan dan Jembatan.



4. Sina, Dantje A.T., I Made Udiana, dan Bernad D. Da C. 2012. “Pengaruh Penambahan Cacahan Limbah Plastik Jenis High Density Polyethylene (HDPE) pada Kuat Lentur Beton”. *Jurnal Teknik Sipil* 1(4).
5. Surono, Untoro Budi. 2013. “Berbagai Metode Konversi Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak”. *Jurnal Teknik* 3(1): 32-40.
6. Susilo, Tunggul. 2016. *Volume Sampah di Jember Terus Meningkat*, <https://antaranews.com/lihat/berita/182346/volume-sampah-di-jember-terus-meningkat.html>, (diakses tanggal 12 November 2016).
7. Suyadi. 2010. “Kaji Eksperimen Kekuatan Tarik Produk-Produk Berbahan Plastik Daur Ulang”. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi 2010*, Universitas Wahid Hasyim. Semarang.
8. Wahyuni, Tri. 2016. *Indonesia Penyumbang Sampah Terbesar Ke-dua Dunia*, <https://cnnindonesia.com/gaya-hidup/20160222182308-277112685/indonesia-penyumbang-sampah-plastik-ke-dua-dunia.html>, (diakses tanggal 12 November 2016).