

## PENGARUH SUBSTITUSI BAHAN ANORGANIK PLASTIK TERHADAP KUAT TEKAN BETON NORMAL

Azwanda<sup>1)</sup>, Samsunan<sup>2)</sup>, dan Helba Destha Rangga<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil, FT UTU, Aceh Barat, [wawanazwanda@gmail.com](mailto:wawanazwanda@gmail.com), <sup>2)</sup> Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil, FT UTU, Aceh Barat, <sup>3)</sup> Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, FT UTU, Aceh Barat

### Abstract

*The waste of used plastic bottles is the material that is widely found in the environment as waste of drinking water. The existence of this material used as a substitute for sand into a concrete mixture. The plastic bottle is further processed in certain way that it becomes fiber. The purpose of this research is to know the influence of the use of plastic material as a substitute of sand to the compressive strength of concrete. The benefits of this research can reduce the environmental impact on plastic bottles used as concrete mixtures. The research was conducted by laboratory experimental method to get the data followed by analysis to obtain the result of compressive strength. The aggregate used is crushed stone with a maximum aggregate diameter of 25 mm. The planned concrete quality of K-250 with Water Cement Ratio (FAS) is 0.60. The specimens used were cylinders with diameter 15 cm, H = 30 cm with total 24 pieces. This research was conducted to describe the development of compressive strength on concrete by using substitution (replacement) some sand with inorganic materials as much as 0.5%, 1%, 1.5%. As comparison made of normal specimens 0% (without plastic substitution). The compressive strength test was performed at 7 days and 28 days. The largest average compressive strength at the age of 7 days is on the use of 0% that is 15.396 MPa. Furthermore, for the age of 28 days has the largest average compressive strength of 20.592 MPa at a percentage of 0%. There was a decrease of concrete compressive strength with substitution testing of plastic materials of 0.5%, 1%, and 1.5% respectively. From the test results, the more percentage of substitution of plastic material added in the concrete mixture, the compressive strength decreased.*

**Keywords :** Anorganic, Compressive Strength, Normal Concrete

### 1. PENDAHULUAN

Beton adalah bahan bangunan yang dibuat dari air, semen portland, agregat halus, dan agregat kasar, yang bersifat keras seperti batuan (Tjokrodinuljo, 2007). Beton yang menggunakan tulangan baja disebut beton bertulang.

Beton juga mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan bahan konstruksi lainnya, diantaranya memiliki kuat tekan yang besar, tahan terhadap api, mudah dibentuk, tidak diperlukan keahlian khusus dalam pembuatannya, dan bahan bakunya mudah diperoleh.

Sampah plastik merupakan masalah bagi banyak Negara di dunia termasuk Indonesia yang memiliki permasalahan kompleks dalam hal sampah. Kemasan minuman menggunakan botol plastik merupakan hal yang umum dewasa ini, limbah botol plastiknya banyak yang terbuang dan tidak dimanfaatkan, hal ini menambah beban bagi pemerintah dalam mendaur ulang sampah plastik.

Melangkah dari permasalahan inilah dilakukan pengujian mengenai pemanfaatan limbah sampah botol plastik yang bisa digunakan sebagai salah satu alternatif untuk mengurangi penggunaan pasir di dalam pembuatan beton. Alternatif yang dilakukan pada penelitian ini adalah dengan mensubstitusikan pasir dengan bahan anorganik plastik ke dalam campuran beton. Hal ini bertujuan untuk mengurangi pencemaran lingkungan dengan mengurangi penggunaan pasir dan digantikan dengan botol-botol plastik bekas.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penggunaan bahan plastik sebagai pengganti pasir terhadap kuat tekan beton serta mencari proporsi campuran bahan plastik

yang optimum, sehingga dapat dijadikan acuan untuk pengganti pasir pada produksi beton pada skala laboratorium.

## 2. STUDI PUSTAKA

Sampah anorganik ialah sampah yang dihasilkan dari bahan-bahan non hayati baik berupa produk sinterik maupun hasil proses teknologi pengolahan bahan tambang atau sumber daya alam dan tidak dapat diuraikan oleh alam, Contohnya: botol plastik, tas plastik, kaleng. (Basriyanto, 2004). Sampah merupakan masalah yang sangat kompleks di perkotaan. Sampah plastik tiap tahunnya semakin meningkat.

Serat limbah botol plastik adalah salah satu jenis serat plastik dari golongan polyethylene (Dantjen, 2012). Bahan baku serat banyak ditemui di lingkungan sekitar sebagai limbah bekas tempat minum, yang selanjutnya dilakukan pengolahan sedemikian rupa hingga menjadi serat. Adapun serat jenis polyethylene mempunyai sifat ringan, tahan lama, tahan panas, tidak reaktif dengan semen, tidak menyerap air. Hasil analisis menunjukkan bahwa semakin besar prosentase penambahan serat limbah botol plastik akan menyebabkan kuat desak, kuat lekat dan susut mortar cenderung turun, sedangkan kuat tarik lentur mortar akan mencapai maksimal. Kuat tarik lentur repair mortar akan mencapai nilai maksimal (Izzudin, 2014).

Beton serat ialah material komposit yang terdiri dari beton biasa dan bahan lain berupa serat (Tjokrodimulyono, 1996). Menurut (Rustendi, 2004) dalam jurnalnya bahwa dengan penambahan serat, beton lebih tahan retak dan tahan benturan sehingga beton serat lebih detail dari pada beton biasa. Dengan kata lain pengaruhnya terhadap kekuatan beton adalah meningkatkan kuat tarik, sementara terhadap kuat tekan pengaruhnya tidak begitu signifikan, dengan serat-serat ini daerah beton tarik yang mengalami retakan-retakan akan ditahan oleh serat tambahan ini sehingga kuat tariknya akan bertambah dibandingkan dengan beton biasa.

Penambahan serat menyebabkan beton menjadi sukar untuk diaduk. Untuk mengatasinya serat dicampur dulu secara merata ke dalam salah satu bahan pembuat beton dan menjaga aspek rasio diameter dan panjangnya agar tidak terjadi penggumpalan. (Chandra, 2008).

Sifat fisik beton itu penambahan serat menyebabkan perubahan terhadap sifat beton tersebut. Dibandingkan dengan beton yang bermutu sama tanpa serat, maka beton dengan serat membuatnya menjadi lebih kaku sehingga memperkecil nilai slump serta membuat waktu ikat awal lebih cepat juga. (Mahendya, 2008).

Kuat tekan beton adalah besarnya beban persatuan luas yang menyebabkan benda uji hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin tekan. Beton yang baik terbuat dari material yang kuat dan tahan lama secara alami. Maksudnya, jika material pembentuk beton sudah kuat dan tahan, bisa dijamin beton yang dihasilkan juga lebih kuat. Ciri-cirinya beton yang kuat dan memiliki daya tahan yang tinggi adalah: padat, kedap air (tidak berpori), tahan terhadap perubahan suhu, tahan terhadap kehausan dan pelapukan. Salmon (1990) kuat tekan yang terjadi dapat dihitung dengan persamaan:

$$f'c = \frac{P}{A} \quad (1)$$

Baik tidaknya data dilihat dari standar deviasi. Standar deviasi dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (2)$$

Koefisien ragam sampel, yang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$C_v = \frac{S}{X} \times 100\% \quad (3)$$

Klasifikasi mutu pelaksanaan untuk pekerjaan penelitian di laboratorium menurut Troxell (1968) adalah:

- $C_v \leq 5\%$  → sangat baik;
- $5\% < C_v \leq 7\%$  → baik;
- $7\% < C_v \leq 10\%$  → sedang; dan
- $C_v > 10\%$  → kurang baik

Garis dan kurva penduga yang mewakili titik-titik dalam diagram pencar dapat berupa garis lurus (linier) atau dapat berupa garis lengkung (non linier). Regresi linier digunakan untuk diagram pencar yang berupa garis lurus dan regresi non linier untuk diagram pencar yang berupa garis lengkung. Bentuk persamaan kedua regresi tersebut ditentukan dengan persamaan berikut:

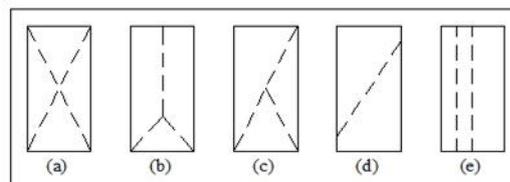
Regresi linier:

$$Y = A + b \quad (4)$$

Regresi non linier:

$$Y = Ax^2 \times b \times c \quad (5)$$

Pengamatan visual juga dilakukan untuk mengetahui pola kehancuran yang terjadi pada benda uji. Berdasarkan ASTM Standard 2002 volume 04, pola retak dibedakan menjadi 5 jenis, yaitu seperti yang terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Tipe Pola Retak Pengujian Beton Silinder

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Alat dan bahan

Bahan utama yang digunakan adalah semen, agregat, air dan botol plastik. Peralatan yang digunakan antara lain adalah *concrete mixer*, pengukuran slump (kerucut Abram's), alat ukur suhu (*thermometer*), palu karet, tongkat besi, sarung tangan, timba, timbangan, cetakan benda uji berbentuk silinder dan alat uji kuat tekan (*Compressive Machine Test*).

### 2.2 Benda uji

Perencanaan benda uji didasarkan kepada kebutuhan sifat mekanis yang perlu dilakukan terhadap pengujian kuat tekan beton, sehingga direncanakan pembuatan benda uji sebagai berikut:

- a. Untuk pengujian kuat tekan beton pada umur 7 dan 28 hari dibuat benda uji silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm dengan FAS 0,60.
- b. Proporsi campuran sebagai bahan substitusi pasir dengan 0%, 0,50%, 1% dan 1,50% masing-masing sebanyak 3 buah benda uji.

Variasi dan jumlah pembuatan benda uji disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Variasi dan jumlah benda uji

Umur Pengujian	Kadar cacahan dari pengurangan berat pasir				Jumlah Benda Uji (buah)	Dimensi benda uji (Silinder)
	0%	0,5%	1%	1,5%		
7 hari	3	3	3	3	12	150 mm x 300
28 hari	3	3	3	3	12	mm

### 2.3 Pelaksanaan penelitian

Tahap pelaksanaan penelitian ini terdiri dari pengujian material, perancangan benda uji, persiapan alat dan bahan, pembuatan benda uji, pengujian kuat tekan dan analisis data

Pengujian material dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat masing-masing bahan yang akan digunakan dalam pembuatan benda uji silinder, terdiri dari:

1. Pengujian analisa saringan agregat halus (SNI 1968-2008 dan JIS A.1102-1976)
2. Pengujian analisa saringan agregat kasar (SNI 03-1968-1990 dan JIS A.1102-1953)
3. Pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar (SNI 03-1969-1990 dan JIS A.1110-1951)
4. Pengujian Berat Jenis Bahan Tambah Cacahan Gelas Plastik Polypropylene.

Agregat yang digunakan sebagai material pembentuk beton dalam penelitian ini sebagaimana yang disarankan oleh Orchard (1979) yaitu berat volume agregat yang baik lebih besar dari 1,445 kg/l dan Troxell (1968) yaitu berat volume agregat kasar lebih besar dari 1,560 kg/l dan untuk pasir kasar serta pasir halus lebih besar dari 1,400 kg/l, seperti yang disajikan pada table 2.

Tabel 2. Hasil pemeriksaan perhitungan berat volume agregat

Jenis Agregat	Berat Volume (kg/l)	Referensi	
		Orchard (1979)	Troxell (1968)
Coarse Aggregate (25 mm)	1,566	> 1,445	> 1,560
Coarse Sand (2-5 mm)	1,469		> 1,400

Hasil perhitungan fineness modulus agregat campuran adalah 5,626. Nilai ini telah sesuai dengan ketentuan diperlihatkan standar ASTM (Anonim, 2004) yaitu antara 4,0 – 7,0. Dari hasil perhitungan dapat dilihat bahwa susunan butiran agregat campuran berada pada daerah “3” (Anonim, 1979) yang berarti susunan butiran agregat yang digunakan adalah baik sekali. Susunan butiran agregat (gradasi) diperlihatkan pada table 3.

Tabel 3. Nilai *Fineness Modulus* (FM) Agregat.

Jenis Agregat	Modulus Kehalusan (FM)	Referensi	
		ASTM (2004)	Mulyono (2005)
Coarse Aggregate (25 mm)	8.000	5,500–8,000	5,000–8,000
Fine Sand (0-2 mm)	2,586	2,200–2,600	1,500–3,800
Agregat campuran	5,626	4,000–7,000	5,000–6,000

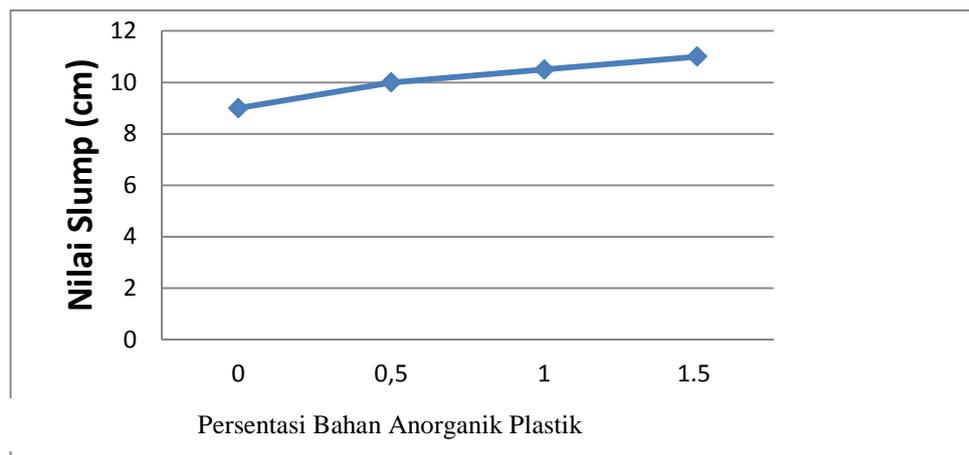
Perancangan benda uji silinder dilakukan untuk mengetahui komposisi dari campuran dari variasi beton untuk mendapatkan mutu beton rencana K-250. Perbandingan campuran bahan-bahan beton harus dipilih untuk mendapatkan beton yang paling ekonomis, sehingga dengan

menggunakan bahan-bahan yang tersedia akan menghasilkan beton yang mempunyai kekuatan seperti yang diinginkan. Hasil rancangan campuran beton untuk 0.03 m<sup>3</sup> beton tertera pada Tabel 4. berikut ini.

Tabel 4. Komposisi material untuk 0.03 m<sup>3</sup> beton

% Plastik	Air (kg)	semen(kg)	Split (kg)	Pasir (kg)	Plastik (kg)	Jumlah selinder
0%	6,56	12,88	43,6	32,16	0,00	6
0,50%	6,56	12,88	43,6	32,00	0,16	6
1%	6,56	12,88	43,6	31,84	0,32	6
1,50%	6,56	12,88	43,6	31,68	0,48	6
Jumlah	<b>26,24</b>	<b>51,52</b>	<b>174,4</b>	<b>127,68</b>	<b>0,96</b>	<b>24</b>

Tahapan persiapan dan pembuatan benda uji silinder meliputi persiapan alat dan bahan, pembuatan benda uji dan perawatan beton. Data yang diperoleh dari hasil pemeriksaan nilai slump pada setiap pengecoran memperlihatkan bahwa nilai slump adukan beton berkisar antara 8 cm sampai dengan 12 cm seperti tersaji pada Gambar 2.



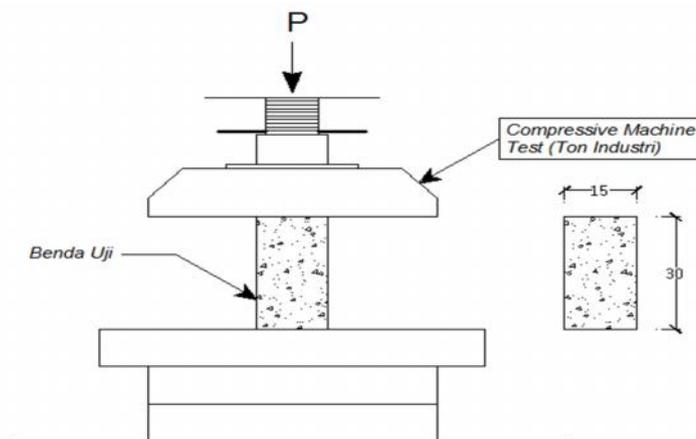
Gambar 2. Diagram Nilai Slump Beton Normal

Pemeriksaan suhu adukan pada setiap pengecoran memperlihatkan bahwa temperatur adukan beton telah memenuhi ketentuan yang disyaratkan yaitu lebih kecil dari 32°C, seperti yang tersaji pada tabel 5.

Tabel 5. Hasil pemeriksaan temperatur adukan beton normal

Uraian	FA (%)	Suhu
	0	28
Bahan Anorganik Plastik	0,5	28
	1	27
	1,5	27
Rata-Rata		27,5
Standar Deviasi		0,71
Covarian (%)		2,44
Kategori		Sangat Baik

Saat beton telah berumur 7 dan 28 hari dilakukan pengujian terhadap 4 variasi komposisi campuran beton masing-masing 3 buah sehingga total pengujian sebanyak 12 benda uji untuk umur 7 hari dan 12 benda uji untuk umur 28 hari. Pengujian kuat tekan beton ini dilakukan dengan *set-up* pembebanan statis 1 titik secara vertikal sesuai dengan SNI 03-1973-1990. Besar beban yang menyebabkan benda uji hancur merupakan data yang akan digunakan untuk memperoleh kuat tekan beton. Set-up dan posisi pembebanan benda uji dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 3. Set up pengujian kuat tekan beton

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Pengujian kuat tekan silinder beton

Setelah melalui proses pemeliharaan beton dengan cara direndam didalam air selama beberapa hari yang ditentukan (7 dan 28 hari) didapatkan kuat tekan beton dengan menggunakan mesin atau alat kuat hancur beton (*compression test machine*). Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada

umur 7 dan 28 hari. Pengujian beton yang telah dilakukan dengan variasi tambahan limbah plastik dengan umur perawatan 7 dan 28 hari disajikan pada tabel 6.

Tabel 6 Hasil pengujian kuat tekan untuk benda uji silinder beton ( $\varnothing$  15 & H 30) cm

Persentase plastik	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)		Persentase Peningkatan Kuat Tekan
	7 Hari	28 Hari	(%)
0%	15,396	20,592	25,233
0,50%	13,76	15,396	10,626
1%	10,681	13,722	22,161
1,50%	7,698	10,681	27,928

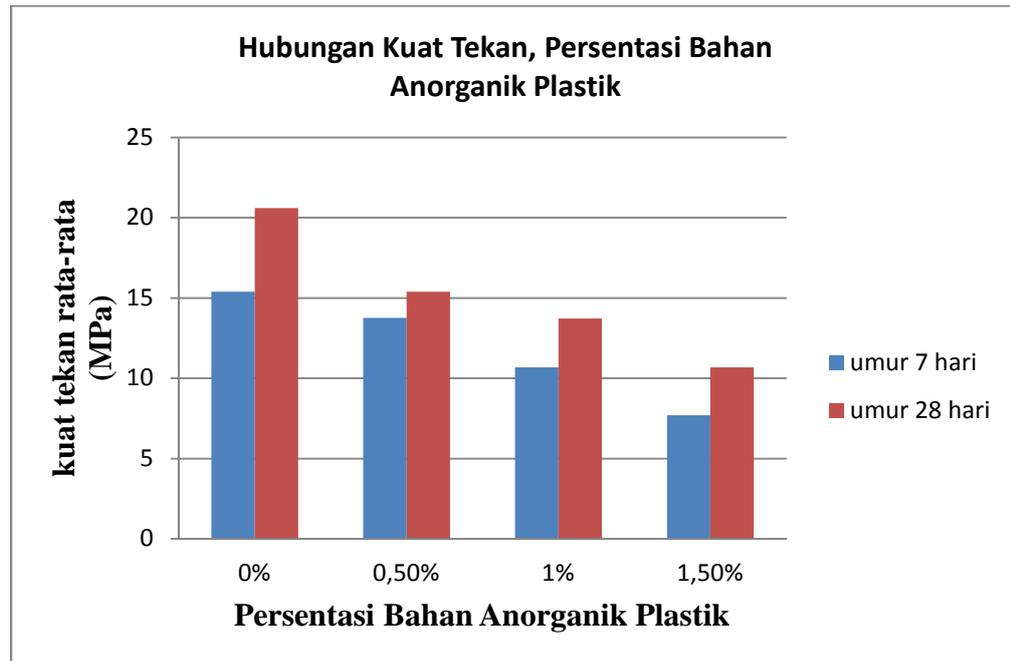
Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa hasil pegujian kuat tekan menunjukkan adanya penurunan nilai kuat tekan. Jika dilihat dari persentase substitusi bahan anorganik plastik, hasil pengujian kuat tekan beton normal ini menunjukkan bahwa persentase substitusi bahan anorganik plastik 0% lebih tinggi dibandingkan 0,5%, 1%, dan 1.5%. Menunjukkan bahwa penggunaan substitusi bahan anorganik plastik tidak berpengaruh pada peningkatan kuat tekan beton normal. Penurunan pada umur 7 hari yang terjadi untuk substitusi bahan anorganik plastik 0,5%, 1%, 1,5%, secara berurutan sebesar 11,89%, 28,83%, 38,75%. Sedangkan penurunan pada umur 28 hari secara berurutan sebesar 33,75%, 12,20%, 28,47%, seperti tersaji pada Tabel 7 dan Tabel 8. Untuk hubungan kuat tekan rata-rata silinder beton terhadap persentasi bahan anorganik plastik diperlikan pada gambar 4.

Tabel 7. Penurunan terhadap persentase substitusi plastik umur 7 hari

Persentase plastik	0%	0,50%	1%	1,50%
Kuat Tekan rata-rata 7 hari	15,396	13,76	10,681	7,698
Persentase Penurunan 7 hari	0	-11,890	-28,827	-38,750

Tabel 8. Penurunan terhadap persentase substitusi plastik umur 28 hari

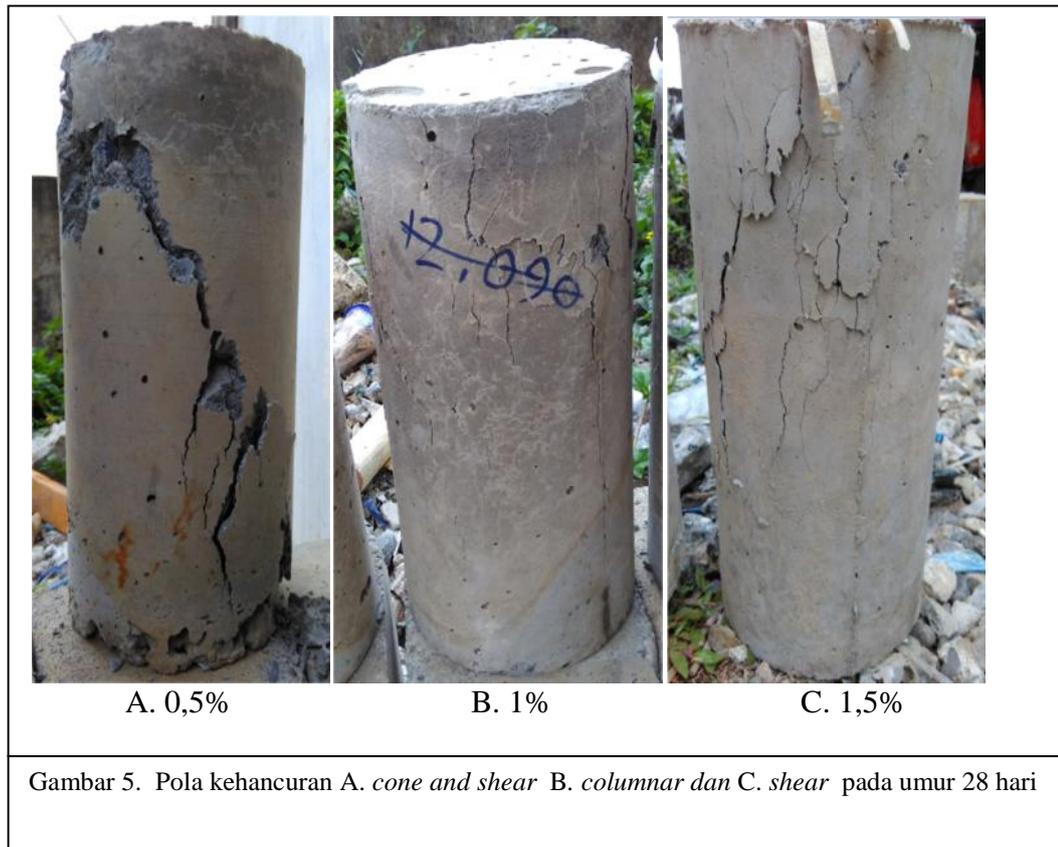
Persentase plastik	0%	0,50%	1%	1,50%
Kuat Tekan rata-rata 28 hari	20,592	15,396	13,722	10,681
Persentase Penurunan 28 hari	0	-33,749	-12,199	-28,471



Gambar 4. Diagram kuat tekan beton pada umur 7 hari dan 28 hari

### 3.2 Pola keruntuhan

Pengamatan pengujian kuat tekan beton dapat dilihat juga beberapa jenis pola kehancuran dari benda uji. Pola kehancuran yang terjadi yaitu cone and shear, columnar dan shear. Pola kehancuran pada umur 28 hari berdasarkan variasi penggunaan substitusi plastik setiap persennya dapat dilihat pada Gambar 5.

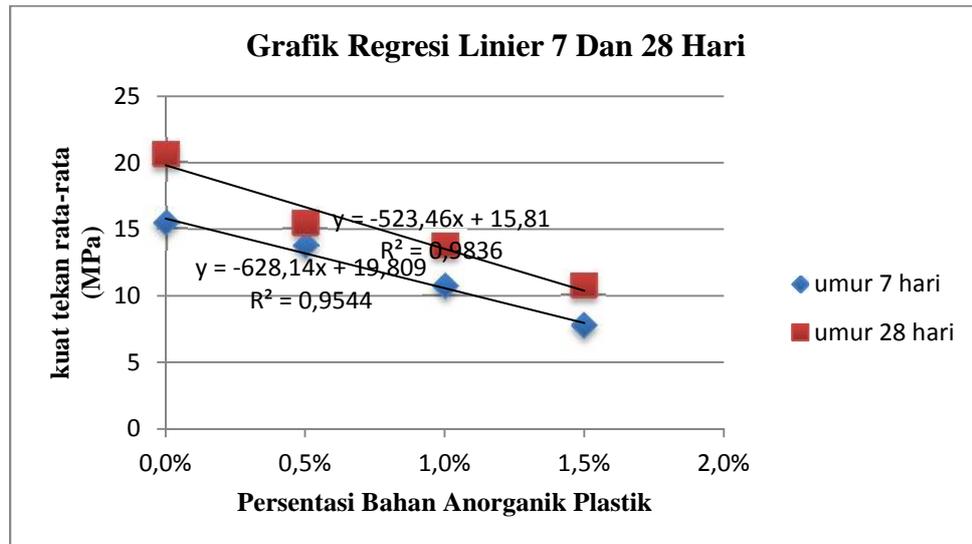


Jenis pola retak yang terjadi pada beton mempunyai kesamaan dengan jenis pola retak yang terdapat pada ASTM Standard 2002. Pola retak dapat terbentuk, karena adanya gaya tekan dari atas dan bawah pada benda uji silinder. Karena kelangsingan silinder, maka menyebabkan pola retak pada beton membentuk garis diagonal, dan cenderung akan hancur kearah samping kiri dan kanan.

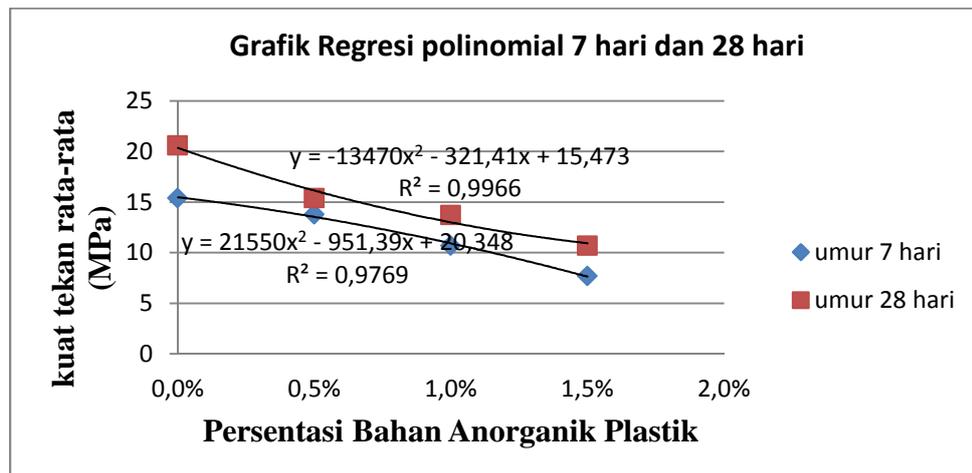
### 3.3 Analisa Regresi

Analisis regresi dihitung terhadap data kuat tekan benda uji. Analisis regresi bertujuan untuk mendapatkan grafik hubungan antara persentase substitusi bahan plastik yang digunakan dengan kuat tekan beton yang dihasilkan. Grafik analisis regresi kuat tekan tersebut diperlihatkan pada gambar

Pengamatan pengujian kuat tekan beton dapat dilihat juga beberapa jenis pola kehancuran dari benda uji. Pola kehancuran yang terjadi yaitu *cone and shear*, *columnar* dan *shear*. Pola kehancuran pada umur 28 hari berdasarkan variasi penggunaan substitusi plastik setiap persennya dapat dilihat pada Gambar 6 dan Gambar 7.



Gambar 6. Grafik regresi linier 7 hari dan 28 hari



Gambar 7. Grafik regresi Polinomial 7 hari dan 28 hari

Dari hasil persamaan-persamaan regresi diatas dapat diketahui bahwa koefisien determinan regresi polinomial berderajat lebih besar dari koefisien determinan regresi linier. Ini menunjukkan bahwa regresi polinomial berderajat dua lebih sesuai digunakan pada penelitian ini.

#### 4. KESIMPULAN

Dari hasil dan pembahasan penelitian yang telah dipaparkan sebelumnya, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil pengujian kuat tekan terbesar diperoleh dari beton yang menggunakan substitusi bahan anorganik plastik 0% pada pengujian umur 7 hari dengan kuat tekan 15,396 MPa, dan pada pengujian umur 28 hari 20,592 Mpa.
2. Penggunaan bahan anorganik plastik terhadap beton normal tidak berpengaruh terhadap kuat tekan beton dan juga mengakibatkan penurunan terhadap kuat tekan beton.

3. Penggunaan bahan anorganik plastik tidak dapat meningkatkan kuat tekan beton, hal ini menunjukkan bahwa tambahan tersebut tidak bisa dipakai sebagai pengganti pasir.

## 5. SARAN

Dari hasil dan pembahasan penelitian yang telah dipaparkan sebelumnya, dapat direkomendasikan saran sebagai berikut:

1. Penggunaan substitusi bahan anorganik plastik terhadap beton sebaiknya harus dihindari karena dapat mengakibatkan penurunan terhadap kuat tekan beton yang disebabkan oleh kurang mengikatnya agregat.
2. Dilihat dari hasil pola kehancuran Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan melakukan pengujian kuat tarik belah beton.
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan mencari substitusi tambahan material lainnya terutama dari bahan-bahan limbah. Sehingga dapat mengurangi pencemaran lingkungan.
4. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan penambahan zat admixture dan additive dengan kadar yang tepat.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anonim, 2015, Pemakaian Tanah Diatomae Dengan Perlakuan Kalsinasi Sebagai Substitusi Semen Untuk Produksi Beton Normal Dengan Fas 0,60 Fakultas Teknik Universitas Teuku Umar, Aceh Barat.
- [2] Anonim, 2011, Metode Pengujian Kuat Tekan Beton. Yayasan LPMB, Jakarta.
- [3] Anonim, 2009, Buku Panduan Penulisan Skripsi Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh.
- [4] Anonim, (1995), Concrete and Agregat. Philadelphia, Annua Book of ASTM Standard Vo.04.02.1995.
- [5] Basriyanto, 2007, Memanen sampah, Kanisus, Yogyakarta.
- [6] Chandra J., 2008, Pengaruh Pemakaian Cacahan Limbah Gelas Plastik Polypropylene (PP) pada Kuat Tarik dan Kuat Lentur Beton, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Jakarta.
- [7] Dantje a. T sina, udiana, I. M., Bernad D. Da Costa, (2012), pengaruh penambahan cacahan limbah plastik jenis High Dentisity Polyethylene (HDPE). Fakultas Teknik, Universitas Nusa Cendana, Kupang.
- [8] Istimawan, D., 1994, Struktur beton bertulang. Gramedia pustaka utama, Jakarta.
- [9] Izzudin, Ary setyawan , SA Kristiawan, (2014), pengaruh penambahan cacahan limbah plastik jenis terhadap karakteristik mekanik dan susut pePAIR mortar. Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.

- 
- [10] Mahendya B., 2008, Penggunaan Limbah botol Plastik (PET) sebagai campuran beton untuk meningkatkan kapasitas tarik belah dan geser, Fakultas Teknik. ITB, Bandung.
- [11] Mulyono, T., (2004), Teknologi Beton. Andi Yogyakarta.
- [12] Nugraha, P., dan Antoni, (2007), Teknologi Beton dan Material, Pembuatan, ke Beton Kinerja Tinggi. Andi, Yogyakarta.
- [13] Rustendi, I., 2004, pengaruh pemamfaatan tempurung kelapa sebagai material serat terhadap kuat tekan dan kuat tarik beton. Jurnal teknik.
- [14] Tjokrodimulyono, K., (2007), Teknologi beton, KMTS FT UGM, Yogyakarta..