

ANALISA PENGARUH PENAMBAHAN PLASTIK JENIS PET (*POLYETHYLENE TEREPHTHALANE*) DAN SUPERPLASTICIZER PADA BETON TERHADAP KUAT TEKAN BETON

¹Fatkha Maulisna Taufik, ¹Khasna Naabila Azilya, ¹Dr.Ir.H. Sumirin, MS,
¹Muhammad Rusli Ahyar, ST, M.Eng.

¹ Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung

*Corresponding Author:

fatkha.maulisna2003@gmail.com

Abstrak

Pertumbuhan ekonomi, pola konsumsi, dan peningkatan produksi manusia berpengaruh pada peningkatan sampah plastik, terutama di Indonesia. Untuk mengatasinya dalam dunia konstruksi dilakukan berbagai inovasi mengenai beton menggunakan berbagai bahan tambah. Untuk mengurangi dampak limbah plastik yang sulit diuraikan. Limbah botol plastik PET (Poly Ethylene Terephthalate) digunakan sebagai pengganti agregat halus dalam beton. Digunakannya superplasticizer untuk meningkatkan slump dan workability untuk mengurangi penggunaan air (FAS/faktor air semen).

Pada penelitian ini dilakukan penelitian eksperimen dilaboratorium dengan 8 Variasi yang dibuat yaitu variasi 0% PET dan 0% SP, variasi 0% dan 0,5% SP, variasi 2% PET dan 0% SP, variasi 2% PET dan 0,5% SP, variasi 3% dan 0% SP, variasi 3% dan 0,5% SP, variasi 4% dan 0% SP, dan variasi 4% dan 0,5% SP.

Penelitian menunjukkan bahwa penambahan PET dan superplasticizer memengaruhi kuat tekan beton. Pada 28 hari, beton dengan campuran 0%, 2%, 3% tanpa superplasticizer meningkat kuat tekannya menjadi 23,08 mpa, tetapi ketika campuran PET 4% kuat tekannya turun menjadi 22,64 mpa. Selanjutnya, beton dengan campuran 0%, 2%, 3% dengan superplasticizer 0,5% meningkat kuat tekannya menjadi 30,69 mpa, tetapi ketika campuran PET 4% SP 0,5% kuat tekannya turun menjadi 25,05 Mpa.

Kata Kunci: Kuat tekan, PET, Superplasticizer.

Abstract

Economic growth, consumption patterns and increased human production have an impact on increasing plastic waste, especially in Indonesia. To overcome this, in the world of construction, various innovations have been made regarding concrete using various additional materials. To reduce the impact of plastic waste which is difficult to decompose. PET (Poly Ethylene Terephthalate) plastic bottle waste is used as a substitute for fine aggregate in concrete. Superplasticizer is used to increase slump and workability to reduce water use (FAS/cement water factor).

In this research, experimental research was carried out in the laboratory with 8 variations made, namely variations of 0% PET and 0% SP, variations of 0% and 0.5% SP, variations of 2% PET and 0% SP, variations of 2% PET and 0.5% SP, variations of 3% and 0% SP, variations of 3% and 0.5% SP, variations of 4% and 0% SP, and variations of 4% and 0.5% SP.

Research shows that the addition of PET and superplasticizers affects the compressive strength of concrete. At 28 days, the compressive strength of concrete with a mixture of 0%, 2%, 3% without superplasticizer increased to 23.08 MPa, but when the PET mixture was 4% the compressive strength decreased to 22.64 MPa. Furthermore, concrete with a mixture of 0%, 2%, 3% with 0.5% superplasticizer increased its compressive strength to 30.69 Mpa, but when mixed with PET 4% SP 0.5% the compressive strength decreased to 25.05 Mpa.

Keywords: Compressive Strength, PET, Superplasticizer

1. PENDAHULUAN

Salah satu elemen umum dalam bangunan struktural dan non-struktural adalah beton. Agregat, semen, air, dan kombinasi tambahan dalam rasio tertentu adalah komponen beton. Penggunaan beton harus disesuaikan dengan kebutuhan konstruksi yang dibangun. Sehingga, para insinyur/ahli sipil maupun pemilik bangunan (*owner*) harus mengetahui macam-macam beton berdasarkan fungsi, material dan kekuatannya. Macam-macam beton diantaranya beton tulangan, beton prategang, beton *pre-test*, beton ringan, dan sebagainya. Sifat bahan dasar, jenis bahan yang dipilih, rasio nilai campuran, teknik mencampur, teknik kerja yang digunakan saat menuangkan campuran beton, teknik kompresi, dan teknik pemeliharaan yang digunakan selama proses penyemprotan (yang membutuhkan waktu sekitar 28 hari) semuanya mempengaruhi kekuatan, daya tahan, dan sifat lainnya dari beton.

Beton terdiri dari bahan-bahan yang mudah diperoleh, dan mudah terbentuk ke dalam bentuk yang diperlukan. Oleh karena itu dapat digunakan sebagai bahan bangunan dan memiliki kualitas yang cocok untuk berbagai situasi dan aplikasi.

Air, semen portland, agregat kasar, dan agregat halus termasuk bahan pembuatan beton, masing-masing memiliki tujuan dan dampak yang unik. Tekanan yang kuat adalah salah satu karakteristik utama beton. Kapasitas suatu struktur untuk menyerap gaya tekanan per satuan permukaan disebut gaya tekanan. Menurut SNI 03-3449-2002 kuat tekan pada konstruksi bangunan jenis struktural ringan minimum 6,89 MPa dan untuk maksimum 17 MPa. Sedangkan untuk jenis struktural (menengah ke atas) minimumnya 17 MPa dan maksimumnya 41 MPa. Faktor- faktor yang menentukan mutu campuran beton antara lain umur serat beton, cara kerja (pencampuran, pengangkutan, pemadatan, dan pengawetan), gradasi agregat, ukuran agregat maksimum, mutu semen udara, dan pengujian bahan untuk menjamin bahwa campuran tersebut, dibuat dengan kualitas yang baik sesuai dengan perencanaan awal (Tjokrodiluljo, 1996).

Seiring berkembang pesatnya teknologi pada saat ini semakin dituntut adanya alternatif yang terlahir dari beberapa penelitian yang intinya adalah dapat menciptakan suatu temuan baru atau paling tidak dapat mengembangkan penelitian terdahulu, sehingga diharapkan dapat menghasilkan produk teknologi beton yang semakin bermutu dan efisien. Salah satu alternatif bahan tambah yang digunakan yang bersifat fisikal adalah serat *Poly Ethylene Terephthalate*. Serat ini merupakan serat yang memiliki berat jenis yang rendah dan tidak menyerap air, sehingga serat ini tidak merubah fisik beton secara signifikan namun dapat merubah sifat mekanik beton (Yunda dkk. 2023; Muhammad Wijaya dkk 2021; Pratikto 2011). Kami berhipotesis bahwa dengan mengkombinasikan serat *Poly Ethylene Terephthalate* dengan bahan tambahan super plasticizer yang dapat meningkatkan sifat mekanik bahan yang lebih baik terutama kekuatan tarik dan tekan beton, sehingga penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penambahan serat *Poly Ethylene Terephthalate* serta *super plasticizer* terhadap kuat tekan beton dengan variasi serat *Poly Ethylene Terephthalate* pada campuran beton adalah 0%, 2%, 3%, 4% dan super plasticizer sebesar 0%, 0,5%, dari berat semen untuk semua variasi, menggunakan pendekatan *experimental*. Diharapkan penelitian ini dapat menjadi wawasan serta acuan dalam mengembangkan karakteristik beton yang lebih efektif terutama sifat mekanik.

2. METODE

Persiapan Material yang akan digunakan untuk membuat beton mutu tinggi ialah material semen portland, agregat kasar, agregat halus dan air dengan tambahan serat *Poly Ethylene Terephthalate* dan *superplasticizer*. Semen yang akan digunakan dalam penelitian ini yaitu semen Portland tipe I yang diproduksi oleh PT. Semen Gresik, yang tidak memerlukan persyaratan khusus dalam penggunaannya karena telah memenuhi Standar

Nasional Indonesia (SNI 15-0302 2004). Agregat halus (pasir) yang digunakan dalam penelitian ini yaitu pasir muntilan. Sedangkan Agregat kasar (batu pecah) yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Gringsing, Batang, Jawa tengah.

Pemeriksaan terhadap agregat kasar (batu pecah) dan agregat halus (pasir) sebagai material pembentuk beton perlu dilakukan untuk mendapatkan mutu material yang baik (SNI 2002). Pemeriksaan ini dilakukan terhadap sifat-sifat agregat yang meliputi analisa saringan (*sieve analysis*), berat jenis (*specific gravity*), penyerapan (*absorption*), dan berat volume (*bulk density*).

Metode yang digunakan adalah trial and error pada benda uji silinder 150 mm x 300 mm. Variasi penggunaan *Poly Ethylene Terephthalate* dengan persentase 0%, 2%, 3%, 4% sedangkan variasi persentase *superplasticizer* adalah 0%, dan 0,5% dari berat semen. Agregat kasar yang digunakan adalah batu pecah yang disaring berdasarkan ukuran ayakan nomor 4. Sebagai pembanding dibuat beton tanpa penambahan serat *Poly Ethylene Terephthalate* dan *superplasticizer* yaitu 0%.

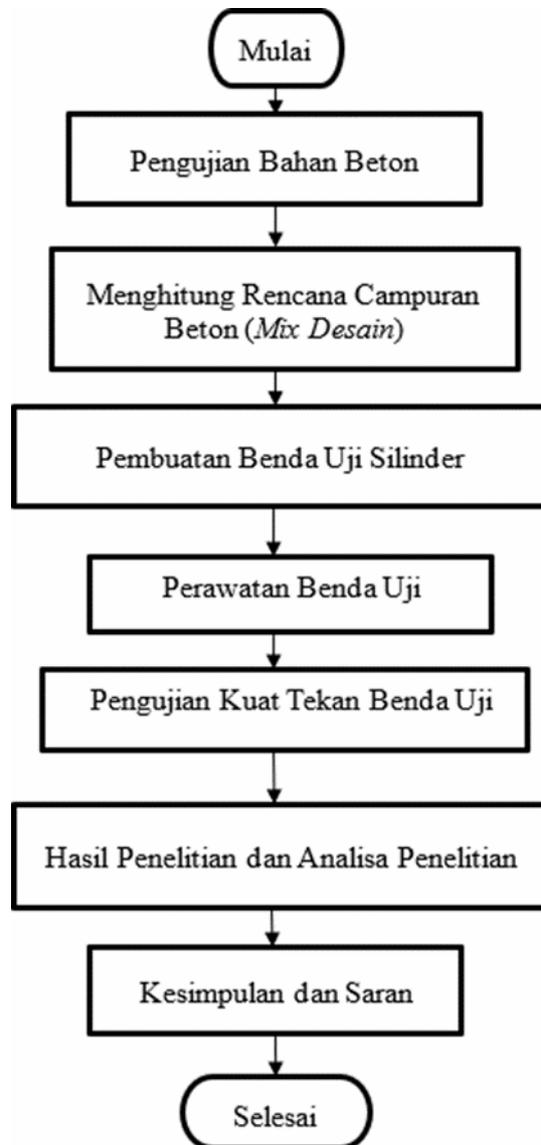
Untuk memulai pembuatan beton berkualitas tinggi, langkah pertama adalah mencampur bahan-bahan pembentuk beton seperti agregat halus (pasir), agregat kasar (batu pecah), semen, dan air bersama dengan *superplasticizer*. Campuran bahan tersebut kemudian dimasukkan ke dalam mesin pencampur beton untuk diaduk secara merata. Setelah itu, dilakukan pengujian beton segar dengan mengukur slump dan suhu beton. Beton kemudian dimasukkan ke dalam cetakan dan dibiarkan selama 24 jam. Untuk pembuatan beton serat Untuk memulai pembuatan beton berkualitas tinggi, langkah pertama adalah mencampur bahan-bahan pembentuk beton seperti agregat halus (pasir), agregat kasar (batu pecah), semen, dan air bersama dengan *superplasticizer*. Campuran bahan tersebut kemudian dimasukkan ke dalam mesin pencampur beton untuk diaduk secara merata. Setelah itu, dilakukan pengujian beton segar dengan mengukur slump dan suhu beton. Beton kemudian dimasukkan ke dalam cetakan dan dibiarkan selama 24 jam. Untuk pembuatan beton serat poly ethylene terephthalate, semen portland tipe I dicampur dengan agregat kasar (batu pecah), agregat halus (pasir), air, dan *superplasticizer* dengan persentase pencampuran 0%, dan 0,5%. Komposisi adukan disesuaikan dengan persentase benda uji yang diinginkan. Kemudian, serat *poly ethylene terephthalate* ditambahkan ke dalam adukan dengan variasi volume beton 0%, 2%, 3% dan 4%. Sebagai pembanding, juga dibuat beton tanpa penambahan serat poly ethylene terephthalate dan *superplasticizer* sebesar 0%. Setelah adukan beton diaduk merata, cetakan diisi secara bertahap dan silih berganti dengan serat *poly ethylene terephthalate* agar beton terisi secara merata. Selanjutnya, dilakukan pengujian beton segar dengan mengukur slump test dan suhu beton. Beton kemudian dimasukkan ke dalam cetakan dan dibiarkan selama 24 jam. Setelah itu, dilakukan perendaman beton dalam kolam perendaman sesuai dengan umur rencana. Pengujian kuat tekan silinder dilakukan setelah beton mencapai umur rencana, yaitu pada umur 7, dan 28 hari.

Kekuatan beton biasanya meningkat seiring bertambahnya umur beton, dan sering kali dihitung pada umur 7, dan 28 hari. Kekuatan tekan beton merupakan sifat yang sangat penting dari beton, dan biasanya berkorelasi dengan sifat-sifat lainnya. Jika kekuatan tekan beton tinggi, maka sifat-sifat lainnya juga cenderung baik (Tjokrodinuljo 2007). Kekuatan tekan beton umumnya berkisar antara 200 kg/cm² hingga 500 kg/cm², dan diukur dengan menggunakan tata cara pengujian standar yang melibatkan mesin uji dan pemberian beban tekan bertingkat dengan kecepatan peningkatan tertentu. Mutu kekuatan beton dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti proporsi bahan penyusun, metode pencampuran, perawatan, dan kondisi saat pengecoran [1]. Standar pengujian yang sering digunakan adalah (ASTM C39 / C39M-18 and Specimens. 2019), dan rumus yang digunakan untuk menghitung kekuatan tekan beton dapat dilihat pada persamaan 1:

f_c(1)

dimana: f_c adalah kuat desak beton (MPa), P adalah beban maksimum (N), A adalah luas penampang benda uji (mm^2).

Berikut merupakan diagram alir penelitian :



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini melibatkan pengujian kuat tekan silinder beton menggunakan mesin uji kompresi (CTM). Benda uji yang digunakan adalah silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Terdapat delapan variasi objek uji yang berbeda, dengan masing-masing variasi memiliki tiga sampel. Pengujian dilakukan dengan rencana satu sampel diuji selama 7 hari dan dua sampel diuji selama 28 hari. Sebelum pengujian dilakukan, belerang harus diaplikasikan pada benda uji untuk membuat lapisan penutup (capping). Penutup dipasang pada beton saat pengujian untuk memastikan distribusi beban aksial yang merata di sepanjang bidang tekan beton. Dalam proses pengujian, ketika mesin diberi beban tertentu, nilai tegangan tertinggi yang dihasilkan oleh mesin uji kompresi pada penampang dapat menyebabkan kerusakan pada benda uji. Berikut hasil pengujian kuat tekan beton :

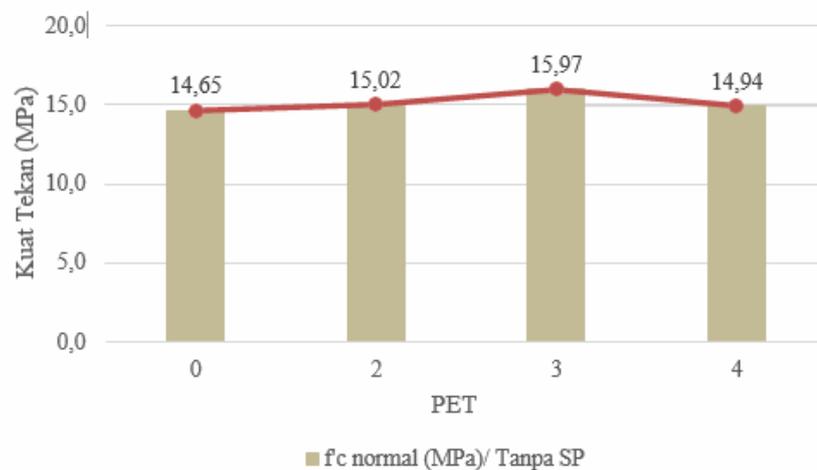
1. Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 7 Hari

Tabel 1. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 7 Hari

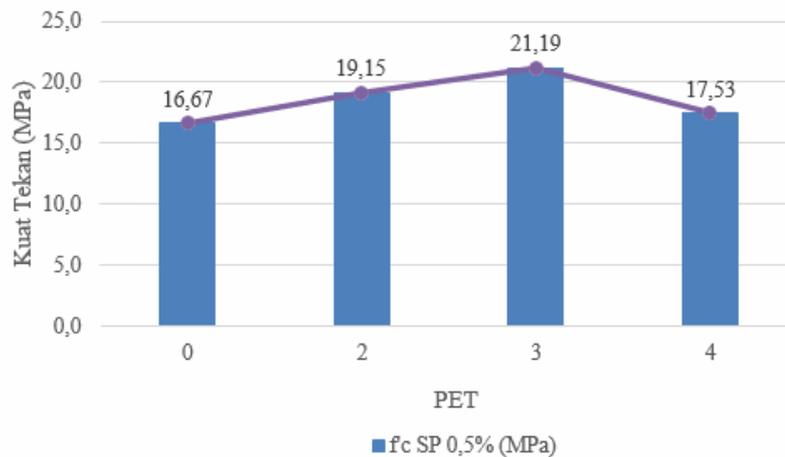
No	Variasi		Beban Maximum (kN)	Kuat Tekan (MPa)
	PET	SP		
1	0%	0%	259,00	14,65
2	0%	0,5%	294,53	16,67
3	2%	0%	268,68	15,02
4	2%	0,5%	338,47	19,15
5	3%	0%	274,10	15,97
6	3%	0,5%	373,03	21,19
7	4%	0%	264,06	14,94
8	4%	0,5%	308,89	17,53

Tabel 2. Perbandingan Kuat Tekan Beton Normal dengan PET dan *Superplasticizer* 0,5% Pada Umur 7 Hari

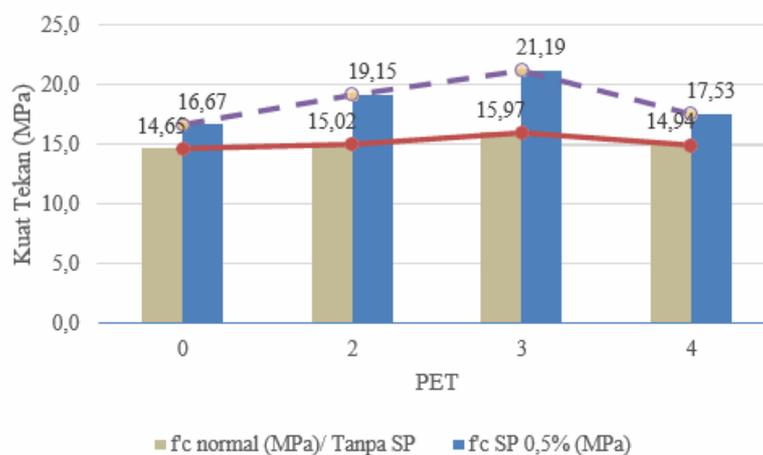
PET	$f'c$ Normal (MPa)/ Tanpa SP	$f'c$ SP 0,5% (MPa)	$\frac{f'c \text{ SP}}{f'c \text{ Normal}}$
0%	14,65	16,67	1,14
2%	15,02	19,15	1,28
3%	15,97	21,19	1,33
4%	14,94	17,53	1,17



Gambar 2. Hasil Penujian Kuat Tekan Beton Normal Tambahan PET Umur 7 Hari



Gambar 3. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton dengan Tambahan PET dan *Superplasticizer* 0,5% Umur 7 Hari



Gambar 4. Perbandingan Kuat Tekan Antara Beton Normal dengan PET dan Beton dengan Tambahan PET + *Superplasticizer* 0,5% Umur 7 Hari

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan beton umur 7 hari yang paling optimum yaitu variasi PET 3% dan *Superplasticizer* 0,5% dengan kuat tekan 21,189 MPa. Kuat tekan pada beton campuran 0% - 3% mengalami peningkatan seiring bertambahnya PET, namun pada campuran PET 4% beton mengalami penurunan kuat tekan. Hasil dari beton campuran PET menunjukkan nilai kuat tekan yang lebih besar dibanding beton normal. Namun, beton yang dibuat dengan campuran PET dan superplasticizer 0,5% memiliki kekuatan tekan yang jauh lebih besar daripada beton yang dibuat hanya dengan campuran PET. Sebab beton dengan bahan tambah superplasticizer dapat meningkatkan nilai workability untuk menjamin kuat lekat yang tinggi, kemudian beton dengan superplasticizer juga mengalami kepadatan yang lebih baik karena memungkinkan nilai permeabilitasnya rendah dengan ketahanan memadai terhadap kondisi udara sekitar.

Kemudian dari hasil kuat tekan beton umur 7 hari tersebut bisa menjadi acuan untuk mengetahui hasil dari JMF (Job Mix Formula) apakah sudah mencapai mutu rencana kuat tekan beton umur 28 hari. Untuk mengecek hal tersebut bisa menggunakan faktor konvensi dari PBI yaitu kuat tekan beton sampel pada umur 7 hari dikali 0,7 untuk mengetahui kuat tekan beton sampel pada umur 28 hari sudah sesuai rencana atau belum.

2. Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari

Menurut SNI 1974:2011 tentang cara uji tekan beton silinder, benda uji dilakukan perawatan, kemudian ditimbang dan diukur diameter dan ketinggiannya. Setelah itu, dilakukan proses capping untuk membuat permukaan yang rata dan datar pada silinder beton. Karena beton mencapai sekitar 99% dari kekuatannya dan terus bertambah selama penggunaan, evaluasi beton biasanya dilakukan setelah 28 hari, yang merupakan norma kuat tekan beton.

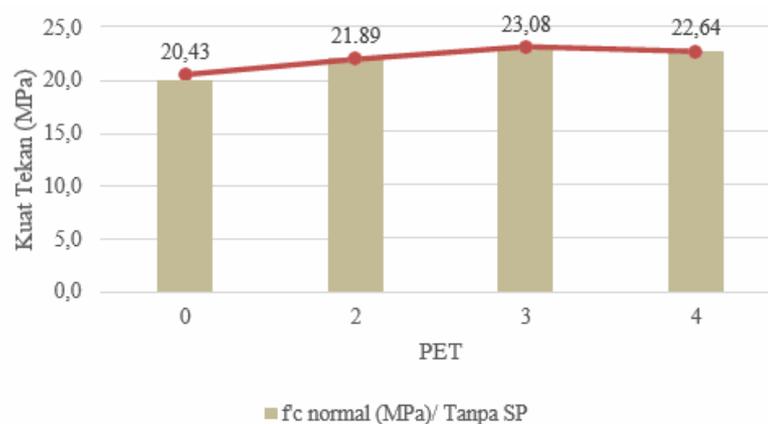
Berikut hasil kuat tekan beton umur 28 hari:

Tabel 3. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari

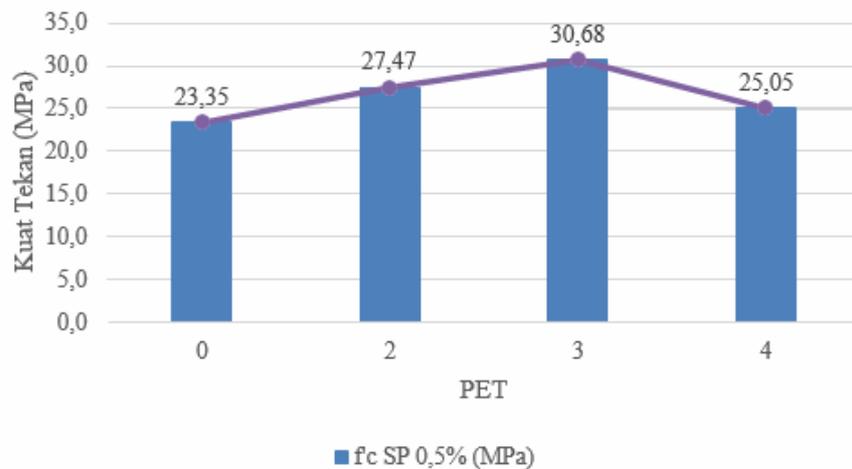
No. Sampel	Variasi		Beban Maximum (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan rata – rata (MPa)
	PET	SP			
BA 1	0%	0%	357,86	20,24	20,43
BA 2	0%	0%	360,72	20,63	
BB 1	0%	0.5%	416,30	23,55	23,35
BB 2	0%	0.5%	409,28	23,16	
BC 1	2%	0%	373,03	21,19	21,89
BC 2	2%	0%	382,04	22,59	
BD 1	2%	0.5%	511,19	28,92	27,47
BD 2	2%	0.5%	459,96	26,03	
BE 1	3%	0%	395,06	22,35	23,08
BE 2	3%	0%	420,86	23,81	
BF 1	3%	0.5%	536,10	30,33	30,68
BF 2	3%	0.5%	548,56	31,04	
BG 1	4%	0%	387,57	21,92	22,64
BG 2	4%	0%	412,74	23,35	
BH 1	4%	0%	442,09	24,30	25,05
BH 2	4%	0.5%	455,80	25,79	

Tabel 4. Perbandingan Kuat Tekan Beton Normal dengan PET dan Superplasticizer 0,5% Umur 28 Hari

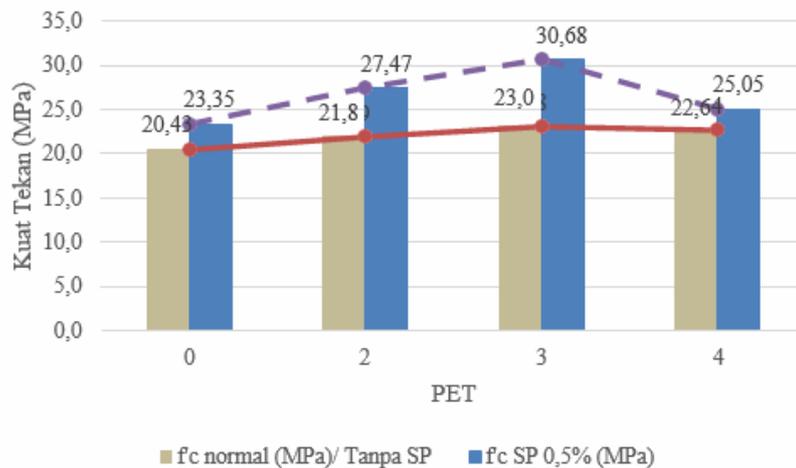
PET	$f'c$ Normal (MPa)/ Tanpa SP	$f'c$ SP 0,5% (MPa)	$\frac{f'c \text{ SP}}{f'c \text{ Normal}}$
0%	20,43	23,35	1,14
2%	21,89	27,47	1,26
3%	23,08	30,68	1,33
4%	22,64	25,04	1,11



Gambar 5. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Normal Tambahan PET Umur 28 Hari



Gambar 6. Hasil Pengujian Kuat Teakan Beton dengan Tambahan PET dan *Superplasticizer* 0,5% Umur 28 Hari



Gambar 4.14. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Antara Beton Normal dengan PET dan Beton dengan Tambahan PET + *Superplasticizer* 0,5% Umur 28 Hari

Variasi yang paling optimum dengan rata-rata kuat tekan beton sebesar 30,684 MPa adalah PET 3% dan *superplasticizer* 0,5%, berdasarkan hasil pengujian kuat tekan beton setelah umur 28 hari. Kuat tekan beton meningkat pada kadar PET 0%, 2%, dan 3%, baik dengan maupun tanpa *superplasticizer* 0,5%; Namun pada PET 4%, kuat tekan beton menurun. Untuk penambahan PET kadar 0%, 2%, dan 3% saja tanpa disertai *superplasticizer* kuat tekan beton meningkat namun tidak sebesar jika dengan penambahan *superplasticizer* 0,5%.

Hasil dari pengujian beton normal PET dengan SP (*superplasticizer*) lebih signifikan peningkatannya dibandingkan beton normal PET tanpa SP. Beton dengan umur 28 hari tanpa SP menunjukkan peningkatan sebesar 3% sedangkan beton dengan umur 28 hari bahan tambah PET dan SP 0,5% menunjukkan peningkatan lebih besar yaitu dengan prosentase 6,88%.

Untuk perbandingan kuat tekan beton normal campuran PET dan beton normal campuran PET serta *superplasticizer* 0,5% umur 28 hari, dengan hasil untuk beton normal dengan PET didapatkan kuat tekan optimumnya yaitu 23,08 MPa. Sedangkan untuk beton

normal campuran PET serta *superplasticizer* 0,5% dengan kuat optimum yang lebih bagus yaitu 30,68 MPa dengan nilai perbandingan 1,33.

Pengaruh penambahan plastik PET terhadap kuat tekan beton adalah semakin besar prosentase yang ditambahkan akan mengakibatkan kuat tekan beton menurun karena sifat plastik yang licin. Sehingga dalam jumlah banyak plastik tidak akan terikat oleh semen dengan baik. Kemudian sifat tahan air pada plastic menyebabkan sulitnya daya serap air.

Superplasticizer meningkatkan kemampuan kerja beton segar, yang mengencerkan beton sehingga pasta semen dapat mengisi pori-pori agregat dan melepaskan udara yang terperangkap. Hal ini berdampak pada kuat tekan beton. Kemampuan kerja yang tinggi meningkatkan kekakuan dan kekuatan beton tanpa menurunkan sifat beton keras. Namun jika penambahan *superplasticizer* dengan dosis yang tinggi atau lebih banyak dapat menimbulkan kekuatan beton justru berkurang. *Superplasticizer* juga dapat membuat beton dengan permeabilitas berkurang, atau kedap udara lebih besar, dengan menggunakan lebih sedikit udara dan semen. *Superplasticizer* yang tinggi juga menyebabkan beton lebih cepat menggumpal dan relatif cepat kehilangan *slump* karena melampaui titik jenuh, sehingga menghambat proses hidrasi beton dan menyebabkan *segregasi* pada beton pada saat *curing* (pemisahan antara pasta semen dengan agregat). *Superplasticizer* ini mampu mengurangi kebutuhan air sampai 12% atau bahkan lebih karena termasuk zat admixture tipe F yaitu *High Range Water Reducer*. Dengan berkurangnya penggunaan air (Faktor Air semen) membuat kuat tekan menjadi lebih tinggi di umur – umur awal hingga target umur rencana.

Kekuatan suatu beton juga dipengaruhi oleh hubungan antara umur beton dengan kuat tekannya. Peningkatan yang signifikan ini disebabkan oleh terhambatnya proses hidrasi beton, hal ini dapat diatasi dengan mengolah campuran komponen- komponen dalam beton dalam jangka waktu yang lebih lama hingga terhidrasi sempurna.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari pemeriksaan dan pembahasan benda uji silinder beton adalah sebagai berikut:

1. Dari penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan campuran plastik PET dan *superplasticizer* dalam pembuatan beton dapat meningkatkan sifat mekanis pada beton diantaranya nilai *slump* test beton campuran PET dan *superplasticizer* lebih besar dibandingkan beton normal, berat volume beton campuran PET dan *superplasticizer* lebih tinggi dibandingkan beton normal serta pada kuat tekan beton campuran PET dan *superplasticizer* lebih tinggi dibandingkan beton normal.
2. Pengujian ini menunjukkan peningkatan yang cukup signifikan pada kuat tekan beton normal PET dengan penambahan *superplasticizer* dibandingkan dengan beton normal PET tanpa *superplasticizer*. Pada umur 28 hari, peningkatan beton normal PET tanpa SP adalah 3%, sementara beton dengan penambahan PET dan SP 0,5%, peningkatan mencapai 6,88%. Kuat tekan optimum beton normal dengan PET adalah 23,08 MPa, sedangkan kuat tekan beton campuran PET dengan SP 0,5% memberikan kuat tekan optimum 30,68 MPa dengan perbandingan 1,33.

DAFTAR PUSTAKA

- Belakang, A. L., Penelitian, B. T., & Penelitian, C. M. (2018). PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH PLASTIK TERHADAP KUAT TEKAN MUTU BETON K-175 C . Semen Portland. 8(2), 68–75.
- Handayasari, I. (2017). Studi Alternatif Bahan Konstruksi Ramah Lingkungan Dengan Pemanfaatan Limbah Plastik Kemasan Air Mineral Pada Campuran Beton. Jurnal Poli-Teknologi, 16(1), 1–6.
- Isnawati. (2015). Pengaruh Penambahan Agregat Limbah Plastik Terhadap Kuat Tekan Beton. *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952.
- Kamaliah, K., & Handayani, N. (2020). Pemanfaatan Limbah Plastik Jenis PET (Poly Ethylene Terephthalate) Pada Pembuatan Beton Mutu Rendah Di Kota Palangka Raya. *Media Ilmiah Teknik Lingkungan*, 5(1), 1–7.
- Wahyudi, Y., Indriani, A. M., & Utomo, G. (2023). ANALISIS KUAT TEKAN BETON MODIFIKASI POLYETHYLENE TEREPHTHALATE (PET).
- Wijaya, M. (2021). LIMBAH PLASTIK POLYETHYLENE TEREPHTHALATE (PET) SEBAGAI SUBSTITUSI AGREGAT KASAR PADA CAMPURAN BETON RINGAN.
- Pratikto, P. (2011). Pemanfaatan Superplasticizer Pada Beton Ringan Struktural Beragregat Limbah Botol Plastik Jenis Pet (Poly Ethylene Terephthalate). *Jurnal Poli-Teknologi*, 10(1).
- Nasional, B. S. (1996). SNI 03-4142-1996: Metode pengujian jumlah bahan dalam agregat yang lolos saringan no. 200 (0,075 mm). Jakarta: Badan Standardisasi Nasional, 6.
- Nasional, B. S. (2000). SNI 03-2834-2000: Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional, 36.
- Nasional, B. S. (2002). SNI 03-3449-2002: Tata cara pembuatan campuran beton ringan dengan agregat ringan. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional, 32.
- Nasional, B. S. (2008). SNI 1970-2008: Cara uji berat jenis dan penyerapan air. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional, 18.
- Nasional, B. S. (2008). SNI 1972-2008: Cara uji slump beton. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional, 11.
- Nasional, B. S. (2011). SNI 1971-2011: Cara uji kadar air total agregat dengan pengeringan. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional, 11.
- Nasional, B. S. (2011). SNI 1974-2011: Cara uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder . Jakarta: Badan Standardisasi Nasional, 11.
- Nasional, B. S. (2011). SNI 2493-2011: Tata cara pembuatan dan perawatan benda uji beton di laboratorium. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional, 23.
- Nasional, B. S. (2011). SNI 4431-2008: Cara uji kuat lentur beton normal dengan dua titik pembebanan. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional, 16.
- Nasional, B. S. (2012). SNI ASTM C136-2012: Metode uji untuk analisis saringan agregat halus dan agregat kasar. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional, 24.
- Nasional, B. S. (2016). SNI 1969-2016: Metode uji berat jenis dan penyerapan air agregat kasar. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional, 23.
- Sartika Nisumanti, D. H. (2016). Penggunaan Sika Viscocrete 3115 Untuk Memudahkan Pekerjaan (workability Beton Mutu Tinggi K.350 dan Kuat Tekan Beton). 4(3), 107-113.

Supratikno, S., & Ratnanik, R. (2019). Pemanfaatan Limbah Plastik Sebagai Pengganti Agregat Kasar pada Adukan Beton. *Jurnal Teknik Sipil ITP*, 6(1), 21– 29.