

Pengaruh Penggunaan Bahan Tambah *Polyethylene Terephthalate* (Pet) Dan *Fly Ash* Terhadap Kinerja Beton F'c 20 Mpa

Imanuela Manorek¹, Fery Sondakh², Sandri Linna Sengkey³

Program Studi Konstruksi Bangunan Gedung, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Manado
Jl. Raya Politeknik, Desa Buha, Kecamatan Mapanget, Kota Manado, Sulawesi Utara, 95252

*E-mail : (¹imanuelamanorek30@gmail.com),
(²sandrisengkey33@gmail.com),(³ferysondakh07@gmail.com)

Abstrak: Beton merupakan salah satu material konstruksi yang banyak digunakan karena memiliki kuat tekan yang tinggi dan bahan penyusunnya relatif mudah diperoleh. Seiring meningkatnya permasalahan lingkungan akibat limbah plastik, khususnya *Polyethylene Terephthalate* (PET), diperlukan upaya pemanfaatan kembali limbah tersebut sebagai material alternatif dalam bidang konstruksi. Pemanfaatan PET sebagai bahan tambah beton dapat menjadi salah satu upaya mengurangi limbah plastik sekaligus mendukung pengembangan material konstruksi yang lebih ramah lingkungan dengan memanfaatkan material yang tersedia secara lokal. Selain itu, penggunaan *Fly Ash* yang merupakan produk sampingan dari Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU II) Amurang, Sulawesi Utara turut mendukung pemanfaatan limbah sebagai material dalam campuran beton. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan PET dan *Fly Ash* terhadap sifat mekanis beton serta membandingkan kinerja beton normal dengan beton yang menggunakan *Fly Ash* 30% dan PET 0,6% serta 1%. Penelitian dilakukan secara eksperimental di Laboratorium Uji Bahan Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Manado. Benda uji menggunakan beton berbentuk silinder dengan diameter 100 mm dan tinggi 200 mm dengan mutu rencana 20 MPa. Pengujian meliputi pengujian slump, kuat tekan pada umur 7, 14, dan 28 hari, serta kuat tarik belah pada umur 7 dan 28 hari. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai slump beton normal sebesar 6,0 cm, *Fly Ash* 30% sebesar 3,5 cm, *Fly Ash* 30% + PET 0,6% sebesar 4,2 cm, dan *Fly Ash* 30% + PET 1% sebesar 4,8 cm. Pada umur 28 hari, beton normal menghasilkan kuat tekan tertinggi sebesar 20,87 MPa, diikuti *Fly Ash* 30% sebesar 19,06 MPa, *Fly Ash* 30% + PET 0,6% sebesar 19,03 MPa, dan *Fly Ash* 30% + PET 1% sebesar 18,31 MPa. Sementara itu, kuat tarik belah umur 28 hari berturut-turut sebesar 2,51 MPa, 2,40 MPa, 1,62 MPa, dan 1,13 MPa. Berdasarkan hasil tersebut, penggunaan *Fly Ash* 30% + PET 0,6% memberikan kinerja yang lebih baik dibandingkan penggunaan PET 1%, terutama berdasarkan nilai kuat tekan umur 28 hari. Pemanfaatan PET dan *Fly Ash* dalam penelitian ini menunjukkan potensi penggunaan limbah sebagai material alternatif lokal yang dapat mendukung penerapan konsep konstruksi yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan.

Kata kunci: beton, *Fly Ash*, *Polyethylene Terephthalate* (PET), kuat tekan, kuat tarik belah.

Abstract: Concrete is a widely used construction material due to its high compressive strength and the relative ease of obtaining its constituent materials. With the rising environmental issues caused by plastic waste—specifically *Polyethylene Terephthalate* (PET)—efforts are needed to repurpose this waste as an alternative construction material. Utilizing PET as a concrete additive offers a way to reduce plastic waste while supporting the development of more eco-friendly construction materials through the use of locally available resources. Additionally, the use of *Fly Ash*—a byproduct of the North Sulawesi II Steam Power Plant—further supports the utilization of waste materials in concrete mixtures. This study aims to determine the effect of using PET and *Fly Ash* on the mechanical properties of concrete and to compare the performance of normal concrete with concrete containing 30% *Fly Ash* and PET at levels of 0.6% and 1%. The research was conducted experimentally at the Materials Testing Laboratory of the Civil Engineering Department, Manado State Polytechnic. Cylindrical specimens with a diameter of 100 mm and a height of 200 mm were used, with a design strength of 20 MPa. Testing included slump tests, compressive strength tests at 7, 14, and 28 days, and splitting tensile strength tests at 7 and 28 days. The test results indicate slump values of 6.0 cm for normal concrete, 3.5 cm for the 30% *Fly Ash* mix, 4.2 cm for the 30% *Fly Ash* + 0.6% PET mix, and 4.8 cm for the 30% *Fly Ash* + 1% PET mix. At 28 days, normal concrete yielded the highest compressive strength at 20.87 MPa, followed by the 30% *Fly Ash* mix at 19.06 MPa, the 30% *Fly Ash* + 0.6% PET mix at 19.03 MPa, and the 30% *Fly Ash* + 1% PET mix at 18.31 MPa. Meanwhile, the splitting tensile strengths at 28 days were 2.51 MPa, 2.40 MPa, 1.62 MPa, and 1.13 MPa, respectively. Based on these results, the use of 30% *Fly Ash* and 0.6% PET yielded better performance than the use of 1% PET, particularly regarding the 28-day compressive strength. The utilization of PET and *Fly Ash* in this study demonstrates the potential of using waste materials as local alternatives that can support the implementation of more eco-friendly and sustainable construction practices.

Keywords: concrete, *Fly Ash*, *Polyethylene Terephthalate* (PET), compressive strength, splitting tensile strength.

Pendahuluan

Beton merupakan material konstruksi yang paling banyak digunakan dalam pembangunan infrastruktur karena memiliki kuat tekan yang tinggi, mudah dibentuk, serta bahan penyusunnya relatif mudah diperoleh (Badan Standarisasi Nasional, 2000). Seiring dengan meningkatnya kebutuhan pembangunan, diperlukan upaya untuk meningkatkan kualitas beton melalui inovasi material, salah satunya dengan penggunaan bahan tambah.

Bahan tambah pada beton digunakan untuk memperbaiki sifat mekanis maupun durabilitas beton sesuai dengan kebutuhan perencanaan struktur. Di sisi lain, permasalahan lingkungan akibat meningkatnya limbah plastik, khususnya plastik PET menjadi isu yang serius. Limbah PET dapat dimanfaatkan sebagai bahan tambah atau bahan substitusi sebagian material penyusun beton. Pemanfaatan tersebut menjadi salah satu alternatif untuk mengurangi limbah plastik sekaligus mengembangkan material konstruksi yang lebih ramah lingkungan (Islami, Bahri, Zulnazri, Muarif, & Arafah, 2023; Nengsih, savariski, & Ristanto, 2025). Penggunaan PET sebagai bahan tambah beton diharapkan dapat mempengaruhi sifat mekanis beton, terutama kuat tekan. Variasi ukuran PET yang digunakan dalam campuran beton diduga memberikan pengaruh yang berbeda terhadap ikatan antar material dan kepadatan beton. Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penggunaan PET dalam campuran beton dapat memberikan pengaruh terhadap kuat tekan, kuat tarik, dan karakteristik beton, bergantung pada bentuk, ukuran, kadar, serta fungsi PET dalam campuran (Alfirahman & Widodo, 2023; Aroha, Indriani, & Utomo, 2024). Penelitian sebelumnya juga menunjukkan bahwa penggunaan PET pada beton dapat memengaruhi workability dan sifat mekanik beton, bergantung pada bentuk, ukuran, serta persentase PET yang digunakan (Adajar & Ubay-Anongphouth, 2022; Kassa, Kanali, & Ambassah, 2019; Widodo, Alfirahma, Prawiranegara, Amir, & Dewi, 2023).

PET yang digunakan sebagai pengganti sebagian agregat dapat menyebabkan perubahan kuat tekan beton karena karakteristik PET berbeda dari agregat alam, terutama dari segi berat jenis dan kualitas ikatan dengan pasta semen (Orie & Olusesi, 2023; Umasabor & Daniel, 2020).

Selain itu, umur beton juga berpengaruh terhadap perkembangan kuat tekan, sehingga pengujian pada umur 7 hari, 14 hari dan 28 hari perlu dilakukan untuk mengetahui kinerja beton secara lebih komprehensif.

Saat ini di Sulawesi Utara *Fly Ash* adalah produk sampingan limbah dari PLTU II Sulawesi Utara yang menggunakan batu bara sebagai bahan bakar untuk pembangkit tenaga listrik, berupa butiran halus ringan, bundar, serta bersifat pozzolanik. Penambahan *Fly Ash* pada campuran beton bersifat pozzolan, sehingga bisa menjadi bahan tambah mineral yang baik untuk beton. Berdasarkan SNI 2460:2014, *Fly Ash* dan pozzolan alam dapat digunakan sebagai

bahan tambahan mineral pada beton apabila memenuhi persyaratan yang ditentukan (Badan Standardisasi Nasional, 2014a). Pozzolan adalah bahan yang mengandung silika atau silika dan aluminium yang bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida pada temperatur biasa sehingga membentuk senyawa yang bersifat *cementitious* atau mengikat (Badan Standardisasi Nasional, 2014a). Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penggunaan *Fly Ash* pada beton dapat menghasilkan pengaruh yang berbeda terhadap kuat tekan, bergantung pada persentase penggunaan, jenis beton, dan umur pengujian (Mohamad, Rachman, & Mointi, 2020; Setiawati, 2018).

Rumusan dari penelitian ini adalah bagaimana hasil pengujian kuat tekan beton dan kuat tarik belah dengan penambahan PET dan *Fly ash* pada umur 7 hari, 14 hari dan 28 hari.

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan nilai slump, Kuat tekan dan Kuat tarik belah dari beton dengan menggunakan *Fly ash* 30%, *Fly ash* 30% dan PET 0,6% dan *Fly ash* 30% dan PET 1%.

Metode

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Uji Material, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Manado, Jalan Raya Politeknik, Desa Buha, Kecamatan Mapanget, Kota Manado, Provinsi Sulawesi Utara. Penelitian menggunakan metode eksperimen dengan pendekatan kuantitatif karena data diperoleh secara langsung melalui pengujian benda uji beton di laboratorium. Penelitian bertujuan untuk menganalisis pengaruh penambahan *Polyethylene Terephthalate* (PET) dan substitusi *Fly Ash* (FA) terhadap karakteristik mekanis beton normal dengan kuat tekan rencana sebesar 20 MPa. Perencanaan campuran beton mengacu pada SNI 03-2834-2000 tentang tata cara pembuatan rencana campuran beton normal.

Material yang digunakan terdiri atas semen PCC Tonasa, agregat halus dari Lansot/Amurang, agregat kasar ukuran 10–20 mm dari Tateli, air dari sumur bor Politeknik Negeri Manado, PET dari TPA Sumompo, dan *Fly Ash* dari PLTU II Sulawesi Utara. Benda uji berbentuk silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. PET dipotong dengan panjang 5 cm dan lebar 3–5 mm, kemudian digunakan sebagai bahan tambah dengan variasi 0,6% dan 1%, sedangkan *Fly Ash* digunakan sebagai substitusi sebagian semen sebesar 30% secara konstan. Sebelum proses pencampuran, agregat terlebih dahulu diperiksa meliputi gradasi, berat isi, berat jenis dan penyerapan, kadar air, kadar lumpur, serta ketahanan aus agregat kasar menggunakan mesin *Los Angeles*.

Benda uji yang dibuat terdiri atas beton normal (BN), beton dengan substitusi *Fly Ash* 30% (BN+FA 30%), beton dengan *Fly Ash* 30% dan PET 0,6% (BN+FA 30%+PET 0,6%), serta beton dengan *Fly Ash* 30% dan PET 1% (BN+FA 30%+PET 1%). Pengujian kuat tekan

dilakukan pada umur 7, 14, dan 28 hari dengan masing-masing tiga benda uji pada setiap variasi dan umur pengujian, sehingga diperoleh 36 benda uji kuat tekan. Pengujian kuat tarik belah dilakukan pada umur 7 dan 28 hari dengan masing-masing dua benda uji pada setiap variasi dan umur pengujian, sehingga diperoleh 16 benda uji kuat tarik belah. Dengan demikian, jumlah benda uji yang digunakan untuk pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah adalah 52 benda uji.

Pembuatan, perawatan, dan pengujian benda uji dilakukan di laboratorium. Pengujian *slump* dilakukan untuk mengetahui tingkat kelecakan (*workability*) beton segar dengan mengacu pada SNI 1972:2022. Pengujian kuat tekan beton mengacu pada SNI 1974:2011, sedangkan pengujian kuat tarik belah mengacu pada SNI 2491:2014. Tata cara pembuatan dan perawatan benda uji beton mengacu pada SNI 2493:2011. Seluruh hasil pengujian selanjutnya dicatat dan dianalisis secara kuantitatif untuk mengetahui perubahan karakteristik mekanis beton akibat penggunaan *Fly Ash* 30% dan penambahan PET sebesar 0,6% dan 1%.

Hasil dan Pembahasan

Pengujian Slump

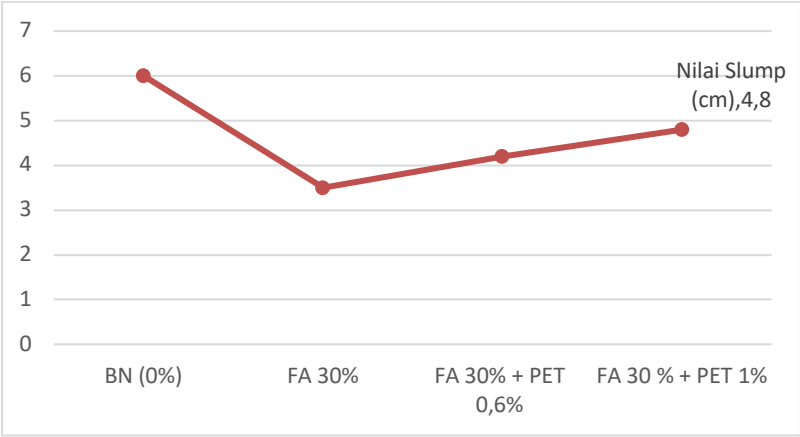
Pengujian slump dilakukan untuk mengetahui tingkat kelecakan (*workability*) beton segar pada masing-masing variasi campuran. Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh nilai slump beton normal (BN) sebesar 6,0 cm, campuran FA 30% sebesar 3,5 cm, campuran FA 30% + PET 0,6% sebesar 4,2 cm, dan campuran FA 30% + PET 1% sebesar 4,8 cm.

Berdasarkan gambar 3.1, Beton normal memiliki nilai slump tertinggi, yaitu 6,0 cm. Setelah penggunaan *Fly Ash* sebesar 30%, nilai slump mengalami penurunan menjadi 3,5 cm atau turun sekitar 41,67% dibandingkan beton normal. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan *Fly Ash* dalam jumlah 30% mempengaruhi konsistensi dan kelecakan campuran beton segar.

Penambahan PET pada campuran *Fly Ash* 30% memengaruhi nilai slump. Campuran FA 30% + PET 0,6% menghasilkan slump sebesar 4,2 cm, sedangkan PET 1% menghasilkan 4,8 cm. Nilai tersebut masih lebih rendah dibandingkan beton normal, masing-masing sekitar 30% dan 20%. Hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan *Fly Ash* 30% lebih berpengaruh terhadap penurunan *workability*, sedangkan peningkatan kadar PET dari 0,6% menjadi 1% justru meningkatkan nilai slump. Perbedaan tersebut dapat dipengaruhi oleh distribusi PET, karakteristik bahan, dan proses pencampuran beton. Faktor bentuk, ukuran, tekstur, dan distribusi material plastik diketahui dapat memengaruhi kemudahan pengerjaan beton (Alfirahman & Widodo, 2023; Kassa et al., 2019).

Penurunan nilai slump setelah penambahan *Fly Ash* dapat dikaitkan dengan ukuran partikelnya yang halus dan luas permukaan yang besar sehingga kebutuhan air untuk

membasahi partikel menjadi lebih tinggi. Kondisi tersebut dapat mengurangi jumlah air bebas dalam campuran dan menurunkan kelecakan beton. Hasil serupa juga dilaporkan pada penelitian beton yang menggunakan *Fly Ash* dan serat PET, di mana peningkatan kadar bahan tambah menyebabkan penurunan kemampuan alir beton (Alfirahman & Widodo, 2023).



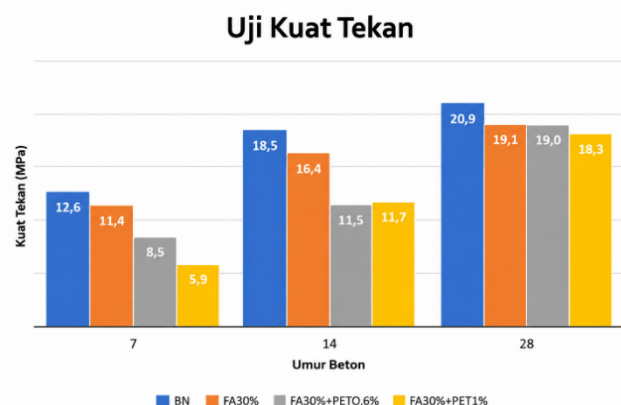
Gambar 1 Grafik nilai slump

Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan dilakukan untuk mengetahui kemampuan beton dalam menerima beban tekan. Pengujian dilakukan pada umur 7, 14, dan 28 hari dengan tiga benda uji untuk setiap variasi campuran. Dalam metode penelitian, benda uji kuat tekan memang direncanakan sebanyak tiga sampel untuk setiap umur pengujian. Hasil rata-rata kuat tekan dapat dilihat pada tabel 3.1 dibawah ini.

Tabel 1. Hasil rata-rata Kuat Tekan

No	Kode Campuran	Kuat Tekan (Mpa)	Rata-rata	Kuat Tekan (Mpa)	Rata-rata	Kuat Tekan (Mpa)	Rata-rata
		7 Hari	7 Hari	14 Hari	14 Hari	28 Hari	28 Hari
1	BN	12,5	12,6	18,2	18,5	19,8	20,9
2	BN	11,4		18,5		21,9	
3	BN	14,0		18,8		20,9	
4	FA 30%	9,8	11,4	15,0	16,4	17,9	19,1
5	FA 30%	11,5		15,8		18,6	
6	FA 30%	13,0		18,3		20,7	
7	FA 30% + PET 0,6%	9,1	8,5	11,1	11,5	18,4	19,0
8	FA 30% + PET 0,6%	10,1		12,8		19,8	
9	FA 30% + PET 0,6%	6,1		10,6		18,9	
10	FA 30 % + PET 1%	3,2	5,9	12,2	11,7	18,6	18,3
11	FA 30 % + PET 1%	3,7		8,3		18,5	
12	FA 30 % + PET 1%	10,8		14,7		17,8	



Gambar 2 Nilai kuat tekan pada berbagai variasi campuran

Berdasarkan gambar 3.2 dapat dilihat pada umur 7 hari, beton normal (BN) menghasilkan kuat tekan tertinggi sebesar 12,64 MPa, diikuti FA 30% sebesar 11,41 MPa. Penggunaan *Fly Ash* 30% menyebabkan kuat tekan menurun sekitar 9,71% dibandingkan BN. Penambahan PET semakin menurunkan kuat tekan, yaitu menjadi 8,45 MPa pada FA 30% + PET 0,6% dan 5,93 MPa pada FA 30% + PET 1%. Kondisi ini dapat dikaitkan dengan reaksi pozzolanik *Fly Ash* yang masih berlangsung secara bertahap pada umur awal serta adanya perbedaan ikatan antara PET dan pasta semen (Aroha et al., 2024; Wahyudi, Indriani, & Utomo, 2023).

Pada umur 14 hari, seluruh campuran mengalami peningkatan kuat tekan seiring proses pengerasan beton. BN meningkat menjadi 18,50 MPa, FA 30% menjadi 16,36 MPa, FA 30% + PET 0,6% menjadi 11,48 MPa, dan FA 30% + PET 1% menjadi 11,72 MPa. Meskipun meningkat, campuran dengan *Fly Ash* dan PET masih memiliki kuat tekan lebih rendah dibandingkan BN. Hal ini menunjukkan bahwa perkembangan kekuatan tetap berlangsung, sementara *Fly Ash* mulai memberikan kontribusi melalui reaksi pozzolanik dan PET masih memengaruhi kekuatan pada daerah antarmuka dengan pasta semen.

Pada umur 28 hari, seluruh campuran mengalami peningkatan kuat tekan dibandingkan umur 7 dan 14 hari. Beton normal (BN) menghasilkan nilai tertinggi sebesar 20,87 MPa, diikuti FA 30% sebesar 19,06 MPa, FA 30% + PET 0,6% sebesar 19,03 MPa, dan FA 30% + PET 1% sebesar 18,31 MPa.

Jika dibandingkan terhadap beton normal, terjadi penurunan kuat tekan berturut-turut sebesar 8,64%, 8,79% dan 12,26%. Penggunaan *Fly Ash* 30% menyebabkan kuat tekan sedikit lebih rendah dibandingkan beton normal karena kontribusi reaksi pozzolanik berlangsung secara bertahap. Sementara itu, peningkatan kadar PET dari 0,6% menjadi 1% menyebabkan kuat tekan menurun. Hal ini diduga karena PET memiliki ikatan yang lebih lemah dengan pasta semen dan dapat memengaruhi homogenitas serta transfer tegangan beton. Dengan demikian,

campuran FA 30% + PET 0,6% menghasilkan kuat tekan lebih tinggi dibandingkan FA 30% + PET 1%.

Besarnya persentase peningkatan pada campuran yang mengandung PET terutama dipengaruhi oleh rendahnya nilai kuat tekan pada umur 7 hari. Oleh karena itu, persentase peningkatan yang tinggi tidak menunjukkan bahwa campuran PET menghasilkan kuat tekan akhir yang lebih tinggi. Evaluasi kinerja campuran lebih tepat didasarkan pada nilai kuat tekan aktual pada umur 28 hari. Oleh karena itu, persentase peningkatan yang besar tidak berarti bahwa campuran PET menghasilkan kuat tekan akhir paling tinggi. Hal yang lebih penting dalam evaluasi adalah nilai kuat tekan aktual pada umur 28 hari. Berdasarkan nilai tersebut, beton normal tetap menghasilkan kuat tekan tertinggi sebesar 20,87 MPa.

Dengan demikian, hasil penelitian memperlihatkan bahwa umur beton mempunyai pengaruh yang jelas terhadap perkembangan kuat tekan, sedangkan peningkatan kadar PET tidak memberikan peningkatan kuat tekan akhir.

Tabel 2 Selisih kuat tekan terhadap beton normal

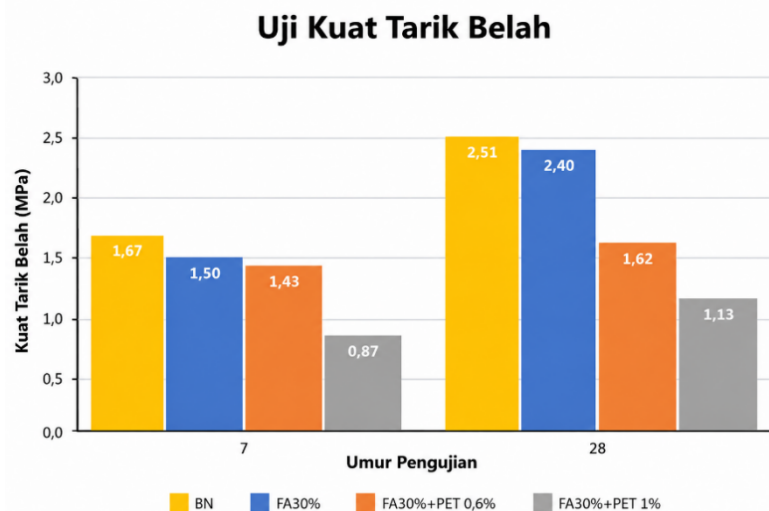
Umur	Campuran	Kuat tekan (MPa)	Selisih terhadap BN (MPa)	Selisih (%)
7 hari	BN	12,64	0,00	0,00%
	FA 30%	11,41	-1,23	-9,73%
	FA 30% + PET 0,6%	8,45	-4,19	-33,15%
	FA 30% + PET 1%	5,93	-6,71	-53,09%
14 hari	BN	18,50	0,00	0,00%
	FA 30%	16,36	-2,14	-11,57%
	FA 30% + PET 0,6%	11,48	-7,02	-37,95%
	FA 30% + PET 1%	11,72	-6,78	-36,65%
28 hari	BN	20,87	0,00	0,00%
	FA 30%	19,06	-1,81	-8,67%
	FA 30% + PET 0,6%	19,03	-1,84	-8,82%
	FA 30% + PET 1%	18,31	-2,56	-12,27%

Berdasarkan tabel 3.2 dapat dilihat pada umur 28 hari, selisih paling kecil terhadap beton normal adalah FA 30% + PET 0,6%, yaitu hanya 1,84 MPa atau 8,82% lebih rendah. Data individual 28 hari PET 0,6% adalah 18,4; 19,8; dan 18,9 MPa dengan rata-rata 19,03 MPa, sedangkan PET 1% adalah 18,6; 18,5; dan 17,8 MPa dengan rata-rata 18,31 MPa.

Seluruh variasi campuran menunjukkan penurunan kuat tekan terhadap beton normal. Pada umur 28 hari, selisih FA 30% sebesar 1,8 MPa, PET 0,6% sebesar 1,8 MPa, dan PET 1% sebesar 2,6 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa FA 30% + PET 0,6% memberikan hasil yang lebih mendekati beton normal dibandingkan PET 1%.

Pengujian Kuat Tarik Belah

Berdasarkan gambar 3.3 Pengujian kuat tarik belah dilakukan pada umur 7 dan 28 hari. Data pengujian menunjukkan bahwa pada umur 7 hari, beton normal menghasilkan kuat tarik belah rata-rata sebesar 1,67 MPa, campuran FA 30% menghasilkan 1,50 MPa, sedangkan campuran FA 30% + PET 0,6% menghasilkan 1,43 MPa. Nilai terendah diperoleh pada campuran FA 30% + PET 1%, yaitu 0,87 MPa. Jika dibandingkan dengan beton normal, kuat tarik belah campuran FA 30% turun sekitar 10,27%, sedangkan FA 30% + PET 0,6% turun sekitar 14,57%. Penurunan paling besar terjadi pada FA 30% + PET 1%, yaitu sekitar 48,30%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pada umur awal, peningkatan kadar PET dari 0,6% menjadi 1% cenderung menurunkan kuat tarik belah beton. Hal ini menunjukkan bahwa pada kadar 1%, keberadaan PET belum mampu memberikan kontribusi yang cukup terhadap kemampuan beton menahan tegangan tarik.



Gambar 3 Grafik kuat tarik belah beton variasi

Penurunan pada campuran *Fly Ash* 30% dapat dikaitkan dengan perkembangan kekuatan matriks semen yang masih berlangsung pada umur awal. Sementara itu, penambahan PET memberikan pengaruh yang lebih besar terhadap kuat tarik belah. Hal ini diduga karena kuat tarik belah sangat dipengaruhi oleh kualitas ikatan antara komponen penyusun beton dan kemampuan matriks dalam menahan perkembangan retak. Keberadaan PET dapat

menghasilkan daerah antarmuka antara PET dan pasta semen yang relatif lebih lemah, sehingga transfer tegangan tarik menjadi kurang efektif. Peningkatan kadar PET dari 0,6% menjadi 1% juga menyebabkan penurunan kuat tarik belah dari 1,43 MPa menjadi 0,87 MPa. Hal tersebut menunjukkan bahwa pada umur 7 hari, penggunaan PET 1% memberikan pengaruh penurunan yang lebih besar dibandingkan PET 0,6%.

Pada umur 28 hari, beton normal menghasilkan kuat tarik belah sebesar 2,51 MPa, sedangkan campuran *Fly Ash* 30%, *Fly Ash* 30% + PET 0,6%, dan *Fly Ash* 30% + PET 1% masing-masing menghasilkan kuat tarik belah sebesar 2,40 MPa, 1,62 MPa, dan 1,13 MPa. Dibandingkan dengan beton normal, penurunan kuat tarik belah masing-masing sebesar sekitar 4,38%, 35,46%, dan 54,98%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pengaruh penambahan PET terhadap kuat tarik belah lebih besar dibandingkan pengaruhnya terhadap kuat tekan.

Penurunan kuat tarik belah pada campuran yang mengandung PET dapat dikaitkan dengan kualitas ikatan antara permukaan PET dan pasta semen. Permukaan PET yang relatif halus dapat menghasilkan daerah antarmuka yang kurang kuat sehingga transfer tegangan tarik menjadi kurang efektif. Penelitian mengenai serat PET pada beton juga menunjukkan bahwa kadar dan panjang serat dapat memengaruhi nilai kuat tarik belah beton (Hartini & Hadirun, 2023).

Peningkatan kadar PET dari 0,6% menjadi 1% menyebabkan kuat tarik belah menurun dari 1,62 MPa menjadi 1,13 MPa. Penurunan ini menunjukkan bahwa semakin tinggi kadar PET pada komposisi penelitian, semakin menurunkan kemampuan beton dalam menahan tegangan tarik. Kondisi tersebut diduga berkaitan dengan bertambahnya jumlah bidang antarmuka PET-pasta semen dan kemungkinan meningkatnya ketidakseragaman distribusi PET dalam matriks beton. Akibatnya, transfer tegangan menjadi kurang efektif dan retak dapat berkembang lebih mudah pada saat pembebanan.

Dengan demikian, berdasarkan hasil penelitian, penambahan PET menurunkan nilai kuat tarik belah. Kadar PET 1% menghasilkan penurunan kuat tarik belah terbesar, sedangkan campuran *Fly Ash* 30% tanpa PET menghasilkan nilai yang paling mendekati beton normal. Hal ini menunjukkan bahwa dalam komposisi yang digunakan pada penelitian ini, peningkatan kadar PET belum memberikan peningkatan terhadap kuat tarik belah beton.

Sebaliknya, terjadi penurunan kuat tarik belah dari 1,62 MPa menjadi 1,13 MPa pada umur 28 hari. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa penambahan PET dalam jumlah yang lebih tinggi belum tentu memberikan peningkatan terhadap kemampuan beton dalam menahan gaya tarik. Pada campuran beton, kuat tarik belah sangat dipengaruhi oleh kualitas pasta semen, ikatan antara pasta dengan agregat, serta homogenitas material di dalam matriks beton. PET memiliki karakteristik yang berbeda dari agregat mineral maupun pasta semen. Oleh karena itu,

apabila distribusinya tidak merata atau ikatannya dengan matriks semen kurang baik, dapat terbentuk bidang lemah di sekitar partikel PET. Kondisi tersebut dapat mempengaruhi kemampuan beton dalam menahan tegangan tarik.

Hasil penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penggunaan PET dapat memberikan pengaruh yang berbeda terhadap sifat mekanis beton. Penelitian Wahyudi dkk. menunjukkan bahwa beton dengan PET 0,25% dapat menghasilkan kuat tekan lebih baik dibandingkan beton normal, sedangkan penelitian lain menunjukkan bahwa penggunaan PET dalam kadar tertentu dapat menyebabkan penurunan mutu.

Dengan demikian, hasil penelitian ini memperlihatkan bahwa pengaruh PET sangat bergantung pada kadar dan komposisi campuran. Pada penelitian ini, kadar PET 0,6% memberikan kinerja yang lebih baik daripada PET 1%, tetapi keduanya masih menghasilkan kuat tarik belah lebih rendah dibandingkan beton normal.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan mengenai Penggunaan *Fly Ash* 30% dan PET memberikan pengaruh nyata terhadap karakteristik beton segar dan sifat mekanis beton. Penambahan *Fly Ash* menurunkan workability beton, sedangkan penambahan PET cenderung meningkatkan kembali nilai *slump*, meskipun belum mencapai kondisi beton normal. Dari aspek kuat tekan, seluruh campuran mengalami perkembangan kekuatan seiring bertambahnya umur beton, dengan campuran *Fly Ash* 30% dan PET 0,6% menunjukkan nilai kuat tekan yang lebih mendekati beton normal dibandingkan PET 1%. Sementara itu, penambahan PET memberikan pengaruh lebih besar terhadap kuat tarik belah, yaitu menyebabkan penurunan kemampuan beton dalam menahan tegangan tarik, terutama pada kadar PET yang lebih tinggi. Dengan demikian, dalam komposisi penelitian ini, peningkatan kadar PET belum memberikan peningkatan terhadap kinerja mekanis beton, sedangkan penggunaan PET 0,6% pada campuran *Fly Ash* 30% menghasilkan karakteristik yang lebih mendekati beton normal dibandingkan PET 1%.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan, bantuan, dan kontribusi dalam proses penyusunan artikel ini. Ucapan terima kasih secara khusus disampaikan kepada dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, masukan, dan bimbingan selama pelaksanaan penelitian hingga penyusunan artikel. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada pihak laboratorium yang telah menyediakan fasilitas dan membantu proses pelaksanaan penelitian. Semoga artikel ini dapat memberikan manfaat dan menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya.

Referensi

- Adajar, M. A., & Ubay-Anongphouth, I. O. (2022). Effects of polyethylene terephthalate (PET) plastics on the mechanical properties of fly ash concrete. *International Journal of GEOMATE*, 23(95), 162–167. <https://doi.org/10.21660/2022.95.1576>
- Alfirahman, R., & Widodo, S. (2023). Efek penambahan serat limbah botol polyethylene terephthalate (PET) dan Fly Ash terhadap hasil uji ultrasonic pulse velocity pada self-compacting concrete. *Teras Jurnal: Jurnal Teknik Sipil*, 13(1), 1–12. <https://doi.org/10.29103/tj.v13i1.795>
- Aroha, Z. A., Indriani, A. M., & Utomo, G. (2024). Pengaruh polyethylene terephthalate sebagai substitusi agregat halus terhadap kuat tekan beton K-175. *Jurnal Gradasi Teknik Sipil*, 8(2), 181–189. <https://doi.org/10.31961/gradasi.v8i2.1384>
- Badan Standardisasi Nasional. (2011a). *SNI 1974:2011: Cara uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2011b). *SNI 2493:2011: Tata cara pembuatan dan perawatan benda uji beton di laboratorium*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2014a). *SNI 2460:2014: Spesifikasi abu terbang batubara dan pozolan alam mentah atau yang telah dikalsinasi untuk digunakan dalam beton*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2014b). *SNI 2491:2014: Metode uji kuat tarik belah spesimen beton silinder*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2022). *SNI 1972:2022: Metode uji slump beton semen hidraulis*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2000). *SNI 03-2834-2000: Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Islami, N., Bahri, S., Zulfazri, Muarif, A., & Arafah, S. (2023). Kajian paving block campuran limbah plastik PET terhadap kuat tekan dengan standard SNI 03-0691-1996. *Malikussaleh Journal of Mechanical Science and Technology*, 7(2), 115–119. <https://doi.org/10.29103/mjmst.v7i2.13657>
- Kassa, R. B., Kanali, C., & Ambassah, N. (2019). Environmental and cost advantages of using polyethylene terephthalate fibre reinforced concrete with fly ash as a partial cement replacement. *Open Journal of Civil Engineering*, 9(4), 281–290. <https://doi.org/10.4236/ojce.2019.94020>
- Mohamad, R. M., Rachman, Dr. A., & Mointi, R. (2020). Mohamad, R. M., Rachman, A., & Mointi, R. (2020). Kuat tekan beton untuk mutu tinggi 45 MPa dengan fly ash sebagai bahan pengganti sebagian semen. *RADIAL: Jurnal Peradaban Sains, Rekayasa dan Teknologi*, 8(1), 25–33.
- Nengsih, R. W., Savariski, H. Ask, & Ristanto, I. (2025). Paving block ramah lingkungan dari limbah plastik polyethylene terephthalate (PET). *Jurnal Gradasi Teknik Sipil*, 9(2). <https://doi.org/10.31961/gradasi.v9i2.2604>
- Orie, O. U., & Olusesi, O. J. (2023). Effect of partial replacement of aggregate with granulated polyethylene terephthalate (PET) on compressive strength of concrete. *Nigerian Journal of Technology*, 42(1), 39–45. <https://doi.org/10.4314/njt.v42i1.5>
- Setiawati, M. (2018). Fly ash sebagai bahan pengganti semen pada beton. Dalam Prosiding *Seminar Nasional Sains dan Teknologi 2018* (hlm. 1–8). Jakarta: Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jakarta. <https://doi.org/10.32502/jbearing.1681201854>
- Umasabor, R. I., & Daniel, S. C. (2020, August 1). The effect of using polyethylene terephthalate as an additive on the flexural and compressive strength of concrete. *Heliyon*, 6(8), e04700. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04700>
- Wahyudi, Y., Indriani, A. M., & Utomo, G. (2023). Analisis kuat tekan beton modifikasi polyethylene terephthalate (PET). *Konferensi Nasional Teknik Sipil (KoNTekS)*, 1(6). <https://doi.org/10.62603/konteks.v1i6.133>
- Widodo, S., Alfirahma, R., Prawiranegara, A., Amir, M. F., & Dewi, A. (2023). Development of eco-friendly self-compacting concrete using fly ash and waste polyethylene terephthalate bottle fiber. *Civil Engineering Journal*, 9(2), 437–452. <https://doi.org/10.28991/CEJ-2023-09-02-014>