



Terbit online pada laman web jurnal :
<https://ejournal.sttp-yds.ac.id/index.php/js/index>

SAINSTEK

| ISSN (Print) 2337-6910 | ISSN (Online) 2460-1039 |



Studi Eksperimental Kuat Tekan Beton Menggunakan Agregat Kasar dari Limbah Botol Plastik PET

Rona Ariyansyah^a, Sarpawi^b, Taufik Habibilah Ibnu Ahmad^c

^{a,b,c} Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Pontianak, Jl. Jenderal Ahmad Yani, Kota Pontianak 78124, Kalimantan Barat, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Sejarah Artikel:

Diterima Redaksi: 08 November 2025

Revisi Akhir: 13 Desember 2025

Diterbitkan Online: 30 Desember 2025

KATA KUNCI

Beton, Limbah Plastik PET, Agregat Kasar, Kuat Tekan, Ramah Lingkungan

KORESPONDENSI

Telepon: 0899004455

E-mail: ronaariyansyah@polnep.ac.id

ABSTRACT

Limbah plastik, khususnya yang berasal dari botol minuman jenis *Polyethylene Terephthalate* (PET), merupakan salah satu permasalahan lingkungan yang terus meningkat di Indonesia. Upaya pemanfaatan limbah plastik sebagai bahan bangunan menjadi alternatif yang potensial untuk mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan limbah plastik PET sebagai substitusi agregat kasar terhadap kuat tekan beton. Variasi persentase penambahan PET yang digunakan adalah 0% (beton normal), 2,5%, 5%, 7,5%, dan 10% dari berat agregat kasar dengan ukuran lolos saringan 19 mm dan tertahan saringan 4,75 mm. Benda uji yang digunakan berupa silinder berukuran 150 mm × 300 mm dengan pengujian kuat tekan dilakukan pada umur 14 hari dan 28 hari. Hasil pengujian menunjukkan bahwa workability beton meningkat seiring dengan bertambahnya kadar PET. Nilai slump naik dari 8,3 cm pada beton normal menjadi 10,1 cm pada campuran dengan PET 10%, yang menunjukkan peningkatan plastisitas campuran beton. Namun demikian, hasil uji kuat tekan menunjukkan adanya penurunan kekuatan beton seiring bertambahnya kadar PET. Pada umur 14 hari, kuat tekan beton normal sebesar 16,09 MPa menurun menjadi 12,81 MPa, 13,17 MPa, 11,56 MPa, dan 10,33 MPa masing-masing untuk kadar PET 2,5%, 5%, 7,5%, dan 10%. Pada umur 28 hari, kuat tekan beton normal sebesar 22,34 MPa menurun menjadi 16,79 MPa, 18,71 MPa, 14,34 MPa, dan 13,15 MPa untuk variasi kadar yang sama. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa semakin besar kadar limbah plastik PET yang digunakan, kuat tekan beton cenderung menurun. Namun pada kadar sekitar 5%, beton masih menunjukkan kekuatan yang relatif baik dan memenuhi syarat penggunaan tertentu. Oleh karena itu, limbah plastik PET dalam jumlah terbatas dapat dimanfaatkan sebagai bahan substitusi agregat kasar untuk menghasilkan beton yang lebih ramah lingkungan tanpa menurunkan kualitas beton secara signifikan.

1. PENDAHULUAN

Beton merupakan material konstruksi yang paling banyak digunakan di seluruh dunia karena memiliki kekuatan tekan yang tinggi, durabilitas yang baik, serta kemampuan dibentuk sesuai kebutuhan konstruksi. Secara umum, beton tersusun atas campuran agregat halus, agregat kasar, semen, dan air, dengan atau tanpa bahan tambah. Di antara komponen tersebut, agregat menempati porsi terbesar

dalam campuran beton, yakni sekitar 60–80% dari total volume beton, sehingga kualitas dan karakteristik agregat sangat memengaruhi sifat mekanik beton [1].

Agregat kasar yang digunakan dalam beton konvensional umumnya berasal dari batu alam, seperti kerikil atau batu pecah, yang dihasilkan melalui proses penambangan dan pemecahan batu [2]. Ukuran agregat kasar yang umum digunakan berada pada rentang 5–40 mm, sebagaimana diatur dalam SNI 2834:2000. Namun, ketersediaan agregat

kasar alami semakin terbatas akibat meningkatnya kebutuhan infrastruktur, sementara proses produksinya membutuhkan sumber daya energi yang besar serta berdampak terhadap lingkungan, seperti degradasi lahan dan kerusakan ekosistem akibat aktivitas penambangan [3]. Kondisi ini mendorong perlunya penelitian alternatif material pengganti agregat kasar yang lebih berkelanjutan [4].

Salah satu bahan alternatif yang potensial adalah limbah plastik jenis Polyethylene Terephthalate (PET). PET banyak digunakan sebagai bahan baku botol minuman sekali pakai, kemasan makanan, dan produk plastik lainnya [5]. Produksi PET yang tinggi, ditambah rendahnya tingkat daur ulang, menyebabkan akumulasi limbah plastik di lingkungan menjadi masalah serius. PET tergolong plastik yang sulit terurai secara alami; proses degradasinya dapat memakan waktu ratusan tahun, sehingga berpotensi mencemari tanah dan perairan dalam jangka Panjang [6].

Pemanfaatan limbah PET sebagai material pengganti sebagian agregat kasar pada beton menawarkan dua keuntungan sekaligus: pertama, mengurangi beban limbah plastik yang mencemari lingkungan, dan kedua, menghemat penggunaan sumber daya alam berupa batu pecah atau kerikil. Secara teknis, plastik memiliki sifat ringan, tahan terhadap korosi, dan tidak menyerap air, namun juga memiliki kelemahan seperti modulus elastisitas yang lebih rendah dibandingkan agregat alami, yang dapat memengaruhi kekuatan beton [7]. Oleh karena itu, perlu dilakukan kajian untuk mengetahui batas optimal pemanfaatan PET dalam campuran beton agar sifat mekaniknya tetap memenuhi standar konstruksi.

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penambahan limbah PET sebagai pengganti sebagian agregat kasar dengan variasi 10%, 20%, dan 30% mampu menghasilkan beton dengan kuat tekan yang lebih tinggi daripada beton mutu $f'c$ 10 MPa. Namun, masih terdapat keterbatasan kajian pada mutu beton yang lebih tinggi [8].

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Beton

Beton merupakan material konstruksi komposit yang tersusun atas campuran semen, air, agregat halus, agregat kasar, dan bahan tambahan lainnya yang mengeras membentuk massa padat. Beton memiliki sifat kuat tekan tinggi, durabilitas baik, serta kemudahan dalam pembentukan sesuai kebutuhan konstruksi [9]. Kinerja beton dipengaruhi oleh komposisi campuran, kualitas material penyusun, serta kondisi perawatan (curing) selama proses pengerasan.

Kuat tekan beton merupakan salah satu parameter utama yang digunakan untuk menilai mutu dan kelayakan beton. Pengujian kuat tekan biasanya dilakukan terhadap benda uji silinder atau kubus pada umur tertentu (7, 14, dan 28 hari). Faktor-faktor yang memengaruhi kuat tekan antara lain rasio air-semen, gradasi agregat, tingkat kepadatan, serta jenis bahan pengganti yang digunakan [10].

2.2. Agregat Kasar pada Beton

Agregat kasar berfungsi sebagai pengisi utama dalam campuran beton, menempati sekitar 60–70% dari total volume beton. Fungsi utamanya adalah memberikan kekuatan, stabilitas, dan daya tahan terhadap beban. Agregat kasar umumnya berasal dari batu pecah atau kerikil alami dengan ukuran butiran 5–40 mm.

Sifat fisik agregat kasar, seperti kekerasan, kehalusan permukaan, bentuk, dan daya serap air, sangat mempengaruhi kuat tekan beton. Agregat dengan permukaan kasar dan bentuk bersudut memberikan ikatan yang lebih baik terhadap pasta semen dibanding agregat yang halus atau bulat [11].

Namun, penggunaan agregat alam secara terus-menerus menyebabkan eksploitasi sumber daya alam yang berlebihan dan berpotensi menimbulkan kerusakan lingkungan. Oleh karena itu, penelitian mengenai alternatif agregat buatan atau daur ulang, termasuk penggunaan limbah plastik, menjadi semakin penting.

2.3. Limbah Plastik PET (Polyethylene Terephthalate)

Polyethylene Terephthalate (PET) adalah jenis plastik termoplastik dari keluarga poliester yang banyak digunakan sebagai bahan pembuatan botol minuman, kemasan makanan, dan serat sintetis. PET merupakan salah satu kontributor utama limbah plastik global karena sifatnya yang sulit terurai secara alami [12].

Limbah botol plastik PET memiliki densitas rendah (sekitar $1,38 \text{ g/cm}^3$), sifat permukaan licin, dan karakteristik hidrofobik. Plastik ini tahan terhadap serangan kimia, tetapi tidak memiliki ikatan kimia yang baik dengan pasta semen. Oleh karena itu, dalam aplikasi beton, PET perlu diolah atau dipecah menjadi ukuran tertentu agar dapat berperan sebagai pengganti sebagian agregat kasar.

Penggunaan PET sebagai agregat daur ulang memiliki dua keuntungan utama: (1) mengurangi jumlah limbah plastik yang mencemari lingkungan, dan (2) menghemat penggunaan agregat alam yang jumlahnya semakin

terbatas. Namun demikian, sifat mekanis beton hasil substitusi PET umumnya mengalami perubahan, terutama pada kuat tekan dan densitasnya.

2.4. Beton dengan Substitusi Agregat Kasar PET

Pemanfaatan limbah botol plastik PET sebagai pengganti sebagian agregat kasar telah banyak diteliti oleh berbagai peneliti. Secara umum, hasil penelitian menunjukkan bahwa substitusi PET dapat menghasilkan beton yang lebih ringan, namun berpotensi menurunkan kuat tekan seiring bertambahnya kadar penggantian.

Penelitian oleh Frigione (2010) menunjukkan bahwa penggunaan PET sebesar 5–10% dari volume agregat kasar dapat menurunkan berat isi beton hingga 10% tanpa penurunan signifikan pada kuat tekan. Namun, ketika kadar penggantian meningkat hingga 20% atau lebih, penurunan kuat tekan dapat mencapai 30–50% dibanding beton normal.

Melaporkan bahwa beton dengan 5% agregat PET masih menunjukkan sifat mekanik yang cukup baik, dengan penurunan kuat tekan sekitar 5–10% dibanding beton kontrol. Sebaliknya, pada kadar 15–20%, penurunan kuat tekan mencapai lebih dari 25%. Hal ini disebabkan oleh rendahnya daya lekat antara permukaan plastik yang halus dan pasta semen, serta rendahnya modulus elastisitas PET dibanding agregat batuan [13].

Penambahan PET dapat meningkatkan workability beton. Nilai slump meningkat seiring bertambahnya persentase PET, karena partikel plastik yang licin mengurangi gesekan antar butir. Namun, peningkatan workability ini tidak selalu diikuti peningkatan kekuatan mekanis, karena struktur mikro beton menjadi lebih berpori [14].

2.5. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kuat Tekan Beton PET

1. Persentase Penggantian PET

Semakin besar proporsi agregat alami yang digantikan oleh PET, semakin besar penurunan kuat tekan. Penelitian umumnya menyarankan kadar optimal penggantian pada kisaran 5–10% agar tetap memenuhi syarat beton struktural ringan.

2. Ukuran dan Bentuk Partikel PET

Partikel PET yang tajam dan bersudut menghasilkan ikatan yang lebih baik dengan pasta semen dibanding yang bulat atau halus. Proses pemotongan atau penghancuran mekanis dapat meningkatkan kekasaran permukaan PET.

3. Perlakuan Permukaan PET

Beberapa studi menunjukkan bahwa perlakuan kimia (seperti NaOH, aseton, atau plasma treatment) dapat meningkatkan daya lekat PET terhadap pasta semen dengan menciptakan permukaan yang lebih kasar atau reaktif.

4. Rasio Air-Semen dan Penggunaan Aditif

Rasio air-semen yang tepat penting untuk menjaga workability dan menghindari porositas berlebih. Penggunaan superplasticizer dapat membantu menjaga kelekakan tanpa meningkatkan kadar air.

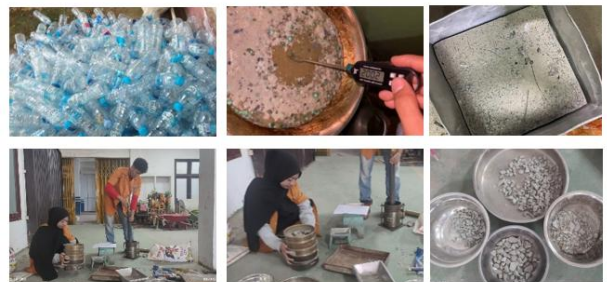
5. Proses Curing dan Umur Beton

Beton dengan agregat PET cenderung mengalami peningkatan kekuatan lebih lambat dibanding beton normal, karena interaksi fisik antarpartikel yang lebih lemah. Oleh karena itu, pengujian pada umur 14 dan 28 hari penting untuk melihat tren peningkatan kekuatan.

3. METODOLOGI

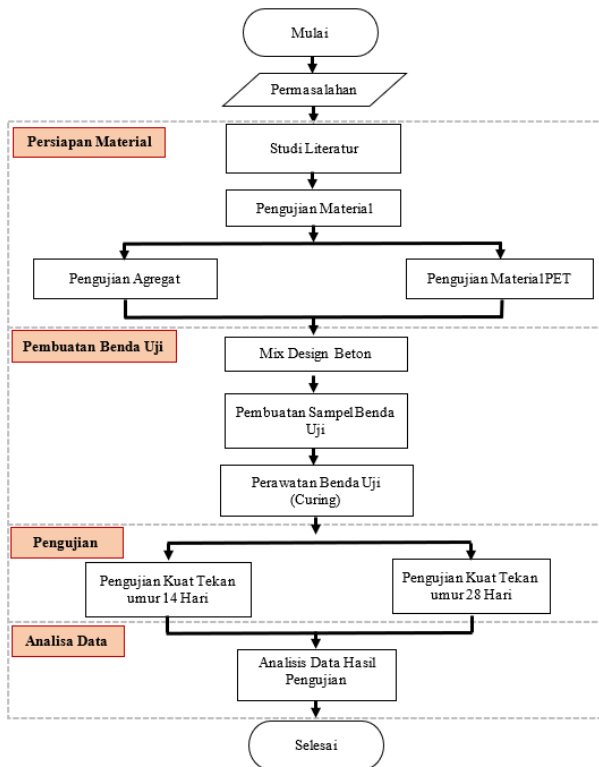
Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah kajian eksperimen laboratorium. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perilaku kuat tekan beton terhadap substitusi antara agregat kasar dengan limbah plastik Polyethylene Terephthalate (PET) terhadap kuat tekan beton normal mutu $f_c' = 20$ MPa dengan perencanaan adukan beton mengacu pada SNI 2384-2000.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas semen Portland tipe I, agregat halus berupa pasir sungai, agregat kasar berupa batu pecah, limbah plastik PET hasil daur ulang botol minuman, serta air bersih dari PDAM. Limbah PET diperoleh dari sisa botol plastik yang telah dibersihkan, kemudian dilelehkan pada suhu di atas 200°C selama 30–35 menit, lalu dicetak menjadi bongkahan sesuai bentuk centakan. Bongkahan kemudian dihancurkan menjadi butiran yang menyerupai agregat kasar. Ukuran butiran yang digunakan adalah yang lolos saringan berukuran 19,1 mm tertahan di sarungan 16 mm dan tertahan pada saringan 4,75 mm terlihat pada gambar 1.



Gambar 1. Pembuatan Agregat Kasar dari Limbah Botol Plastik

Adapun diagram alur penelitian yang telah dilakukan yakni:



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

Pengujian karakteristik material dilaksanakan sebelum penyusunan rancangan campuran beton. Tujuan pengujian awal ini adalah memastikan bahwa setiap material yang digunakan memenuhi ketentuan mutu sesuai persyaratan SNI 03-2834-2000. Setelah diperoleh hasil pengujian material, dilakukan perancangan campuran beton dengan metode substitusi parsial agregat kasar menggunakan limbah plastik *Polyethylene Terephthalate* (PET). Variasi substitusi yang direncanakan terdiri atas 0%, 2,5%, 5%, 7,5%, dan 10% dari total berat agregat kasar. Setiap variasi campuran dibuat lima benda uji berbentuk silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Jumlah keseluruhan benda uji yang digunakan pada penelitian ini sebanyak 30 silinder beton. Pembuatan benda uji dilakukan sesuai prosedur standar, dimulai dari penimbangan material, pencampuran, pengisian cetakan, hingga pemadatan. Terlihat pada gambar 3.



Gambar 3. Pembuatan Benda Uji Silinder

Benda uji disimpan dalam cetakan selama 24 jam sebelum direndam dalam air untuk proses *curing*. Pada saat mencapai umur 14 hari dan 28 hari, benda uji diangkat dari bak perendaman dan dikeringkan pada suhu ruang. Bagian permukaan atas dan bawah benda uji dilapisi menggunakan belerang (*capping*) agar bidang kontak dengan mesin pengujian rata dan mampu menyalurkan beban secara merata. Benda uji yang telah dicapping kemudian didiamkan selama 24 jam sebelum dilakukan pengujian kuat tekan. Pengujian kuat tekan dilaksanakan menggunakan mesin *Compression Testing Machine* dengan memberikan beban bertahap hingga benda uji retak dan hancur, dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Pengujian Kuat tekan Beton

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 14 Hari

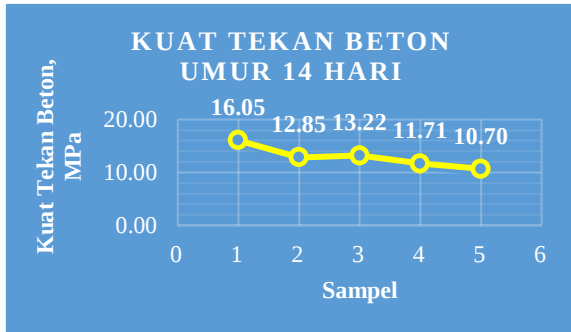
Pada Berikut ini adalah tabel data hasil pengujian kuat tekan beton normal 14 hari.

Tabel 1. Hasil Uji Tekan Beton Pada Umur 14 Hari

Sampel	Beton Normal (MPa)	Beton Pet 2,5% (MPa)	Beton Pet 5,0% (MPa)	Beton Pet 7,5% (MPa)	Beton Pet 10 % (MPa)
I	16,55	13,04	13,02	10,76	11,25
II	15,45	12,94	12,90	11,57	11,16
III	16,29	12,45	13,58	12,34	9,79
IV	16,12	12,75	13,48	11,82	10,28
V	15,86	13,09	13,11	12,04	11,02
Rata-rata	16,05	12,85	13,22	11,71	10,70

Berdasarkan tabel 1 hasil pengujian kuat tekan beton pada umur 14 hari, terlihat bahwa penambahan limbah plastik PET pada campuran beton memberikan pengaruh terhadap penurunan nilai kuat tekan dibandingkan dengan beton normal. Pada umur 14 hari, beton normal menunjukkan kuat tekan sebesar 16,05 MPa.

Ketika menggunakan agregat limbah PET sebanyak 2,5%, kuat tekan menurun menjadi 12,85 MPa, dan sedikit meningkat pada PET 5% menjadi 13,22 MPa. Namun, pada variasi yang lebih tinggi, yaitu PET 7,5% dan PET 10%, kuat tekan kembali menurun menjadi 11,71 MPa dan 10,70 MPa. Pola ini menunjukkan bahwa penambahan PET dalam jumlah besar cenderung menurunkan kuat tekan beton secara signifikan.



Gambar 5. Grafik Pengujian Kuat tekan Beton

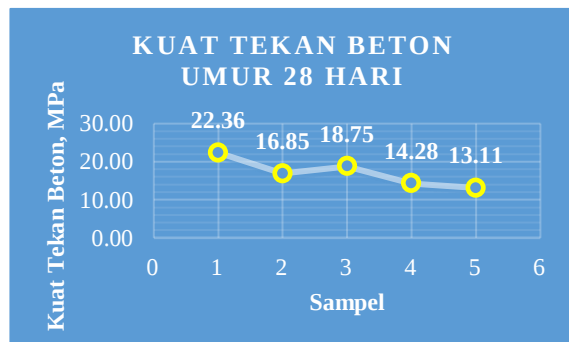
4.2. Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari

Pada umur 28 hari beton normal memiliki kuat tekan sebesar 22,34 MPa. Penambahan PET sebesar 2,5% menurunkan kuat tekan menjadi 16,79 MPa, kemudian sedikit meningkat pada PET 5% menjadi 18,71 MPa, namun kembali menurun pada PET 7,5% dan PET 10%, masing-masing sebesar 14,34 MPa dan 13,15 MPa. Dapat dilihat pada tabel 2 berikut.

Tabel 2. Hasil Uji Tekan Beton Pada Umur 28 Hari

Sampel	Beton Normal (MPa)	Beton Pet 2,5% (MPa)	Beton Pet 5,0% (MPa)	Beton Pet 7,5% (MPa)	Beton Pet 10 % (MPa)
I	22,01	15,84	18,11	15,29	13,69
II	23,14	16,98	19,24	13,59	13,02
III	21,87	17,54	18,79	14,15	12,73
IV	22,34	16,79	18,71	14,34	13,15
V	22,45	17,10	18,91	14,03	12,97
Rata-rata	22,36	16,85	18,75	14,28	13,11

Terlihat pada grafik gambar 6, bahwa perilaku kuat tekan beton juga sama seperti pada usia 14 hari, dimana menggunakan agregat PET dalam jumlah besar cenderung menurunkan kuat tekan beton secara signifikan.



Gambar 6. Grafik Pengujian Kuat tekan Beton

Dari gambar grafik 5 dan 6, bahwa penambahan limbah plastik PET berpengaruh terhadap penurunan kuat tekan beton, 206

meskipun pada kadar tertentu (sekitar 5%) masih menunjukkan sedikit peningkatan dibanding variasi lainnya. Penurunan kuat tekan pada kadar PET yang tinggi disebabkan oleh sifat permukaan PET yang halus dan tidak berpori, sehingga ikatan antara agregat PET dan pasta semen menjadi lemah. Hal ini menyebabkan berkurangnya kekompakan dan kemampuan beton dalam menahan beban tekan. Secara keseluruhan, semakin tinggi persentase PET yang digunakan sebagai pengganti sebagian agregat kasar, maka kekuatan tekan beton cenderung menurun, baik pada umur 14 hari maupun 28 hari.

Pada umur 14 hari, persentase penurunan kuat tekan meningkat seiring dengan bertambahnya kadar PET dalam campuran. Beton dengan penambahan PET 2,5% mengalami penurunan sebesar 19,94%, kemudian sedikit menurun pada PET 5% menjadi 17,63%, namun kembali meningkat cukup signifikan pada PET 7,5% dan PET 10%, masing-masing sebesar 27,04% dan 33,33%. Pola ini menunjukkan bahwa penambahan PET dalam jumlah yang lebih tinggi cenderung menurunkan kekuatan tekan beton secara nyata. Sementara itu, pada umur 28 hari, tren penurunan kuat tekan juga menunjukkan kecenderungan serupa. Nilai penurunan sebesar 24,65%, pada PET 2,5%, menurun menjadi 16,14% pada PET 5%, kemudian meningkat tajam menjadi 36,14% pada PET 7,5% dan mencapai 41,37% pada PET 10%.

Secara umum, hasil ini menunjukkan bahwa semakin besar persentase limbah plastik PET yang digunakan sebagai pengganti sebagian agregat kasar, maka kekuatan tekan beton mengalami penurunan yang lebih signifikan. Hal ini disebabkan oleh sifat PET yang tidak memiliki daya ikat yang baik dengan pasta semen, sehingga mengurangi kepadatan dan kekompakan mikrostruktur beton.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan beton pada umur 14 hari dan 28 hari, dapat disimpulkan bahwa penambahan limbah plastik PET pada campuran beton berpengaruh terhadap penurunan kuat tekan dibandingkan beton normal. Pada umur 14 hari, beton normal memiliki kuat tekan sebesar 16,05 MPa, sedangkan beton dengan menggunakan agregat PET menunjukkan penurunan nilai kuat tekan seiring dengan meningkatnya kadar PET, yaitu menjadi 12,85 MPa (2,5%), 13,22 MPa (5%), 11,71 MPa (7,5%), dan 10,70 MPa (10%). Pada umur 28 hari, tren serupa juga terlihat. Kuat tekan beton normal sebesar 22,36 MPa mengalami penurunan pada campuran PET, yaitu 16,85 MPa (2,5%), 18,75 MPa (5%), 14,28 MPa (7,5%), dan 13,11 MPa.

Semakin besar persentase penggunaan limbah plastik PET dalam campuran beton, maka kuat tekan beton cenderung menurun. Namun, pada kadar PET sekitar 5%, beton masih menunjukkan nilai kuat tekan yang relatif lebih baik dibanding variasi PET lainnya. Hal ini mengindikasikan

bahwa penggunaan limbah plastik PET dalam jumlah terbatas masih dapat dimanfaatkan sebagai bahan tambahan ramah lingkungan tanpa mengurangi kekuatan beton secara signifikan.

5.2. Saran

Perlunya adanya penelitian lebih lanjut terkait variasi, ukuran butiran, suhu pelelehan, dan metode pelelehan PET.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti menyampaikan apresiasi yang setinggi-tingginya kepada Politeknik Negeri Pontianak atas dukungan dan pendanaan yang diberikan melalui Program Penelitian Terapan dan Pengabdian kepada Masyarakat Tahun 2025. Dukungan tersebut menjadi faktor penting dalam terlaksananya penelitian ini, mulai dari tahap perencanaan, pelaksanaan kegiatan, hingga penyusunan laporan hasil penelitian. sehingga kegiatan ini dapat berjalan dengan lancar dan mencapai tujuan yang diharapkan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. Hanafie, *Struktur Beton 1*, Surabaya: Nas Media Indonesia, 2023.
- [2] S. Jalu Baskara, "Penggantian Parsial Semen Dari Ampas Kopi Dan Agregat Kasar Dari Limbah Plastik PET Pada Cmpuran Beton," *Jurnal Proyek Teknik Sipil*, vol. 5, no. 2, pp. 9-15, 2022.
- [3] I. Sulianti, Amiruddin, R. Shaputra and Daryoko, "Analisis Pengaruh Besar Butiran Agregat Kasar Terhadap Kuat Tekan Beton Normal," *Jurnal Forum Mekanika*, vol. 7, no. 1, pp. 35-42, 2018.
- [4] R. M. D. D. Hamid, T. Rahman and E. Budiman, "Penggunaan Sampah Plastik Pet Sebagai Pengganti Sebagian Agregat Kasar Palu Pada Beton," *Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi*, vol. 7, no. 1, pp. 63-71, 2023.
- [5] F. Achidah, A. M. Indriani and G. Utomo, "Pengaruh Penambahan Cacahan Plastik Pet (Polyethylene Terephthalate) Pada Beton Menggunakan Agregat Kasar Batu Petangis Terhadap Kuat Tekan," *Media Bina Ilmiah (MBI)*, vol. 18, no. 6, pp. 1439-1442, 2024.
- [6] R. Apriliya, S. B. Bahar and M. Sayfullah, "Pengaruh Kuat Tekan Beton dengan Menggunakan Bahan Tambah Botol Plastik Kemasan Air Mineral Jenis Polyethylene Terephthalate (PET)," *SCEJ (Shell Civil Engineering Journal)*, vol. 6, no. 1, pp. 23-29, 2021.
- [7] Kamaliah and N. Handayani, "Pemanfaatan Limbah Plastik Jenis PET (Poly Ethylene Terephthalate) Pada Pembuatan Beton Mutu Rendah Di Kota Palangka Raya," *Media Ilmiah Teknik Lingkungan (MITL)*, vol. 5, no. 1, pp. 1-7, 2020.
- [8] R. Renaldi, J. Jasman and A. Adnan, "Pemanfaatan Limbah Serat Plastik PET Terhadap Kuat Tekan Beton," *Asosiasi Riset Ilmu Teknik Indonesia*, vol. 2, no. 2, pp. 1-8, 2024.
- [9] A. M. Neville, *Properties of concrete*, England: Pearson Education Limited, Essex., 2011.
- [10] S. I. Simnani, "Effect Of Water-Cement Ratio On Compressive Strength Of Concrete," *Journal of Emerging Technologies and Innovative Research (JETIR)*, vol. 4, no. 10, pp. 486-488, 2017.
- [11] T. Mulyono, *Teknologi Beton: Dari Teori Ke Praktek*, Jakarta: Lembaga Pengembangan Pendidikan - UNJ, 2015.
- [12] J. R. Jambeck, R. Geyer, C. Wilcox, T. R. Siegler, M. Perryman, A. Andrady, R. Narayan and K. L. Law, "Plastic Waste Inputs from Land Into," *Science*, vol. 347, no. 6223, pp. 768-771, 2015.