



PEMANFAATAN LIMBAH PLASTIK SEBAGAI AGREGAT BETON INOVASI MATERIAL RAMAH LINGKUNGAN DALAM KONSTRUKSI BERKELANJUTAN

Edowinsyah*, Barrorotul Azizah

Institut Teknologi Pagar Alam, Indonesia

*Corresponding Author, Email : edopga18@gmail.com

ABSTRAK

Limbah plastik merupakan salah satu problem lingkungan paling besar di dunia, dengan volume yang selalu meningkat tiap tahun. Plastik yang tidak terurai dengan cepat telah mencemari tanah beserta air dan juga ekosistem, sehingga diperlukan berbagai solusi yang inovatif untuk mengurangi dampaknya. Sementara itu, industri konstruksi merupakan suatu sektor penting yang dengan konsumsi material yang tinggi pula, termasuk juga agregat alam yang semakin lama semakin terbatas akibat adanya eksploitasi sumber daya yang berlebihan. Pemanfaatan limbah plastik sebagai agregat beton menawarkan solusi ganda. Hal ini mengurangi pencemaran lingkungan secara signifikan sekaligus mengurangi eksploitasi sumber daya alam. Tujuan penelitian untuk mengevaluasi karakteristik mekanis beton. Metode yang digunakan metode eksperimen, mutu beton yang rencanakan adalah $f'c$ 14,5 Mpa dengan Agregat sampah Plastik Sebanyak 0.5 % dan 1 % dari berat agregat kasar (Kerikil), umur perawatan selama 3, 14 dan 28 Hari. Hasil dari penelitian untuk berat jenis, kuat tekan dan lentur Maksimum pada umur perawatan beton 28 hari untuk masing-masing berat jenis beton untuk berat jenisnya BN sebesar 2.36 Gram/cm³, BP1 sebesar 2.32 gram/cm³ dan BP2 sebesar 2.26 Gram/cm³, sedangkan untuk kuat tekan dan lentur beton untuk beton BN kuat tekan 14.66 Mpa Kuat Lentur 2.19 Mpa, BP1 Kuat Tekan 13.51 Mpa Kuat Lentur 1.72 Mpa dan BP2 Kuat Tekan 12.17 Mpa Kuat Lentur 1.42 Mpa. Meskipun kuat tekan dan kuat lenturnya menurun, penggunaan limbah plastik dalam jumlah kecil menunjukkan potensi sebagai alternatif bahan ramah lingkungan untuk aplikasi beton non-struktural

Kata Kunci : Beton Ramah Lingkungan ; Daur Ulang ; Inovasi Material ; Limbah plastik ; Material ramah lingkungan.

ABSTRACT

Plastic waste is one of the biggest environmental problems in the world, with its volume increasing every year. Non-biodegradable plastic has polluted soil, water, and ecosystems, requiring innovative solutions to reduce its impact. Meanwhile, the construction industry is a vital sector with high material consumption, including natural aggregates, which are becoming increasingly scarce due to excessive resource exploitation. Utilizing plastic waste as concrete aggregate offers a dual solution. It significantly reduces environmental pollution while also decreasing the exploitation of natural resources. The objective of this research is to evaluate the mechanical characteristics of concrete. The method used is an experimental approach. The targeted concrete strength is $f'c$ 14.5 MPa, with plastic waste aggregate comprising 0.5% and 1% of the coarse aggregate (gravel) weight. The curing periods are 3, 14, and 28 days. The results of the study for density, compressive strength, and flexural strength show maximum values at 28 days of curing. The respective concrete densities were: Normal Concrete (NC) 2.36 g/cm³, Plastic Concrete 0.5% (PC1) 2.32 g/cm³, and Plastic Concrete 1% (PC2) 2.26 g/cm³. For compressive and flexural strength, NC had a compressive strength of 14.66 MPa and flexural strength of 2.19 MPa; PC1 had a compressive strength of 13.51 MPa and flexural strength of 1.72 MPa; PC2 had a compressive strength of 12.17 MPa and flexural strength of 1.42 MPa. Although both compressive and flexural strengths decreased, the use of small amounts of plastic waste shows potential as an environmentally friendly alternative material for non-structural concrete applications.

Keywords : Eco-Friendly Concrete; Material Innovation; Plastic Waste; Recycling; Sustainable Materials

PENDAHULUAN

Pembangunan di bidang konstruksi saat ini mengalami kemajuan yang sangat pesat. Hal ini tidak lepas dari kebutuhan infrastruktur yang semakin maju seperti gedung bertingkat, jembatan dan fasilitas lainnya (Achidah et al., 2024). Untuk Memenuhi fasilitas tersebut dibutuhkan beton, baik beton mutu tinggi maupun beton ringan. Pada umumnya beton tersusun dari semen, agregat halus, agregat kasar, air dan tambahan zat lainnya apabila dibutuhkan (Maharany & Sandora, 2022). Namun seiring perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, bahan penyusun beton juga dapat berubah atau dikombinasikan dengan bahan organik atau anorganik seperti bahan limbah plastik dan lainnya (Humaida & Murniningsih, 2024). Seiring bertambahnya pemakaian yang berbahan plastik seperti botol minuman, kantong plastik, mainan dan masih minim nya kesadaran masyarakat dalam lingkungan sehingga sangat mengawatirkan, dikarenakan masih terdapat sampah kantong plastik maupun botol plastik tersebut tidak sampai ke tempat pembuangan sampah. Sampah plastik merupakan salah satu faktor pencemarannya lingkungan, dikarenakan sampah dengan bahan plastik membutuhkan waktu yang cukup lama agar dapat terurai di tanah (Farin, 2021).

Beberapa dampak sampah yang berbahan plastik terhadap lingkungan dapat mengganggu jalur air yang teresap ke dalam tanah, limbah plastik dapat mengganggu kesuburan tanah karena dapat menghalangi sirkulasi udara di dalam tanah, pembuangan sampah plastik sembarangan di sungai akan mengakibatkan pencemaran sungai (Syamsul et al., 2025). Di sisi lain, industri konstruksi merupakan salah satu sektor dengan konsumsi material terbesar, terutama agregat alami seperti pasir dan kerikil (Ahmad et al., 2021). Eksploitasi agregat secara berlebihan menyebabkan degradasi lingkungan, termasuk erosi tanah dan penurunan sumber daya alam (Syarif et al., 2024). Oleh karena itu, perlu dikembangkan alternatif material yang lebih ramah lingkungan tanpa mengurangi kualitas beton sebagai elemen utama dalam struktur bangunan. Permasalahan limbah plastik yang terus meningkat setiap tahun menjadi tantangan serius bagi lingkungan. Plastik yang sulit terurai menyebabkan pencemaran tanah, air, dan ekosistem secara umum (Malihah & Nazairin, 2024). Oleh karena itu, upaya pemanfaatan limbah plastik dalam bidang konstruksi, khususnya sebagai bahan campuran beton, menjadi salah satu solusi inovatif yang banyak diteliti.

Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa limbah plastik dapat digunakan sebagai substitusi parsial agregat kasar maupun halus dalam beton. Menurut (Sandyna et al., 2024), penggunaan limbah plastik dalam beton dapat mengurangi berat jenis beton, menjadikannya lebih ringan, serta berpotensi meningkatkan ketahanan terhadap serangan kimia. Sementara itu, penelitian oleh Widiarini (2023) menyatakan bahwa penambahan plastik dapat mempengaruhi sifat mekanik beton, seperti kuat tekan dan kuat lentur, tergantung pada jenis dan persentase plastik yang digunakan. Selain itu, penelitian oleh Wijaya et al. (2021) menemukan bahwa penggunaan plastik sebagai agregat kasar alternatif dengan persentase tertentu (misalnya 0,5%–1%) masih memungkinkan untuk menghasilkan beton dengan performa struktural yang layak. Hal ini menunjukkan potensi pemanfaatan limbah plastik sebagai material daur ulang dalam industri konstruksi, sejalan dengan konsep pembangunan berkelanjutan.

METODE PENELITIAN

Untuk mencapai tujuan penelitian dalam memanfaatkan limbah plastik sebagai agregat beton guna meningkatkan kinerja struktural dalam konstruksi berkelanjutan, metode yang digunakan adalah eksperimen. Beton yang akan dibuat nantinya adalah beton dengan substitusi agregat kasarnya limbah plastik. mutu beton yang direncanakan adalah $f'c$ 14,5 Mpa dengan Agregat sampah Plastik Sebanyak 0.5 % dan 1 % dari berat agregat kasar (Kerikil), umur perawatan selama 3, 14 dan 28 Hari. Berikut adalah tahapan metode yang diterapkan:

1. Lokasi penelitian di laboratorium ITPA, Kota Pagar
2. Alat dan Bahan yang digunakan meliputi:
 - a. Peralatan :
 - 1) Timbangan yang digunakan untuk mengukur berat bahan pada saat pengujian bahan
 - 2) Gelas ukur dengan kapasitas 100 ml dipakai untuk pengujian kadar lumpur dan kadar organik Agregat halus yaitu pasir.
 - 3) Untuk pengujian agregat menggunakan alat sieve shaker dan Satu set ayakan
 - 4) Penggaris untuk mengukur nilai dari pengujian slump test.
 - 5) Universal Testing Mechine.
 - 6) Slump Test digunakan digunakan untuk menentukan workability.
 - 7) Cetakan silender dan Cetakan balok
 - 8) Kuas dan peralatan tambahan lainnya.
 - b. Bahan :
 - 1) Semen tipe I tanpa bahan tambah lain
 - 2) Agregat halus (pasir)
 - 3) Agregat kasar
 - 4) Air
 - 5) Limbah Plastik
3. Persiapan Bahan Tambah
Sampah plastik yang telah dikumpulkan dilebur dengan alat lebur plastik selanjutnya dicetak ditunggu sampai keras kemudian dicacah menggunakan mesin pencacah plastik setelah di cacacah di ayak menggunakan analisa saringan agregat kasar dengan ukuran yang telah direncanakan
4. Pengujian Material
Pada tahap ini dilakukan pengujian material berupa pengujian agregat. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui sifat-sifat material yang digunakan dalam produksi beton , seperti kandungan air, kadar Lumpur, Kadar Organik dan Gradasi Agregat dimana metode pengujian berdasarkan Standar Negara Indonesia.
5. Mix Design
Desain campuran menentukan komposisi campuran beton, dengan komposisi ini diharapkan diperoleh beton yang memenuhi Memiliki kuat tekan dan kuat lentur yang tinggi, keawetan serta ekonomis. Berdasarkan SNI 7656:2012 (Hunggurami et al., 2017). Komposisi campuran beton dengan mutu 14.5 Mpa untuk 1 benda uji silender dan balok dapat dilihat pada tabel 1 dan tabel 2

Tabel 1. Komposisi Campuran Beton Benda Uji Silender

| No | Kode | Semen (Kg) | Pasir (Kg) | Agregat Kasar (Kg) | | Air (Liter) |
|----|------|------------|------------|--------------------|----------------|-------------|
| | | | | Kerikil | Limbah Plastik | |
| 1 | BN | 1.7 | 4 | 5.5 | 0 | 1.3 |
| 2 | BP 1 | 1.7 | 4 | 5.47 | 0.03 | 1.3 |
| 3 | BP 2 | 1.7 | 4 | 5,44 | 0,06 | 1.3 |

Sumber : Data Penelitian, 2025

Tabel 2. Komposisi Campuran Beton Benda Uji Balok

| No | Kode | Semen (Kg) | Pasir (Kg) | Agregat Kasar (Kg) | | Air (Liter) |
|----|------|------------|------------|--------------------|----------------|-------------|
| | | | | Kerikil | Limbah Plastik | |
| 1 | BN | 4.4 | 10.3 | 13.9 | 0 | 2.9 |
| 2 | BP 1 | 4.4 | 10.3 | 13.83 | 0.07 | 2.9 |
| 3 | BP 2 | 4.4 | 10.3 | 13.76 | 0.14 | 2.9 |

Sumber : Data Penelitian, 2025

Ket :

BN : Beton Normal

BP1 : Beton Penggunaan Agregat Kasar Dari Limbah Plastik Sebanyak 0.5 %

BP2 : Beton Penggunaan Agregat Kasar Dari Limbah Plastik Sebanyak 1 %

6. Pembuatan Campuran Beton

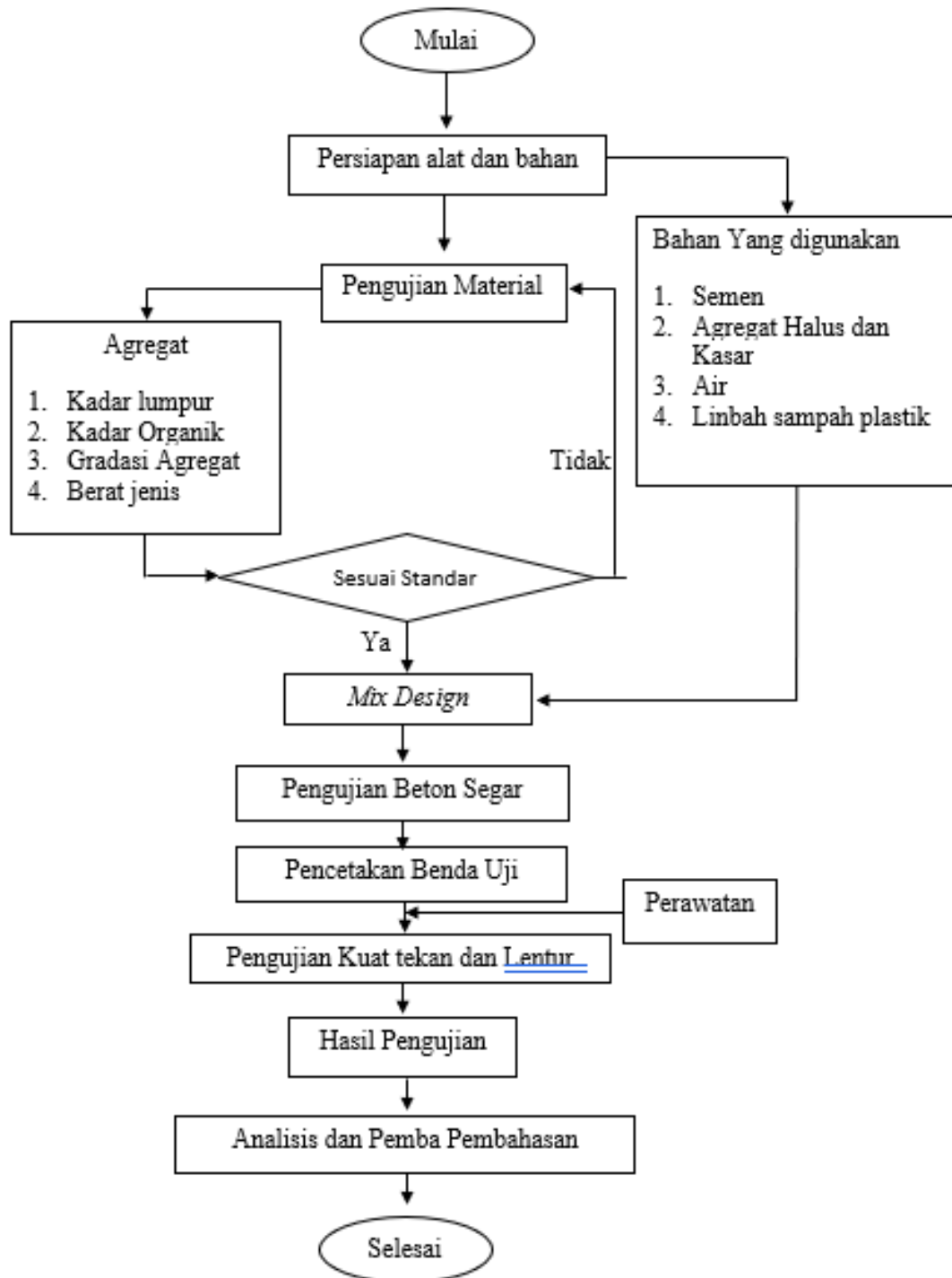
Pembuatan Beton Pada tahap ini dilakukan campuran beton dengan substitusi agregat menggunakan limbah sampah plastik. Selain itu, juga dibuat sampel beton normal sebagai sampel control

7. Pengujian Beton Segar

Pada tahap ini dilakukan pengujian beton segar yaitu uji slump, Menurut SNI 1972:2008, uji slump dilakukan untuk mengetahui komposisi beton segar (Indonesia & Nasional, 2008)

8. Pengujian Beton Keras (Kuat Lentur Beton)

Pada tahap ini dilakukan pengujian beton keras yaitu pengujian kuat tekan dan kuat lentur beton. Pengujian kekuatan tekan dan lentur dilakukan dengan menggunakan mesin UTM. Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penggunaan limbah sampah plastik terhadap kuat tekan beton (Nasional, 2011a) dan kuat lentur beton SNI 4431:2011(Nasional, 2011b)



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian karakteristik agregat halus

1. Pengujian kadar lumpur

Berdasarkan hasil pengujian kadar lumpur agregat halus didapatkan nilai kadar lumpur sebesar 1.9 % .

2. Pengujian kadar organik

Hasil pengujian kadar organik dilihat pada gambar 2 berdasarkan hasil pengujian di laboratorium menunjukkan warna kuning mudah (kekuningan) artinya memiliki kadungan organik yang rendah



Gambar 2. Pengujian Kadar Organik

3. Pengujian berat jenis

Berat jenis yang didapatkan setelah melakukan pengujian di laboratorium sebesar 2,56 Grm/Cm³

Pengujian Slump Test

Untuk nilai slump test dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3. Pengujian *Slump Test*

| No | Kode Benda Uji | Nilai Slump Test (Cm) | Standar Slump Test |
|----|----------------|-----------------------|--------------------|
| 1 | BN | 9 | Memenuhi |
| 2 | BP 1 | 7 | Memenuhi |
| 3 | BP 2 | 5 | Memenuhi |

Sumber : Data Penelitian, 2025

Berdasarkan hasil uji slump test dalam penelitian ini, terlihat bahwa beton normal memiliki nilai slump sebesar 9 cm. Sementara itu, beton dengan penambahan Agregat Kasar Sampah Plastik 0,5% menunjukkan slump sebesar 7 cm, dan pada penambahan serat 1% nilai slump-nya menjadi 5 cm. Dengan demikian, seluruh hasil tersebut masih berada dalam rentang yang dipersyaratkan, yaitu 10 ± 3 cm. Nilai slump test pada beton normal lebih tinggi dibandingkan beton dengan campuran agregat kasar yang disubstitusi limbah plastik. Hal ini disebabkan oleh sifat limbah plastik yang memiliki permukaan halus, tidak menyerap air, dan memiliki berat jenis yang lebih ringan dibanding agregat alami. Selain itu, limbah plastik juga cenderung kurang kohesif dengan pasta semen dan memiliki bentuk yang tidak beraturan, sehingga menghambat aliran campuran beton. Akibatnya, beton dengan agregat limbah plastik menunjukkan nilai slump yang lebih rendah dibanding beton normal.

Pengujian berat jenis beton

Pengujian berat jenis dilakukan setelah beton sudah melewati perawatan, sesuai dengan umur perawatan benda uji dimana dalam penelitian ini perawatan benda uji dilakukan pada umur 3, 14 dan 28 hari, untuk benda uji yang digunakan adalah selinder dan balok, untuk hasil pengujian berat jenis beton dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4. Pengujian berat jenis beton silender

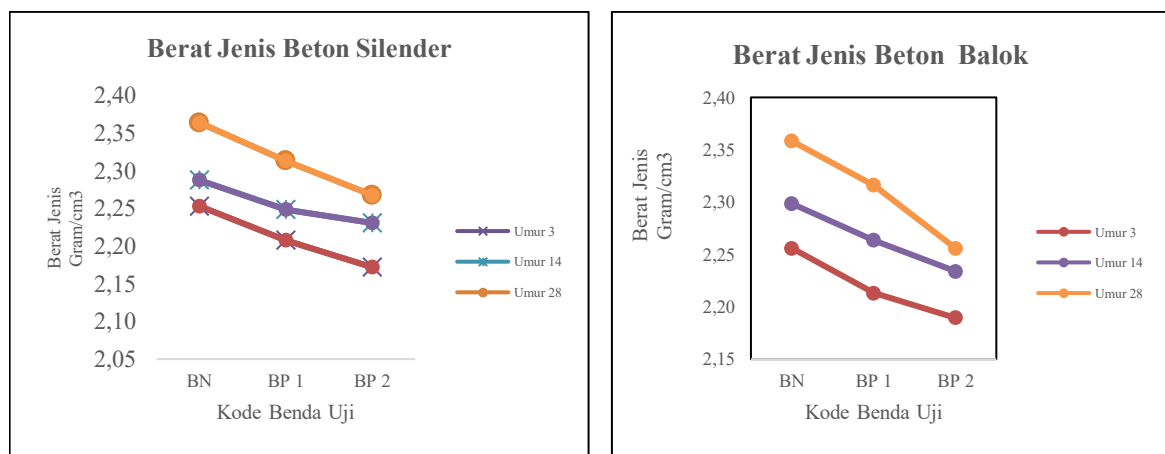
| Kode | Berat Jenis (Gram/Cm ³) | | |
|------|--------------------------------------|------|------|
| | Umur | | |
| | 3 | 14 | 28 |
| BN | 2.25 | 2.29 | 2.36 |
| BP 1 | 2.21 | 2.25 | 2.31 |
| BP 2 | 2.17 | 2.23 | 2.27 |

Sumber : Data Penelitian, 2025

Tabel 5. Pengujian berat jenis beton Balok

| Kode | Berat Jenis (Gram/Cm ³) | | |
|------|--------------------------------------|------|------|
| | Umur | | |
| | 3 | 14 | 28 |
| BN | 2.26 | 2.30 | 2.36 |
| BP 1 | 2.21 | 2.26 | 2.32 |
| BP 2 | 2.19 | 2.23 | 2.26 |

Sumber : Data Penelitian, 2025



Gambar 3. Hasil Pengujian Berat Jenis Beton Silender Dan Balok

Sumber : Data Penelitian, 2025

Dilihat dari tabel 4, 5 dan gambar 3 diatas Berat jenis beton maksimum pada umur beton perawatan 28 hari, untuk beton normal lebih besar dibandingkan beton yang menggunakan campuran agregat kasar dari limbah plastik, karena agregat alami, seperti batu pecah, memiliki massa jenis yang jauh lebih tinggi dibanding limbah plastik.

Limbah plastik bersifat ringan, sehingga saat digunakan sebagai substitusi agregat kasar, massa total beton per satuan volume menjadi lebih kecil. Selain itu, struktur plastik yang berongga dan tidak sepadat batuan alam juga menyebabkan penurunan berat jenis pada campuran beton tersebut.

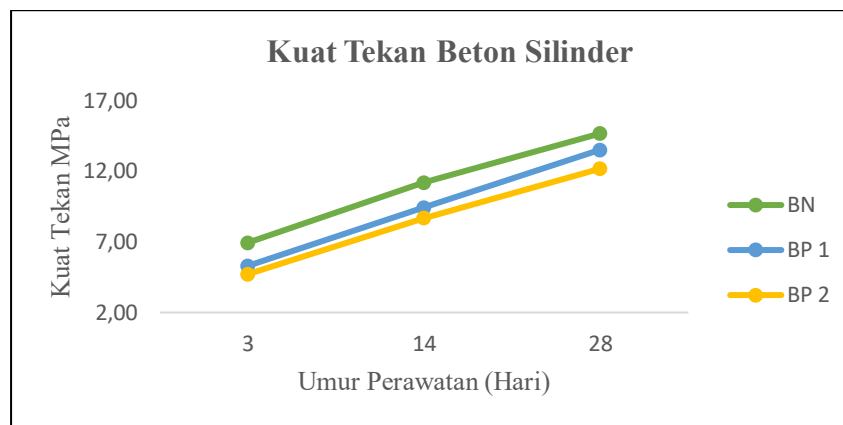
Pengujian kuat tekan dan kuat lentur beton

Pengujian kuat tekan dan kuat lentur beton dilakukan setelah beton menjalani masa perawatan serta setelah dilakukan pengujian berat jenis, dengan umur perawatan masing-masing pada hari ke-3, 14, dan 28. Pada pengujian kuat tekan dan kuat lentur beton di setiap umur tersebut, digunakan dua jenis variasi beton, yaitu beton normal, beton campuran agregat dari limbah plastik. Hasil dari pengujian ini disajikan dalam tabel 6, tabel 7, serta gambar 5 dan gambar 6.

Tabel 6 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Terhadap Umur Perawatan

| Kode | Kuat Tekan (Mpa) | | |
|------|-------------------|-------|-------|
| | Umur (hari) | | |
| | 3 | 14 | 28 |
| BN | 6.95 | 11.19 | 14.66 |
| BP 1 | 5.30 | 9.44 | 13.51 |
| BP 2 | 4.72 | 8.68 | 12.17 |

Sumber : Data Penelitian, 2025



Gambar 4. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Sumber : Data Penelitian, 2025

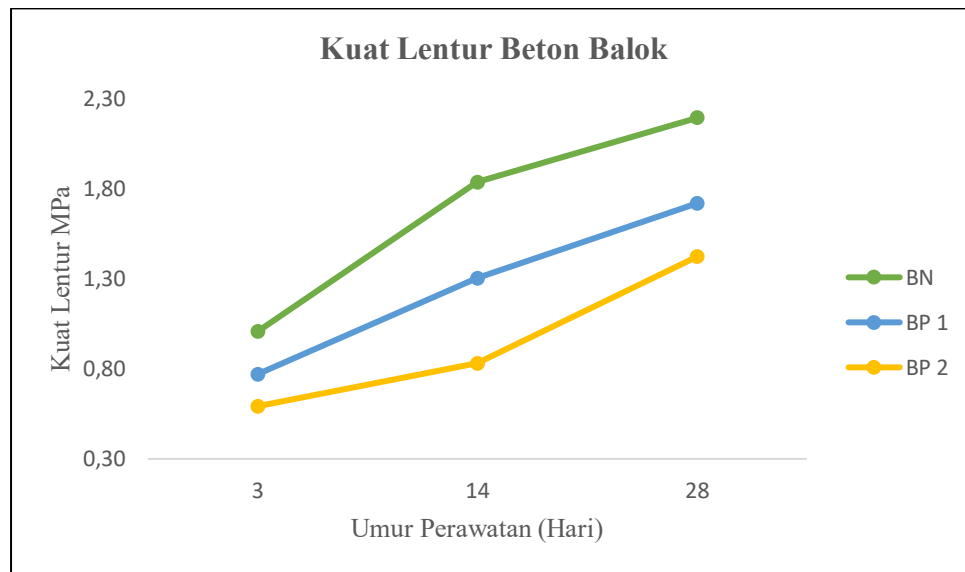
Dilihat dari hasil tabel 6 dan gambar 4 kuat tekan optimal pada umur beton 28 hari dimana kuat tertinggi pada beton normal dengan kode BN kuat tekan sebesar 14.66 Mpa, untuk beton dengan substitusi agregat kasar dari limbah plastik kuat tekhn yang paling optimal juga diumur 28 hari dengan campuran agregat kasar dari limbah plastik sebanyak 0.5% dari berat agregat kasar yakni sebesar 13.51 Mpa dan kuat tekan terendah pada beton dengan campuran agregat kasar dari limbah plastik sebanyak 1 % dengan kode BP2 sebesar 12.17 Mpa. Dilihat dari hasil Kuat tekan beton normal lebih tinggi dibandingkan beton dengan campuran agregat kasar dari limbah plastik disebabkan oleh beberapa faktor. Pertama, agregat plastik memiliki berat jenis yang lebih rendah dibandingkan agregat alami, sehingga menurunkan kepadatan dan kekuatan beton. Kedua, permukaan plastik yang halus dan tidak berpori menyebabkan ikatan antara pasta semen dan agregat menjadi lemah, sehingga melemahkan zona transisi antar muka. Ketiga, sifat mekanik plastik yang lebih lunak dan elastis dibandingkan agregat alami menyebabkan agregat tidak mampu menahan beban tekan secara optimal. Terakhir, perbedaan modulus elastisitas antara plastik dan pasta semen

mengakibatkan distribusi tegangan dalam beton menjadi tidak merata, sehingga memicu retakan mikro yang mempercepat kerusakan struktur beton.

Tabel 7. Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton Terhadap Umur Perawatan

| Kode | Kuat Lentur (Mpa) | | |
|------|--------------------|------|------|
| | Umur (hari) | | |
| | 3 | 14 | 28 |
| BN | 1.01 | 1.84 | 2.19 |
| BP 1 | 0.77 | 1.30 | 1.72 |
| BP 2 | 0.59 | 0.83 | 1.42 |

Sumber : Data Penelitian, 2025



Gambar 5. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Sumber : Data Penelitian, 2025

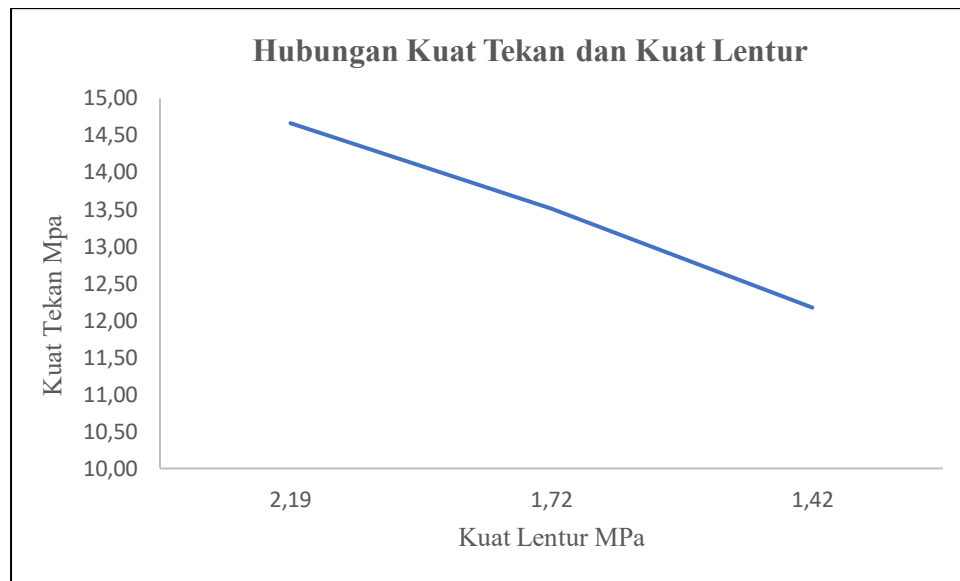
Hasil uji kuat lentur beton dengan campuran agregat kasar dari limbah plastik dilihat pada tabel dan gambar menunjukkan penurunan jika dibandingkan dengan beton normal. Penurunan ini disebabkan oleh beberapa faktor utama. Pertama, limbah plastik memiliki permukaan yang halus dan tidak berpori, sehingga ikatan antara agregat plastik dan pasta semen menjadi lemah. Kedua, sifat mekanik plastik yang lentur dan memiliki modulus elastisitas rendah menyebabkan beton lebih mudah mengalami deformasi saat menerima beban lentur. Ketiga, ketidaksesuaian karakteristik antara plastik dan pasta semen menyebabkan distribusi tegangan tidak merata, yang berpotensi menimbulkan retak mikro pada struktur beton

Hubungan kuat tekan terhadap kuat lentur beton

Tabel 8. Hubungan kuat tekan dan kuat lentur

| Kode | Kuat Tekan (Mpa) | Kuat Lentur (Mpa) |
|------|------------------|-------------------|
| BN | 14.66 | 2.19 |
| BP 1 | 13.51 | 1.72 |
| BP 2 | 12.17 | 1.42 |

Sumber : Data Penelitian, 2025



Gambar 6. Hubungan Kuat Tekan dan Kuat Lentur

Sumber : Data Penelitian, 2025

Dilihat dari data diatas Penggunaan limbah plastik sebagai substitusi sebagian agregat kasar pada campuran beton mempengaruhi penurunan nilai kuat tekan dan kuat lentur secara bersamaan. Secara umum, terdapat hubungan yang searah antara kuat tekan dan kuat lentur, di mana penurunan kuat tekan akibat penggunaan agregat plastik juga diikuti oleh penurunan kuat lentur. Hal ini disebabkan oleh rendahnya daya ikat antara limbah plastik dan pasta semen, serta sifat plastik yang lebih lentur dan ringan dibandingkan agregat alami. Akibatnya, beton menjadi kurang padat dan kurang mampu menahan gaya tarik maupun tekan. Meskipun demikian, besarnya penurunan kuat lentur cenderung lebih signifikan dibanding penurunan kuat tekan, karena kuat lentur sangat dipengaruhi oleh kualitas ikatan antar material dan distribusi tegangan dalam beton

KESIMPULAN

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan sifat mekanik beton normal dengan beton yang dicampur agregat kasar dari limbah plastik pada variasi 0,5% dan 1%. Berdasarkan hasil pengujian, beton normal menunjukkan nilai kuat tekan, kuat lentur, dan berat jenis yang lebih tinggi dibandingkan beton dengan campuran limbah plastik. Penambahan limbah plastik sebagai substitusi agregat kasar menyebabkan penurunan kekuatan mekanik beton, yang disebabkan oleh rendahnya daya ikat antara plastik dan pasta semen serta sifat plastik yang kurang kaku dibanding agregat alami. Selain itu, peningkatan persentase limbah plastik dari 0,5% menjadi 1% mengakibatkan penurunan berat jenis, sehingga beton menjadi lebih ringan. Meskipun kekuatannya menurun, penggunaan limbah plastik dalam jumlah kecil menunjukkan potensi sebagai alternatif bahan ramah lingkungan untuk aplikasi beton non-struktural.

DAFTAR PUSTAKA

- Achidah, F., Indriani, A. M., & Utomo, G. (2024). *Pengaruh Penambahan Cacahan Plastik Pet (Polyethylene Terephthalate) Pada Beton Menggunakan Agregat Kasar Batu Petangis Terhadap Kuat Tekan*. *Media Bina Ilmiah*, 18(6), 1439–1442. <https://doi.org/10.33758/mbi.v18i6.687>
- Ahmad, S. N., Hanafie, I. M., Sriwati, M., Kamba, C., Lopian, F. E. P., Risfawany, L. D., Mansyur, Syam, A., Mustika, W., Tumpu, M., Suryamiharja, D., Kusuma, A., Yafet, Irianto, & Wasolo, I. G. (2021). *Pemanfaatan Material Alternatif (Sebagai Bahan Penyusun Konstruksi)* (S. Gusty, A. Raidyarto, & Masdiana (eds.)). TOHAR MEDIA. <https://books.google.co.id/books?id=L2RaEAAAQBAJ&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
- Farin, S. E. (2021). *Penumpukan Sampah Plastik yang Sulit Terurai Berpengaruh pada Lingkungan Hidup yang Akan Datang*. Universitas Lambung Mangkurat. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.16622629>
- Humaida, N., & Murniningsih. (2024). *Dasar-Dasar Pengetahuan Lingkungan Berbasis Perubahan Iklim Global*. UrbanGreen Central Media. <https://books.google.co.id/books?id=po4HEQAAQBAJ&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
- Hunggurami, E., Bolla, M. E., & Messakh, P. (2017). *Perbandingan Desain Campuran Beton Normal Menggunakan SNI 03-2834-2000 dan SNI 7656: 2012*. *Jurnal Teknik Sipil*, 6(2), 165–172.
- Indonesia, S. N., & Nasional, B. S. (2008). *Cara uji slump beton*. Badan Standarisasi Nasional.
- Maharany, S., & Sandora, T. (2022). *Pengaruh Penambahan Serbuk Kayu Sebagai Substitusi Agregat Halus dan Bestmittel Sebagai Zat Aditif Terhadap Kuat Tekan Beton*. [http://eprints.polsri.ac.id/13820/3/File 3.pdf](http://eprints.polsri.ac.id/13820/3/File%203.pdf)
- Malihah, L., & Nazairin, A. (2024). *Sampah Plastik Sachet Dalam Perspektif Pembangunan Berkelanjutan*. *YUME: Journal of Management*, 7(1), 198–210. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10876543>
- Nasional, B. S. (2011a). *SNI 1974-2011 Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder*. Badan Standardisasi Nasional Indonesia, 20.
- Nasional, B. S. (2011b). *SNI 4431: 2011. Cara Uji Kuat Lentur Beton Normal Dengan Dua Titik Pembebanan*.
- Sandyna, A. N., Aqilla, A., Yuherlina, B., & Olivia, M. (2024). *Pengembangan Beton Ringan Agregat Plastik Untuk Sekat Kanal Di Lahan Gambut: Narrative Review*. *Jurnal Gradasi Teknik Sipil*, 8(1), 1–11. <https://doi.org/10.31961/gradasi.v8i1.2386>
- Syamsul, Swedana, I. N., & Wahyono, D. (2025). *Sosialisasi Dampak Produk Berbahan Dasar Plastik*. *LAMADJIDO: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 1(1), 1–9.

Syarif, M., Ahmad, S. N., Utomo, P. K., Purnama, H., Sari, D. P., Bachtiar, E., Isdyanto, A., Londongsalu, J., Aryadi, A., Mansyur, Herlambang, A. R., Syukuriah, Prasetyo, B. E., & Rachman, R. M. (2024). *Material Konstruksi* (S. Gusty (ed.)). TOHAR MEDIA.

<https://books.google.co.id/books?id=NtwfEQAAQBAJ&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>

Widiarini, M. R. (2023). *Pengaruh Penambahan Limbah Plastik Botol Air Mineral Terhadap Kuat Tekan, Kuat Tarik Dan Kuat Lentur Beton*. In Program Studi Sarjana Teknik Sipil Fakultas. Universitas Islam Indonesia.

Wijaya, M., Liliana, & Maryanto, M. (2021). *Limbah Plastik Polyethylene Terephtalate (Pet) Sebagai Substitusi Agregat Kasar Pada Campuran Beton Ringan*. *Jurnal Teknik: Jurnal Teoritis Dan Terapan Bidang Keteknikan*, 4(2), 165–171. <https://doi.org/10.52868/jt.v4i2.2730>



Jurnal Deformasi is licensed under
a Creative Commons Attribution-Sharealike 4.0 International License