

PEMBUATAN BETON RINGAN DENGAN PENAMBAHAN LIMBAH PLASTIK SEBAGAI SOLUSI MATERIAL EKONOMIS DAN RAMAH LINGKUNGAN

Radinda Rachmah^{1*}, Juan Felix Rumahorbo², Tia Shahrani³,
Julianto Rumapea⁴, Mahmudinta Ginting⁵, Alqawi Addlu⁶, Liana Atika⁷
Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan, Fakultas Teknik,
Universitas Negeri Medan^{1,2,3,4,5,6,7}
e-mail: radinda.5223111011@mhs.unimed.ac.id

ABSTRAK

Peningkatan jumlah limbah plastik yang sulit terurai menjadi tantangan serius bagi lingkungan, sehingga dibutuhkan inovasi dalam pemanfaatannya. Salah satu pendekatan yang berkembang adalah penggunaan limbah plastik sebagai bahan tambahan bahkan campuran dalam pembuatan beton ringan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penambahan limbah plastik terhadap fisik dan mekanik beton ringan, sekaligus memberikan solusi material konstruksi yang ekonomis dan ramah lingkungan. Limbah plastik yang digunakan yaitu limbah jenis PET (*Polythylene Terephthalate*) yang diproses menjadi butiran kecil dan digunakan sebagai tambahan material pembuatan beton ringan. Metode yang digunakan berupa eksperimen laboratorium dengan variasi limbah plastik sebesar 2%, dan 4% dari banyaknya agregat halus. Proses penelitian meliputi tahap persiapan bahan, pengujian parameter pada material, perencanaan & pembuatan beton (*slump test*), pencetakan beton, perawatan (*curing*) selama 28 hari, dan pengujian sampel beton. Hasil menunjukkan bahwa penambahan 4% limbah plastik memberikan penurunan berat jenis beton namun kuat tekan pada beton juga mengalami penurunan sebanyak 0004,34 MPa. Selain itu penambahan limbah plastik jenis PET dengan komposisi tersebut dinilai efisien karena mampu mengurangi penggunaan agregat alami, menekan biaya produksi, serta mendukung pengelolaan limbah plastik, sehingga dapat menjadi solusi material konstruksi yang ekonomis dan ramah lingkungan.

Kata Kunci: *Beton Ringan, Limbah Plastik, Material Ramah Lingkungan.*

ABSTRACT

The increasing amount of plastic waste that is difficult to decompose is a serious challenge for the environment, so innovation is needed in its utilization. One of the developing approaches is the use of plastic waste as an additional material or even a mixture in the manufacture of lightweight concrete. This study aims to analyze the effect of adding plastic waste on the physical and mechanical properties of lightweight concrete, while providing an economical and environmentally friendly construction material solution. The plastic waste used is PET (*Polythylene Terephthalate*) waste which is processed into small granules and used as an additional material for making lightweight concrete. The method used is a laboratory experiment with variations in plastic waste of 2%, and 4% of the amount of fine aggregate. The research process includes the stages of material preparation, parameter testing on materials, planning & making concrete (*slump test*), concrete molding, curing for 28 days, and testing concrete samples. The results show that the addition of 4% plastic waste reduces the specific gravity of concrete but the compressive strength of the concrete also decreases by 0.004.34 MPa. In addition, the addition of PET-type plastic waste with that composition is considered efficient because it can reduce the use of natural aggregates, lower production costs, and support plastic waste management, thus serving as an economical and environmentally friendly construction material solution.

Keywords: *Lightweight Concrete, Plastic Waste, Environmentally Friendly Materials*

Copyright (c) 2025 KNOWLEDGE : Jurnal Inovasi Hasil Penelitian dan Pengembangan

PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi di bidang konstruksi mendorong perlunya penggunaan material bangunan yang tidak hanya memiliki kekuatan dan efisiensi biaya yang baik, tetapi juga berorientasi pada keberlanjutan lingkungan. Salah satu inovasi material yang mendapat perhatian luas adalah beton ringan, karena memiliki berat yang lebih rendah dibandingkan beton konvensional tanpa mengurangi kestabilan struktur bangunan. Meski demikian, produksi beton konvensional masih berkontribusi terhadap tingginya emisi karbon dan eksploitasi sumber daya alam, sehingga perlu dilakukan pengembangan material alternatif yang lebih ramah lingkungan (Hamada et al., 2024).

Beton ringan diperoleh dengan mengganti sebagian atau seluruh agregat alami menggunakan material ringan atau daur ulang seperti limbah plastik, sehingga menurunkan densitas tanpa mengurangi kekuatan tekan untuk aplikasi non-struktural (Resende, 2024). Menurut ASTM (2017), beton ringan menggunakan agregat ringan dengan berat kering maksimum 1120 kg/m³ dan berat jenis struktural 1350–1850 kg/m³. Sumber lain menyebut beton ringan dirancang untuk mengurangi beban mati dan meningkatkan isolasi termal, dengan berat jenis 300–1850 kg/m³ tergantung agregat (Mehta & Monteiro, 2006 dalam Okumu, 2017). Secara umum, beton ringan adalah beton <1850 kg/m³ yang menggunakan agregat ringan atau bahan berpori (plastik, batu apung, *fly ash*) untuk mengurangi beban mati, meningkatkan efisiensi energi, dan mendukung keberlanjutan konstruksi.

Komposisinya umumnya terdiri dari semen, air, dan agregat halus yang diganti sebagian oleh material ringan atau berpori, seperti batu apung, busa udara, atau limbah plastik, untuk menurunkan berat jenis tanpa mengurangi kemampuan mekanik (Resende, 2024). Sifat fisik dan mekanik beton ringan bergantung pada komposisi dan jenis bahan tambahan. Penambahan limbah plastik, khususnya PET (0,9–1,4 g/cm³), dapat menurunkan massa beton, tetapi sifat hidrofobiknya melemahkan ikatan dengan pasta semen, sehingga kuat tekan berkurang (Fauzan, 2023). Penggunaan plastik daur ulang menurunkan berat jenis secara efektif, tetapi proporsi besar menyebabkan penurunan kuat tekan karena porositas pada zona fragmen plastik yang tidak homogen dengan semen (Iffat, 2025). Oleh karena itu, kadar limbah plastik harus diatur optimal agar beton tetap ringan sekaligus kuat.

Limbah plastik sulit terurai (*non-biodegradable*) dan terus meningkat, menimbulkan masalah lingkungan serius (Almohana, 2022). Produksi plastik dunia pada 2022 mencapai >400 juta ton, meningkat 1,3% dari tahun sebelumnya, namun hanya 9% yang didaur ulang, sementara >50% berakhir di tempat pembuangan atau mencemari lingkungan (Plastics Europe, 2023). Integrasi plastik daur ulang dalam konstruksi diproyeksikan mengurangi jejak karbon material hingga 30–50% dibanding agregat alami dan semen murni (Plastics Europe, 2024), sehingga penggunaan limbah plastik sebagai substitusi agregat halus pada beton ringan menjadi solusi potensial (Cao, 2022). Hal ini sejalan dengan laporan *Global Status Report for Buildings and Construction 2024/25* (UNEP & GlobalABC, 2025), yang menyatakan sektor konstruksi masih menjadi salah satu penyumbang terbesar emisi karbon global. Pada 2023, pembangunan dan produksi material seperti semen, baja, dan kaca menyumbang 37% emisi CO₂ terkait energi, dengan semen berkontribusi hampir 8%. Upaya menurunkan emisi tidak cukup melalui efisiensi energi bangunan, tetapi juga memerlukan inovasi material berkelanjutan berbasis ekonomi sirkular, termasuk substitusi agregat dengan limbah plastik, untuk mengurangi penggunaan sumber daya alam baru dan menekan jejak karbon produksi (UNEP & GlobalABC, 2025).

Data dalam laporan itu juga memperlihatkan adanya kesenjangan antara kebijakan global dan praktik lapangan, terutama di negara berkembang. Oleh karena itu, pengembangan beton ringan berbasis limbah plastik PET menjadi salah satu bentuk inovasi yang relevan dan

Copyright (c) 2025 KNOWLEDGE : Jurnal Inovasi Hasil Penelitian dan Pengembangan

aplikatif. Penelitian ini tidak hanya berkontribusi dalam mengurangi limbah plastik *non-biodegradable*, tetapi juga mendukung upaya global menuju konsep konstruksi rendah karbon (*low-carbon construction*) dan pembangunan berkelanjutan. Secara ideal, beton berkelanjutan diharapkan memiliki karakteristik ringan, kuat, ekonomis, dan ramah lingkungan. Akan tetapi, kenyataan di lapangan menunjukkan bahwa penggunaan limbah plastik dalam beton masih menghadapi tantangan seperti menurunnya kekuatan mekanik serta belum terpenuhinya standar teknis untuk aplikasi struktural (Hamada, 2024). Kondisi ini menggambarkan adanya kesenjangan antara konsep ideal beton ramah lingkungan dengan performa nyata yang dihasilkan. Selain itu yang menjadi tantangan di lapangan saat ini yaitu tingkat penerapan konstruksi hijau masih rendah akibat keterbatasan biaya, kurangnya riset terapan lokal, serta belum adanya standar teknis yang mendukung pemanfaatan limbah plastik secara luas.

Berdasarkan hasil penelitian terdahulu penambahan limbah plastik dapat menurunkan berat jenis beton namun juga memengaruhi kekuatannya (Alqahtani, 2021). Sejumlah peneliti lain juga mengungkapkan bahwa penggunaan limbah plastik dalam beton dapat membantu mengurangi volume sampah sekaligus menghasilkan material yang lebih ringan (Mohamedsalih, 2024). Selain itu substitusi sebagian agregat halus dengan limbah plastik mampu menurunkan berat jenis beton hingga 15–25%. Namun, hal tersebut sering kali diikuti oleh penurunan kuat tekan akibat lemahnya daya lekat antara partikel plastik dengan pasta semen (Mozumder, 2023). Sejalan dengan penelitian lainnya, penggunaan limbah plastik jenis PET dan HDPE sebagai pengganti agregat kasar dalam beton ringan mampu menurunkan berat jenis beton hingga sekitar 15%, namun menyebabkan penurunan kuat tekan dari 25,84 MPa menjadi sekitar 11–13 MPa pada kadar substitusi 20%.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini menawarkan kebaruan (*novelty*) berupa penggunaan kadar limbah plastik rendah (2 % dan 4 %) untuk mengidentifikasi batas optimum yang masih mampu mempertahankan kekuatan tekan sekaligus menurunkan berat jenis beton. Penelitian dengan kadar rendah seperti ini belum banyak dilakukan, khususnya menggunakan limbah plastik jenis PET pada konteks beton ringan di Indonesia. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memperkuat upaya pengurangan limbah plastik sekaligus menghadirkan solusi material konstruksi yang ringan, ekonomis, dan berkelanjutan serta diharapkan menjadi solusi praktis dan aplikatif yang berorientasi pada prinsip *green construction*.

METODE PENELITIAN

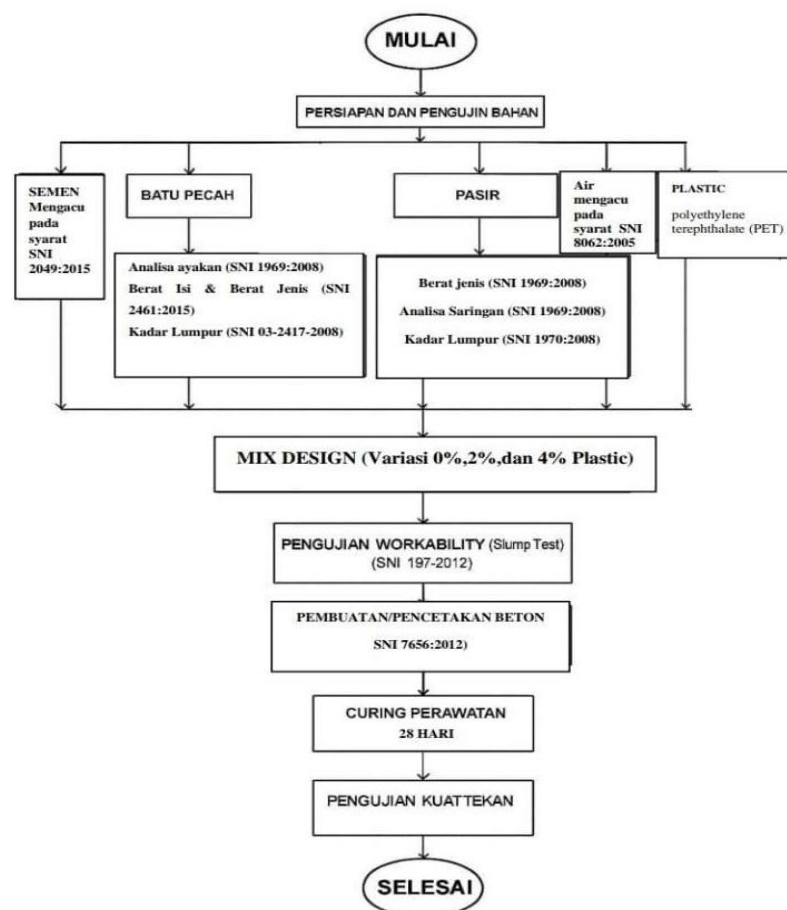
Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimen kuantitatif Laboratorium yang bertujuan untuk menganalisis pengaruh penambahan limbah plastik terhadap sifat fisik dan mekanik beton ringan. Kegiatan penelitian dilaksanakan di Laboratorium Bahan Bangunan, Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan, Universitas Negeri Medan. Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini meliputi semen Portland tipe I yang mengacu pada (Badan Standardisasi Nasional 2049, 2015), pasir halus alami sebagai agregat halus sesuai (Badan Standardisasi Nasional 03-6820, 2002) air bersih yang memenuhi ketentuan kualitas air untuk beton menurut (Badan Standardisasi Nasional 2847, 2019), serta limbah plastik jenis PET (*Polyethylene Terephthalate*) yang telah dicuci, dikeringkan, dan dipotong menjadi butiran berukuran sekitar lima milimeter agar mudah tercampur dalam adukan. Peralatan utama yang digunakan antara lain timbangan digital, mesin pengaduk beton (*mixer*), cetakan silinder berukuran 15 × 30 cm, alat uji *slump*, serta mesin uji tekan beton (*Compression Testing Machine*).

Proses penelitian diawali dengan tahap persiapan bahan, yaitu pembersihan dan pemotongan limbah plastik jenis PET menjadi butiran berukuran sekitar lima milimeter agar mudah tercampur dalam adukan beton. Selain itu persiapan bahan di mana semua material

Copyright (c) 2025 KNOWLEDGE : Jurnal Inovasi Hasil Penelitian dan Pengembangan

dikondisikan dalam keadaan jenuh permukaan kering (SSD) untuk menjaga konsistensi campuran. Selanjutnya dilakukan perancangan campuran beton dengan perbandingan 1 : 2 : 3 (semen : pasir : kerikil), dan variasi limbah plastik sebesar 0%, 2%, serta 4% dari berat agregat halus. Perancangan campuran mengikuti pedoman (Badan Standardisasi Nasional 7656, 2012) tentang tata cara pemilihan campuran beton normal, beton berat, dan beton ringan. Sebelum proses pencetakan, beton segar diuji menggunakan *Slump Test* untuk mengetahui tingkat kelecakan campuran sesuai standar (Badan Standardisasi Nasional 1972, 2008).

Setelah proses *Slump test*, beton segar dimasukkan ke dalam cetakan dan dibiarkan mengeras. Setelah dibiarkan selama 24 jam, benda uji dilepaskan dari cetakan dan direndam dalam air bersuhu 25 ± 2 °C selama 28 hari sebagai proses perawatan (*curing*) yang mengacu pada (Badan Standardisasi Nasional 2493, 2011). Setelah masa perawatan selesai, dilakukan pengujian kuat tekan menggunakan *Compression Testing Machine* berdasarkan (Badan Standardisasi Nasional 1974, 2011), sedangkan pengujian berat jenis beton dilakukan dengan menghitung perbandingan antara massa kering dan volume benda uji. Seluruh data hasil pengujian direkap dalam bentuk tabel dan grafik untuk memudahkan analisis.



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

Selain kegiatan eksperimental, penelitian ini juga didukung oleh kajian literatur sistematis untuk memperkuat landasan teori dan mendukung pembahasan hasil. Pencarian literatur dilakukan melalui beberapa basis data ilmiah, yaitu Google Scholar, ScienceDirect, ResearchGate, dan SpringerLink, dengan menggunakan kata kunci *lightweight concrete*, *plastic waste concrete*, *recycled plastic aggregate*, *PET waste in concrete*, dan *green construction*

materials. Fokus kajian diarahkan pada penelitian yang membahas pengaruh limbah plastik terhadap kuat tekan dan berat jenis beton, serta potensi penerapannya dalam dunia konstruksi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Penelitian ini dilaksanakan untuk mengetahui pengaruh penambahan limbah plastik jenis PET terhadap karakteristik beton ringan, baik dari segi berat jenis maupun kekuatan tekan. Pengujian dilakukan di laboratorium menggunakan tiga variasi campuran, yaitu tanpa penambahan plastik (0%), penambahan 2%, dan penambahan 4% dari berat agregat halus. Berdasarkan hasil uji laboratorium, diperoleh berat jenis (densitas) dan kuat tekan dari setiap variasi campuran beton. Pengujian ini bertujuan untuk memperoleh gambaran tentang pengaruh penambahan limbah plastik jenis PET terhadap karakteristik fisik dan mekanik beton ringan.

Pengukuran berat jenis dilakukan dengan menentukan perbandingan antara massa benda uji dalam kondisi kering terhadap volumenya menggunakan rumus: $\rho = \frac{m}{V}$, dengan keterangan ρ merupakan berat jenis (kg/m^3), m adalah massa benda uji (kg), dan V adalah volume benda uji (m^3). Volume dihitung berdasarkan bentuk silinder standar dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm dan untuk nilai $V = \pi r^2 h = 3.1416 \times (0.075)^2 \times 0.30 = 0.0053 \text{ m}^3$

Parameter berat jenis digunakan sebagai salah satu indikator penting untuk menilai klasifikasi beton ringan. Nilai densitas ini menunjukkan seberapa besar efisiensi berat suatu beton, karena semakin kecil berat jenisnya maka semakin ringan pula beban mati yang diterima struktur. Namun, penurunan berat jenis sering kali diikuti oleh penurunan kekuatan tekan akibat meningkatnya porositas dalam beton. Oleh karena itu, pengujian berat jenis menjadi langkah awal untuk menentukan efektivitas penambahan limbah plastik dalam mengurangi berat beton tanpa menurunkan kekuatannya secara signifikan. Berdasarkan hasil pengujian laboratorium, diperoleh nilai berat jenis dan kuat tekan beton untuk masing-masing variasi kadar limbah plastik sebagaimana disajikan pada tabel berikut:

Tabel 1. Hasil Uji Berat Jenis Beton Ringan

Variasi Beton	Berat Sampel (Kg)	Berat Jenis (Kg/m^3)	Keterangan
0% Plastik	2280	1430 kg/m^3	Beton ringan normal
2% Plastik	1202	1203 kg/m^3	Berat turun 15,9%
4% Plastik	1172	1172 kg/m^3	Berat turun 18,0%

Selain berat jenis, parameter penting lain yang dianalisis dalam penelitian ini adalah kuat tekan beton (*compressive strength*). Pengujian kuat tekan dilakukan untuk mengetahui sejauh mana penambahan limbah plastik jenis PET memengaruhi kemampuan beton dalam menahan beban tekan. Setelah proses perawatan beton selama 28 hari, benda uji diangkat dari bak *curing*, dibersihkan dari sisa air di permukaannya, kemudian diuji menggunakan mesin uji tekan beton (*Compression Testing Machine*) sesuai standar (Badan Standardisasi Nasional 1974, 2011). Setelah pengukuran berat jenis, karena sifat uji ini merusak benda uji (*destructive test*) sehingga tidak memungkinkan dilakukan pengujian lain setelahnya. Setiap benda uji diletakkan secara vertikal di antara dua pelat baja pada mesin uji, lalu diberi beban secara bertahap hingga beton hancur. Berikut hasil data pengujian kuat tekan yang disajikan dalam bentuk tabel.

Tabel 2. Hasil Uji Kuat Tekan Beton Ringan

Sampel	Berat Sampel (kg)	Kuat Tekan (MPa)
Beton 0% Plastik	2280	12.48
Beton 2% Plastik	1202	11.55
Beton 4% Plastik	1172	8.14

Berdasarkan temuan hasil penelitian memperlihatkan bahwa limbah plastik PET menurunkan kuat tekan beton seiring meningkatnya persentase substitusi agregat halus. Beton tanpa plastik (0%) menunjukkan nilai kuat tekan tertinggi sebesar 12,48 MPa, sementara beton dengan 2% limbah plastik mengalami sedikit penurunan menjadi 11,55 MPa. Penurunan yang lebih besar terjadi pada beton dengan 4% limbah plastik, di mana nilai kuat tekannya hanya mencapai 8,14 MPa. Hal ini menunjukkan adanya potensi pemanfaatan limbah plastik sebagai bahan substitusi parsial agregat halus untuk menghasilkan beton yang lebih ringan dan ramah lingkungan tanpa mengorbankan kekuatan secara signifikan.



Gambar 2. Hasil Uji Kuat Tekan Beton Ringan

Untuk memperkuat hasil penelitian, dilakukan kajian literatur terhadap sejumlah artikel ilmiah yang membahas topik sejenis dalam kurun waktu sepuluh tahun terakhir. Kajian dilakukan melalui basis data ilmiah seperti Google Scholar, ScienceDirect, ResearchGate, dan SpringerLink dengan menggunakan kata kunci *lightweight concrete*, *plastic waste concrete*, *recycled plastic aggregate*, *PET waste in concrete*, dan *green construction materials*. Dari total artikel yang ditemukan, lima di antaranya dipilih karena paling relevan dengan fokus penelitian ini, yakni pengaruh penambahan limbah plastik terhadap berat jenis dan kekuatan tekan beton.

Tabel 3. Ringkasan Hasil Kajian Literatur Acuan

No	Peneliti (Tahun)	Jenis Plastik	Persentase Substitusi	Dampak terhadap Berat Jenis	Dampak terhadap Kuat Tekan	Keterangan
1.	Alqahtani (2021)	LDPE	10%	↓ 22%	↓ 20%	Cocok untuk panel non-struktural
2.	Mozumder et al. (2023)	PET	2–4%	↓ 15%	↓ 5–10%	Optimal untuk beton ringan
3.	Hamada (2024)	Campuran plastik	5–15%	↓ 20–30%	↓ 15–25%	Perlu perlakuan permukaan plastik
4.	Mohamedsalih (2024)	PP	10%	↓ 25%	↓ 18%	Peningkatan isolasi termal

No Peneliti (Tahun)	Jenis Plastik	Persentase Substitusi	Dampak terhadap Berat Jenis	Dampak terhadap Kuat Tekan	Keterangan
5. Almohana (2022)	PET	5%	↓ 18%	↓ 12%	Berpotensi untuk bangunan ramah lingkungan

Hasil kajian literatur menunjukkan pola yang konsisten dengan temuan penelitian ini, di mana semakin tinggi kadar limbah plastik yang digunakan, semakin besar penurunan berat jenis beton, tetapi diikuti oleh berkurangnya kekuatan tekan. Penurunan kuat tekan ini disebabkan oleh karakteristik plastik yang bersifat hidrofobik, sehingga mengurangi ikatan antara partikel plastik dan pasta semen dalam zona transisi antar muka (*interfacial transition zone*).

Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan limbah plastik jenis PET berpengaruh nyata terhadap penurunan berat jenis dan kuat tekan beton ringan. Temuan ini sejalan dengan penelitian Concrete, 2006 dalam (Okumu et al., 2017) bahwa penggantian sebagian agregat alami dengan material ringan atau berpori dapat menurunkan densitas beton, namun umumnya juga berdampak pada penurunan kekuatan tekan akibat perubahan struktur mikro dan ikatan antar komponen penyusunnya. Penggunaan limbah plastik PET sebanyak 2% masih mampu mempertahankan kekuatan tekan beton dengan penurunan yang relatif kecil, sedangkan pada kadar 4% penurunan kekuatan menjadi lebih signifikan. Hasil ini konsisten dengan penelitian (Mozumder, 2023) dan (Resende et al., 2024) yang melaporkan bahwa penambahan plastik pada kadar rendah (2–4%) menghasilkan beton dengan massa jenis lebih ringan, namun peningkatan kadar plastik di atas batas tersebut justru menyebabkan penurunan kekuatan tekan secara drastis.

Ketika kadar plastik ditingkatkan menjadi 4%, kekuatan tekan menurun cukup besar akibat meningkatnya rongga udara dan lemahnya daya rekat antara partikel plastik dan pasta semen. Hasil tersebut juga sejalan dengan temuan Hamada (2024) dan Alqahtani (2021) yang menegaskan bahwa proporsi plastik di atas 10% cenderung menurunkan kekuatan tekan secara signifikan. Kemungkinan penyebab menurunnya kuat tekan pada beton secara ilmiah diakibatkan penambahan limbah plastik dapat dijelaskan melalui sifat fisik dan kimia dari material plastik itu sendiri. Plastik bersifat hidrofobik, yaitu tidak dapat berikatan baik dengan air maupun pasta semen. Kondisi ini menghambat proses hidrasi di sekitar partikel plastik sehingga terbentuk zona transisi antarmuka (*interfacial transition zone*/ITZ) yang lemah. Zona tersebut menjadi titik awal terbentuknya retakan mikro yang mengurangi kekuatan ikatan antara pasta semen dan agregat (Mehta & Monteiro, 2014). Selain itu, partikel plastik memiliki modulus elastisitas yang jauh lebih rendah dibandingkan agregat alami. Ketika beton menerima beban tekan, partikel plastik mengalami deformasi lebih besar daripada pasta semen di sekitarnya. Hal ini menimbulkan distribusi tegangan yang tidak merata sehingga mempercepat terjadinya retakan di area antarmuka semen–plastik (Iffat, 2025). Semakin tinggi kadar limbah plastik yang ditambahkan, semakin banyak area ITZ yang lemah terbentuk, yang pada akhirnya menyebabkan penurunan kekuatan tekan beton secara keseluruhan. Sejalan dengan pernyataan (Almohana, 2022) bahwa penurunan densitas beton disebabkan oleh rendahnya berat jenis plastik dan kemampuan serap air yang sangat kecil dibandingkan agregat alami, sedangkan (Mohamedsalih, 2024) menemukan bahwa campuran plastik dapat meningkatkan isolasi termal, sehingga beton menjadi lebih efisien dalam mengatur suhu ruang bangunan.

Dari sisi fisik, perbedaan berat jenis antara plastik (sekitar 0,9–1,4 g/cm³) dan agregat halus alami (sekitar 2,6 g/cm³) juga mengakibatkan ketidakhomogenan distribusi partikel dalam campuran beton. Partikel plastik yang lebih ringan cenderung mengapung ke permukaan selama proses pencampuran, membentuk rongga udara tambahan yang meningkatkan porositas beton. Kondisi ini terbukti pada hasil pengujian yang menunjukkan penurunan berat jenis beton hingga 15–18% dari nilai awal. Meskipun demikian, penambahan limbah plastik dalam jumlah kecil (sekitar 2%) masih dapat diterima untuk menghasilkan beton ringan non-struktural. Temuan ini mendukung konsep *green construction material* sebagaimana diuraikan dalam pendahuluan, di mana pemanfaatan limbah plastik sebagai bahan substitusi sebagian agregat halus tidak hanya membantu mengurangi dampak lingkungan akibat akumulasi limbah *non-biodegradable*, tetapi juga dapat menekan biaya produksi dengan mengurangi kebutuhan material agregat alami.

Dengan demikian, penelitian ini memperkuat hasil studi sebelumnya bahwa penggunaan limbah plastik jenis PET dalam kadar rendah ($\leq 2\%$) berpotensi menghasilkan beton ringan yang ramah lingkungan dan ekonomis tanpa menurunkan kekuatan mekanik secara signifikan. Namun, pada kadar yang lebih tinggi, kelebihan volume plastik dalam campuran dapat mengganggu homogenitas dan ikatan mikrostruktur beton, sehingga menurunkan kapasitas beban secara nyata. Selain itu penelitian ini memperlihatkan bahwa penggunaan limbah plastik jenis PET dalam kadar rendah dapat menjadi alternatif bahan campuran beton yang berpotensi menghasilkan material ramah lingkungan tanpa mengorbankan kekuatan secara berlebihan dan Secara keseluruhan, penelitian ini menegaskan bahwa limbah plastik jenis PET berpotensi digunakan sebagai bahan pembentuk beton ringan yang ramah lingkungan, terutama jika digunakan dalam kadar rendah.

KESIMPULAN

Penambahan limbah plastik jenis PET berpengaruh nyata terhadap penurunan berat jenis dan kuat tekan beton ringan. Semakin tinggi kadar limbah plastik yang digunakan, berat jenis beton semakin menurun, namun hal ini diikuti dengan penurunan kekuatan tekan yang signifikan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan limbah plastik sebesar 2% merupakan komposisi paling optimal karena mampu menurunkan berat jenis beton tanpa menyebabkan penurunan kekuatan tekan yang berarti kadar tersebut dinilai paling sesuai untuk digunakan pada elemen beton non-struktural, seperti panel dinding ringan, bata beton, dan paving block ramah lingkungan. Penelitian ini menegaskan potensi pemanfaatan limbah plastik PET sebagai bahan campuran alternatif yang tidak hanya berkontribusi terhadap pengurangan limbah plastik, tetapi juga mendukung pengembangan material konstruksi yang lebih ekonomis dan berkelanjutan. Harapan penelitian lanjutan disarankan untuk mengeksplorasi jenis plastik lain, ukuran butiran yang berbeda, serta perlakuan permukaan material agar daya lekat dengan pasta semen meningkat, sehingga dapat memperluas penerapan beton ringan ramah lingkungan pada skala struktural yang lebih luas.

DAFTAR PUSTAKA

- Almohana, A. I., Abdulwahid, M. Y., Galobardes, I., Mushtaq, J., & Almojil, S. F. (2022). Producing sustainable concrete with plastic waste: A review. *Environmental Challenges*, 9, 100626. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2022.100626>
- Alqahtani, F. K. (2021). Sustainable Green Lightweight Concrete Containing Plastic-Based Green Lightweight Aggregate. *Materials*, 14(12), 3304. <https://doi.org/10.3390/ma14123304>

- Badan Standardisasi Nasional. (2002). *SNI 03-6820-2002 Spesifikasi Agregat Halus untuk Pekerjaan*. Jakarta: BSN. <https://id.scribd.com/document/372074638/SNI-03-6820-2002-Spesifikasi-Agregat-Halus-untuk-Pekerjaan-PDF>
- Badan Standardisasi Nasional. (2008). *SNI 1972:2008 Cara Uji Slump Beton*. Jakarta: BSN. https://lauwtjunnji.weebly.com/uploads/1/0/1/7/10171621/sni-1972-2008_cara_uji_slump_beton.pdf Lauw Tjun Nji+1
- Badan Standardisasi Nasional. (2011). *SNI 1974:2011 Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder*. Jakarta: BSN. <https://binamarga.pu.go.id/index.php/nspk/detail/sni-19742011-tentang-cara-uji-kuat-tekan-beton-dengan-benda-uji-silinder>
- Badan Standardisasi Nasional. (2011). *SNI 2493:2011 Tata Cara Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton di Laboratorium*. Jakarta: BSN. <https://id.scribd.com/doc/214645415/SNI-2493-2011-Tata-Cara-Pembuatan-dan-Perawatan-Benda-Uji-Beton-di-Laboratorium-PDF>
- Badan Standardisasi Nasional. (2012). *SNI 7656:2012 Tata Cara Pemilihan Campuran untuk Beton Normal, Beton Berat dan Beton Massa*. Jakarta: BSN. <https://id.scribd.com/doc/256457590/SNI-7656-2012-Tata-Cara-Pemilihan-Campuran-Untuk-Beton-Normal-Beton-Berat-Massa>
- Badan Standardisasi Nasional. (2015). *SNI 2049:2015 Semen Portland*. Jakarta: BSN. <https://id.scribd.com/document/659319455/SNI-2049-2015-Semen-Portland> Scribd+2Spada+2
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). *SNI 2847:2019 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: BSN. https://lmsspada.kemdiktisaintek.go.id/pluginfile.php/543340/mod_resource/content/1/SNI%202847-2019%20Persyaratan%20beton%20struktural%20untuk%20bangunan%20gedung.pdf
- Cao, Y., Xu, C., Zhang, Q., Jin, C., Wang, S., & Wu, Q. (2022). An in-situ microscale investigation into the fracture of wood-adhesive interphase by nanoindentation. *Construction and Building Materials*, 346, 128393. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.128393>
- Fauzan, Zakaria, R. F., Nugraha, M. D. A., & Al Jauhari, Z. (2023). The Effect Of Pet And Ldpe Plastic Wastes On The Compressive Strength Of Paving Blocks. *International Journal of GEOMATE*, 24(101), 94–101. <https://doi.org/10.21660/2023.101.g12250>
- Hamada, H. M., Al-Attar, A., Abed, F., Beddu, S., Humada, A. M., Majdi, A., Yousif, S. T., & Thomas, B. S. (2024). Enhancing sustainability in concrete construction: A comprehensive review of plastic waste as an aggregate material. *Sustainable Materials and Technologies*, 40, e00877. <https://doi.org/10.1016/j.susmat.2024.e00877>
- Iffat, S. (2025). Exploring Physico-Mechanical Properties of Recycled Plastic Amended Cement Concrete. *ASEE Journal of Engineering Technology*, 42(1), 14–19. <https://doi.org/10.18260/jet.42.1.2>
- Mehta, P. K., & Monteiro, P. J. M. (2014). *Concrete: Microstructure, Properties, and Materials* (4th ed.). McGraw-Hill Education. ISBN 9780071797870
- Mohamedsalih, M. A., Radwan, A. E., Alyami, S. H., & Abd El Aal, A. K. (2024). The Use of Plastic Waste as Replacement of Coarse Aggregate in Concrete Industry. *Sustainability*, 16(23), 10522. <https://doi.org/10.3390/su162310522>
- Mozumder, R. S., Abedin, M. M., & Islam, M. T. (2023). *Experimental Study on Light Weight Concrete using Plastic Waste as a Partial Replacement of Fine Aggregate*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2552757/v1>

- Okumu, V. A., Shitote, S. M., & Oyawa, W. O. (2017). Influence of Constituent Materials Properties on the Compressive Strength of in Situ Concrete in Kenya. *Open Journal of Civil Engineering*, 07(01), 63–81. <https://doi.org/10.4236/ojce.2017.71004>
- Plastics Europe. (2023). *Plastics – The Fast Facts 2023*. <https://plasticseurope.org/knowledge-hub/plastics-the-fast-facts-2023>
- Plastics Europe. (2024). *The Circular Economy for Plastics – A European Analysis: Executive Summary*. Brussels: Plastics Europe. Retrieved from https://plasticseurope.org/wp-content/uploads/2024/03/CEreport_executivesummary_2024.pdf
- Resende, D. M., de Carvalho, J. M. F., Paiva, B. O., Gonçalves, G. dos R., Costa, L. C. B., & Peixoto, R. A. F. (2024). Sustainable Structural Lightweight Concrete with Recycled Polyethylene Terephthalate Waste Aggregate. *Buildings*, 14(3), 609. <https://doi.org/10.3390/buildings14030609>
- Specification for Lightweight Aggregates for Structural Concrete. (2017). ASTM International. https://doi.org/10.1520/C0330_C0330M-17A
- United Nations Environment Programme, & Global Alliance for Buildings and Construction. (2025, March). *Not just another brick in the wall: The solutions exist – Scaling them will build on progress and cut emissions fast. Global Status Report for Buildings and Construction 2024/2025*. United Nations Environment Programme. <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/47214>