

Analisis pemanfaatan limbah beton *ready mix* dari PT X berlokasi di Surabaya sebagai substitusi agregat kasar terhadap kuat tekan beton

Rizqi Dwi Nanda Abdur Rohman*, Nurul Rochmah, Bantot Sutiriono

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, Surabaya, Jawa Timur, Indonesia

*Corresponding authors: dwirizki953@gmail.com

Submitted: 24 April 2025, Revised: 14 May 2025, Accepted: 22 May 2025

ABSTRACT: Concrete is the most commonly used primary construction material, so increasing demand for raw materials can encourage continuous mining of coarse aggregates, which risks causing natural resource scarcity and environmental damage such as landslides. Thus, alternative materials are needed that are still rarely used but according to applicable standards. Based on this, the author took the initiative to utilize concrete waste as a substitute for coarse aggregate in making new concrete. The concrete waste used comes from ready mix test objects of PT X located in Surabaya, which produces around 8m³ of test object waste that is disposed of every month. The contribution in this study is to reduce concrete waste that pollutes the environment and evaluate whether concrete waste with similar quality can exceed the compressive strength of normal concrete. Therefore, this study aims to analyze the utilization of ready-mix concrete waste stone from PT X located in Surabaya as a substitute material for coarse aggregate in concrete mixtures with a focus on its effect on compressive strength. This study uses a quantitative method through laboratory testing with cylindrical concrete samples with a diameter of 15 cm and a height of 30 cm, totaling 36 samples. These samples will be used for concrete compressive strength tests at the ages of 7, 14, and 28 days. There are two substitution variations, namely 0% and 100%, and two planned qualities, namely Fc 25 MPa for a mixture with K-300 quality concrete waste substitution, and Fc 30 MPa for a mixture with K-400 quality concrete waste substitution. The optimum compressive strength value for the design quality f'c 25 was obtained at 21.26 MPa with 0% coarse aggregate substitution, which is 4.78% higher than 100% coarse aggregate substitution. Meanwhile, for the design quality f'c 30, the optimum value was recorded at 24.59 MPa with 0% coarse aggregate substitution, which is 10.9% higher than 100% coarse aggregate substitution. These results indicate that the compressive strength obtained has not been able to achieve the planned compressive strength target and also the use of concrete waste stone as a substitute for coarse aggregate is highly discouraged.

KEYWORDS: coarse aggregate substitution; concrete; concrete waste; construction; compressive strength.

ABSTRAK: Beton adalah bahan konstruksi utama yang paling umum digunakan, sehingga meningkatnya permintaan bahan baku dapat mendorong penambangan agregat kasar secara terus-menerus, yang berisiko menimbulkan kelangkaan sumber daya alam dan kerusakan lingkungan seperti tanah longsor. Dengan demikian, Diperlukan material alternatif yang masih jarang dimanfaatkan namun sesuai standar yang berlaku. Berdasarkan hal tersebut, penulis berinisiatif memanfaatkan limbah beton sebagai substitusi agregat kasar dalam pembuatan beton baru. Limbah beton yang digunakan berasal dari benda uji ready mix PT X berlokasi di Surabaya, yang setiap bulannya menghasilkan sekitar 8m³ limbah benda uji yang dibuang. Kontribusi dalam penelitian ini adalah untuk mengurangi limbah beton yang mencemari lingkungan dan mengevaluasi apakah limbah beton dengan mutu serupa dapat melampaui kuat tekan beton normal. Oleh sebab itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pemanfaatan batu limbah beton ready mix dari PT X yang berlokasi di Surabaya sebagai material pengganti agregat kasar dalam campuran beton dengan fokus pada pengaruhnya terhadap kuat tekan. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif melalui pengujian di laboratorium dengan sampel beton berbentuk silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm, sebanyak 36 sampel. Sampel-sampel tersebut akan digunakan untuk uji kuat tekan beton pada umur 7, 14, dan 28 hari. Terdapat dua variasi substitusi, yaitu 0% dan 100%, serta dua mutu rencana yakni Fc 25 MPa untuk campuran dengan substitusi limbah beton mutu K-300, dan Fc 30 MPa untuk campuran dengan substitusi limbah beton mutu K-400. Nilai kuat tekan optimum untuk mutu rencana f'c 25 diperoleh sebesar 21.26 MPa dengan substitusi agregat kasar 0%, yang mana nilai tersebut 4.78% lebih tinggi dibandingkan dengan substitusi agregat kasar 100%. Sementara itu, untuk mutu rencana f'c 30, nilai optimum tercatat sebesar 24.59 MPa dengan substitusi agregat kasar 0%, yang mana nilai tersebut 10.9% lebih tinggi dibandingkan dengan substitusi agregat kasar 100%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kuat tekan yang diperoleh belum mampu mencapai target kuat tekan yang direncanakan dan juga penggunaan batu limbah beton sebagai pengganti agregat kasar sangat tidak disarankan.

KATA KUNCI: substitusi agregat kasar; beton; limbah beton; konstruksi; kuat tekan.

© The Author(s) 2025. This article is distributed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International license.

1. PENDAHULUAN

Beton adalah bagian dari material konstruksi yang memiliki peran krusial dan sering digunakan pada struktur bangunan. Beton menjadi pilihan karena memiliki berbagai kelebihan, di antaranya yaitu mudah dikerjakan, bersifat ekonomis, dapat disesuaikan dengan kebutuhan bentuk, memiliki kemampuan daya tahan tekan yang optimal, kuat terhadap keausan, kedap air serta memiliki perawatan yang mudah (Juwarnoko, 2019). Meningkatnya permintaan bahan baku untuk pembuatan beton secara signifikan dapat mendorong penambangan berkelanjutan terhadap material penyusunnya, terutama agregat kasar, yang berpotensi menyebabkan kelangkaan sumber daya alam yang tersedia. Selain itu, eksploitasi secara terus-menerus juga dapat berdampak pada penurunan kualitas ekosistem yang berisiko merusak lingkungan dan memicu bencana alam seperti tanah longsor, serta mengganggu kenyamanan masyarakat sekitar. Sehingga, untuk memenuhi kebutuhan material, diperlukan alternatif material pengganti yang belum banyak dimanfaatkan, tetapi juga harus memenuhi standar yang telah ditetapkan (Michael, 2023).

Maka dari itu, penulis bermaksud memanfaatkan limbah beton untuk substitusi agregat kasar dalam pembuatan beton baru. Ini menjadi sebuah pilihan material beton yang menguntungkan, dikarenakan agregat kasar yang dimanfaatkan berasal dari material yang telah dibuang (Saputra, 2021).

Berbagai upaya substitusi agregat kasar dengan memanfaatkan limbah telah banyak dilakukan, yang diharapkan mampu berkontribusi dalam mengurangi dampak pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh limbah. Beberapa penelitian sebelumnya telah mengeksplorasi penggunaan beragam jenis limbah yang digunakan sebagai substitusi agregat kasar, seperti limbah batu bata (Yulian et al., 2023), ampas tebu (Rahmi et al., 2015), terak baja (Suryo et al., 2018), *styrofoam* (Siahaan et al., 2020), pecahan tempurung kelapa (Irawan & Khatulistiani, 2021), keramik (Purnamasari et al., 2023), ban bekas (Fernandes et al., 2022), genteng (Wardani et al., 2023), sampah plastik PET (Renaldi et al., 2024), pecahan terumbu karang mati (Barizi & Rochmah, 2024), dan batu zeolit (Yusuf & Sumantri, 2022). Selain digunakan dalam pembuatan beton baru, limbah beton juga berpotensi dimanfaatkan sebagai substitusi agregat kasar dalam pembuatan perkerasan Laston *Asphalt Concrete* (AC-WC) (Imannurrohman et al., 2020), serta sebagai substitusi agregat halus dalam pembuatan *paving block* (Vedro et al., 2024).

Menurut (Saputra, 2021) berdasarkan data diperoleh dari EU material konstruksi berasal dari limbah pembangunan dan pembongkaran yang dihasilkan diperkirakan sekitar 180 juta ton per tahun. Limbah konstruksi dapat didefinisikan sebagai bahan material yang sudah tidak digunakan dan dihasilkan

dari pekerjaan pembangunan, perbaikan, pembongkaran maupun limbah pengujian benda uji beton *ready mix*.

PT X berlokasi di Surabaya merupakan perusahaan manufaktur yang beroperasi dalam bidang produksi beton *Ready mix*. *Ready mix* yang dihasilkan oleh PT X berlokasi di Surabaya menggunakan metode *dry mix* dan *wet mix*, dengan mutu yang dihasilkan berkisar antara K100 hingga K500. Di PT X berlokasi di Surabaya jumlah produksi beton *Ready mix* setiap harinya berkisar antara 400 hingga 750 m³. Oleh sebab itu, untuk limbah yang dihasilkan dari pengujian benda uji sampel beton sangatlah banyak yaitu sekitar 8 m³ setiap bulannya.

Penggunaan batu limbah beton sebagai pengganti agregat kasar sudah banyak dipelajari dalam berbagai penelitian. Salah satunya oleh Saputra (2021), yang meneliti pemanfaatan limbah beton pada beton mutu K-250. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa substitusi batu limbah beton tidak mampu mencapai kuat tekan yang direncanakan, meskipun telah menggunakan metode SNI 2834-2000 dengan variasi proporsi 0%, 10%, 20%, dan 30%. Penelitian lain oleh Ramaditya & Amalia (2022) mengevaluasi pengaruh substitusi batu limbah beton dengan tambahan abu pelepah pisang, menggunakan metode SNI 7656-2012 dengan variasi 0%, 25%, 50%, dan 75%. Hasilnya menunjukkan bahwa kuat tekan beton substitusi tidak melebihi beton normal. Penelitian serupa juga dilakukan oleh Jaya & Ariyanto (2020) yang menerapkan substitusi agregat kasar sebesar 60%, namun hasilnya menunjukkan adanya penurunan kuat tekan pada beton dengan campuran limbah tersebut. Perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya terletak pada proporsi substitusi yang digunakan, yaitu 0% dan 100%, serta penggunaan limbah beton dengan mutu yang seragam, yakni K-300 dan K-400. Tujuan dari pendekatan ini adalah agar apabila terdapat bangunan yang direkonstruksi dengan mutu beton seragam, maka limbah beton dari bangunan tersebut dapat digunakan sepenuhnya sebagai bahan untuk pembuatan beton baru. Tanpa perlu menambahkan batu pecah, dengan tetap mengacu pada mutu rencana yang sesuai.

Beton adalah perpaduan antara semen, agregat kasar dan halus, serta air. Beton banyak digunakan dalam konstruksi, baik untuk struktur bangunan maupun infrastruktur jalan. Beton memiliki beberapa sifat, di antaranya adalah kompaktilitas, mobilitas, workabilitas, dan stabilitas (Sa'roni & Rochmah, 2024). Menurut (Agustini & Aryastana, 2017), pengujian kuat tekan yaitu beban per satuan luas yang menyebabkan benda uji beton rusak ketika diberi gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin uji tekan. (*compression testing machine*). Nilai yang dihasilkan dari pengujian ini yaitu megapascal (Mpa) atau pound per inci persegi (psi) (Putra, 2023).

Berdasarkan latar belakang dan tinjauan teori yang telah disusun, tujuan dari penelitian ini adalah

untuk menganalisis penggunaan batu hasil limbah beton *Ready mix* dari PT X berlokasi di Surabaya yang akan digunakan sebagai substitusi agregat kasar dalam campuran beton, terutama dalam mempengaruhi nilai kuat tekan beton yang dihasilkan.

Penelitian ini berperan dalam mengurangi limbah beton yang berpotensi mencemari lingkungan serta membantu mengevaluasi apakah limbah beton dengan mutu yang sama mampu melampaui kuat tekan beton normal. Dan berkontribusi juga pada bangunan yang baru saja dibongkar dan memiliki mutu beton serupa, sehingga limbah beton dari pembongkaran tersebut dapat dimanfaatkan kembali untuk pembangunan ulang.

2. METODE

Penelitian ini termasuk dalam kategori penelitian eksperimental yang melibatkan dua variabel, yakni variabel bebas dan variabel terikat. Dalam penelitian ini, variabel bebasnya adalah penggunaan batu limbah beton sebagai pengganti agregat kasar sebesar 100%, dengan dua jenis mutu limbah beton yang digunakan terdiri dari K-300 dan K-400. Sedangkan variabel terikatnya adalah hasil uji pada kekuatan tekan beton. Sampel uji yang digunakan dalam pengujian kuat tekan beton berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Mutu beton yang direncanakan terdiri dari dua jenis, yaitu F_c 25 MPa untuk campuran limbah beton mutu K-300, dan F_c 30 MPa untuk campuran limbah beton mutu K-400.

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Beton, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya. Jumlah benda uji untuk setiap variasi adalah 9 buah, dengan total terdapat 4 variasi sampel. Dengan demikian, total benda uji yang digunakan untuk pengujian kuat tekan adalah sebanyak 36 sampel. Dengan rincian sebagai pada Tabel 1.

Tabel 1. Variasi benda uji untuk kuat tekan beton

Kode	Agregat Kasar (%)		Umur Pengujian			Jumlah Benda Uji
	Batu Pecah	Batu Limbah Beton	7 Hari	14 Hari	28 Hari	
LB (0.3)	100	0	3	3	3	9
LB (10.3)	0	100	3	3	3	9
LB (0.4)	100	0	3	3	3	9
LB (10.4)	0	100	3	3	3	9
Total						36

Keterangan :

LB (0.3) = Beton normal mutu K-300 (F_c 25 MPa)

LB (10.3) = Beton dengan substitusi batu limbah beton 100% mutu K-300 (F_c 25 MPa)

LB (0.3) = Beton normal mutu K-400 (F_c 30 MPa)

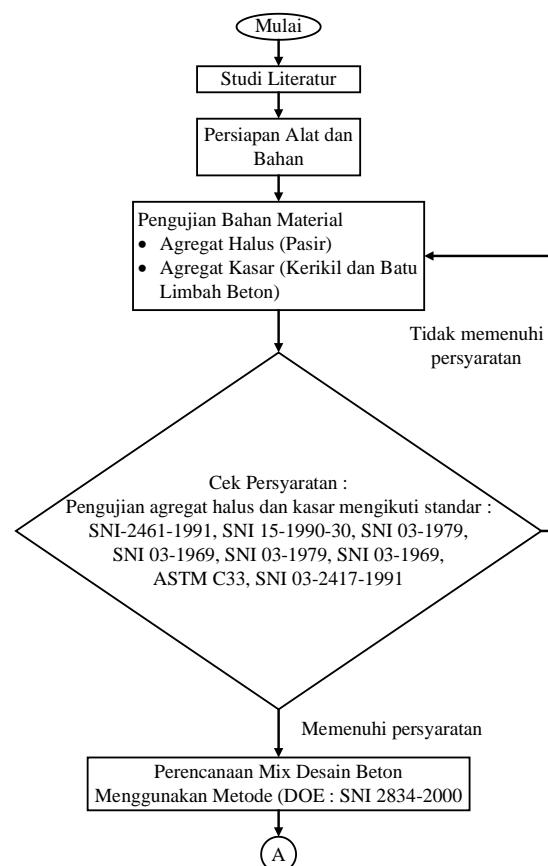
LB (10.3) = Beton dengan substitusi batu limbah beton 100% mutu K-400 (F_c 30 MPa)

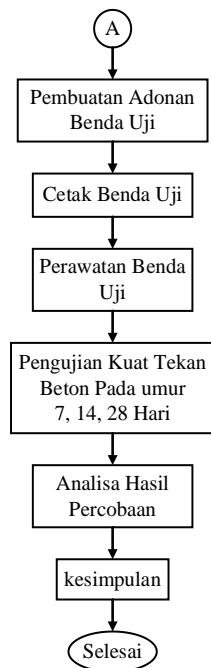
Metode yang digunakan untuk menentukan *mix desain* dalam pembuatan beton ini adalah metode DOE yang sesuai dengan (SNI 03-2834-2000 Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal, 2000). Sementara itu, pengujian kuat tekan beton dilakukan pada usia beton 7, 14, dan 28 hari dengan menggunakan alat uji tekan (*compression testing machine*). Prosedur pengujian dimulai dengan mengeluarkan benda uji dari kolam *curing* H-24 jam sebelum pengujian. Selanjutnya, luas penampang beton diukur menggunakan jangka sorong, kemudian beton ditempatkan pada mesin uji tekan untuk mengetahui seberapa besar gaya tekan yang dapat ditahan per satuan luas. Setelah beton mengalami kerusakan atau hancur, mesin dihentikan dan nilai kuat tekan dicatat. Untuk langkah-langkah dan ketentuan lebih rinci mengenai pengujian ini, dapat mengacu pada (SNI 1974:2011 Cara Uji Kuat Tekan Beton Dengan Benda Uji Silinder, 2011). Berikut ini adalah rumus yang digunakan untuk menghitung kuat tekan beton, ditampilkan pada Persamaan 1.

$$f'_c = \frac{P}{A} \quad (1)$$

dimana f'_c adalah kuat tekan beton (N/mm²), P adalah beban maksimum beton (N), dan A adalah luas penampang (mm²).

Tahapan penelitian ini secara ringkas dapat dilihat pada diagram alir yang disajikan pada Gambar 1.





Gambar 1. Diagram alir penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengujian Karakteristik Fisik Agregat

Pengujian karakteristik fisik agregat ini bertujuan untuk memperoleh data mengenai material yang akan digunakan dalam perhitungan *mix desain*. Pengujian ini dilakukan pada agregat halus (pasir) dan agregat kasar, yang meliputi batu pecah serta batu limbah beton. Hasil pengujian karakteristik fisik agregat dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengujian karakteristik fisik agregat

Parameter	Pasir	Batu Pecah	Batu Limbah Beton
Analisa saringan (FM - %)	2.45	7.45	7.60 (K-300) 7.76 (K-400)
Berat jenis SSD (kg/m ³)	2.71	2.7	2.49 (K-300) 2.45 (K-400)
Penyerapan air (%)	0.86	1.88	5.60 (K-300 & K-400)
Keausan (%)	-	28.85	38.54 (K-300 & K-400)

Berdasarkan hasil pengujian terhadap karakteristik fisik agregat yang telah dilakukan, dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

1. Hasil analisis saringan menunjukkan bahwa agregat halus termasuk dalam gradasi zona 2 dan nilai

modulus kehalusannya telah sesuai dengan standar, yaitu berada dalam kisaran 1.5%–3.8%. Sementara itu, agregat kasar memiliki ukuran maksimum 40 mm dan nilai modulus kehalusannya tidak memenuhi standar karena berada dalam kisaran 6.0%–7.1%. Hal ini terjadi akibat semakin besarnya ukuran agregat maksimum, maka nilai modulus kehalusannya juga meningkat. Selain itu, sifat agregat kasar yang digunakan cenderung terperangkap pada saringan ukuran 3/4 dan 3/8. Standar acuan untuk modulus kehalusan baik agregat halus maupun kasar merujuk pada (SNI 03-2461-1991 Spesifikasi Agregat Ringan Untuk Beton Struktural, 1991).

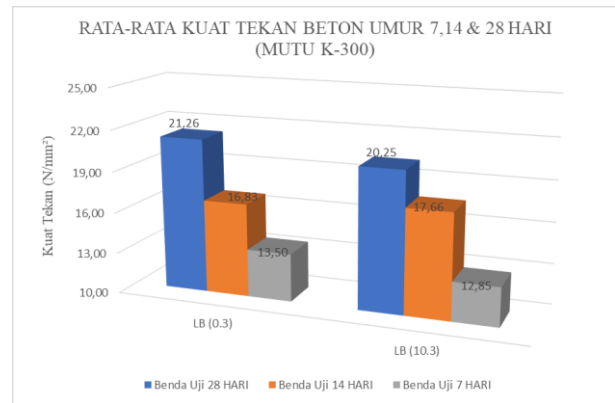
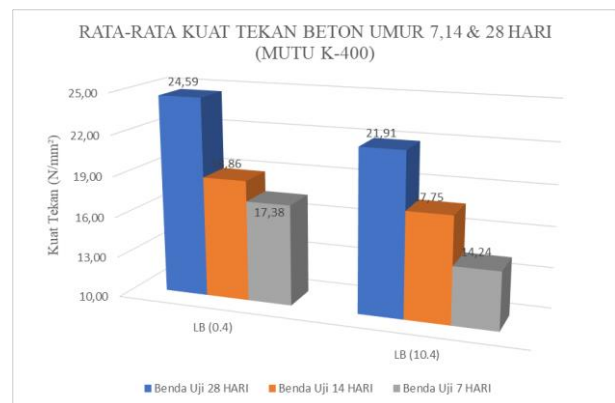
2. Hasil pengujian menunjukkan bahwa baik agregat halus (pasir) maupun agregat kasar (batu pecah) telah memenuhi standar berat jenis minimum 2.5% yang sesuai dengan (SNI 03-1979-1990 Metode Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Halus, 1990) (untuk agregat halus) dan (SNI 03-1969-1990 Metode Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Kasar, 1990) (untuk agregat kasar). Namun, batu limbah beton tidak memenuhi standar minimum berat jenis, namun tetap digunakan sebagai bahan substitusi dalam penelitian ini sebagai pengecualian. Hal ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana pengaruh ketidaksesuaian terhadap standar minimum tersebut terhadap kualitas beton yang dihasilkan.
3. Hasil pengujian menunjukkan bahwa baik agregat halus (pasir) maupun agregat kasar (batu pecah) telah memenuhi standar penyerapan air maksimum 3% yang sesuai dengan SNI (SNI 03-1979-1990 Metode Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Halus, 1990) (untuk agregat halus) (SNI 03-1969-1990 Metode Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Kasar, 1990) (untuk agregat kasar). Namun, batu limbah beton tidak memenuhi standar maksimum penyerapan air, namun tetap digunakan sebagai bahan substitusi dalam penelitian ini sebagai pengecualian. Hal ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana pengaruh ketidaksesuaian terhadap standar minimum tersebut terhadap kualitas beton yang dihasilkan.
4. Hasil uji keausan agregat kasar (batu pecah dan batu limbah beton) telah memenuhi ketentuan (SNI 03-2417-1991 Metode Pengujian Keausan Agregat Dengan Mesin Abrasi Los Angeles, 1991), yaitu tidak melebihi 40%.

3.2 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian ini dilakukan terhadap semua sampel beton pada umur 7, 14, dan 28 hari, yang berfungsi sebagai data untuk pengujian kuat tekan beton. Hasil dari pengujian tersebut ditampilkan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Hasil uji kuat tekan beton

Kode	Umur (hari)	Beban Max (N)	Kuat Tekan (N/mm ²)	Rata - Rata (N/m ²)
LB (0.3)	7	240,262.93	13.59	13.50
		205,939.65	11.65	
		269,682.88	15.25	
	14	308,909.48	17.47	16.83
		240,262.93	13.59	
		343,232.75	19.42	
	28	313,812.80	17.75	21.26
		441,299.25	24.96	
		372,652.70	21.08	
LB (10.3)	7	191,229.68	10.82	12.85
		279,489.53	15.81	
		210,842.98	11.93	
	14	446,202.58	25.24	17.66
		225,552.95	12.76	
		264,779.55	14.98	
	28	279,489.53	15.81	20.25
		377,556.03	21.36	
		416,782.63	23.58	
LB (0.4)	7	313,812.80	17.75	17.38
		318,716.13	18.03	
		289,296.18	16.36	
	14	299,102.83	16.92	18.86
		348,136.08	19.69	
		353,039.40	19.97	
	28	480,525.85	27.18	24.59
		377,556.03	21.36	
		446,202.58	25.24	
LB (10.4)	7	304,006.15	17.20	14.24
		225,552.95	12.76	
		225,552.95	12.76	
	14	333,426.10	18.86	17.75
		343,232.75	19.42	
		264,779.55	14.98	
	28	367,749.38	20.80	21.91
		377,556.03	21.36	
		416,782.63	23.58	

**Gambar 2.** Hasil rata-rata pengujian kuat tekan beton dengan rencana f'c 25 mpa (mutu limbah beton k-300)**Gambar 3.** Hasil rata-rata pengujian kuat tekan beton dengan rencana f'c 30 mpa (mutu limbah beton k-400)

Pada pengujian kuat tekan, ditemukan adanya penurunan kekuatan beton pada umur 7, 14, dan 28 hari. Penurunan yang terjadi pada beton dengan substitusi batu limbah sebesar 100% dibandingkan dengan beton normal. Hal ini disebabkan oleh karakteristik batu limbah beton yang memiliki tingkat keausan tinggi, berat jenis yang lebih rendah dibandingkan batu pecah, serta nilai modulus kehalusan yang lebih besar yang dapat berpengaruh terhadap meningkatnya porositas beton (Novianasari, 2022). Pada beton dengan substitusi 0%, kuat tekan rencana sebesar Fc 25 MPa dan Fc 30 MPa tidak dapat tercapai. Namun, jika merujuk pada Gambar 2, terdapat kejanggalan, yaitu beton berumur 14 hari dengan substitusi agregat kasar 100% menunjukkan kuat tekan yang lebih besar dibandingkan dengan substitusi 0%. Hasil ini sangat berbeda secara signifikan dibandingkan pengujian kuat tekan lainnya, di mana beton dengan substitusi 100% justru mengalami penurunan kuat tekan.

Karena usia 28 hari merupakan umur maksimum beton, maka analisis akan difokuskan pada perbedaan kuat tekan antara substitusi agregat kasar 0% dan 100% pada umur tersebut. Berdasarkan Gambar 2, yaitu pada

mutu beton Fc 25 MPa atau limbah beton mutu K-300, rata-rata kuat tekan sebesar 20.25 MPa untuk substitusi 100% batu limbah beton, sedangkan untuk substitusi 0% diperoleh rata-rata kuat tekan sebesar 21.26 MPa. Dengan demikian, terdapat selisih kuat tekan sebesar 4.78% antara kedua variasi tersebut. Dan pada Gambar 3 yaitu pada mutu beton Fc 30 MPa atau limbah beton mutu K-400, diperoleh rata-rata kuat tekan sebesar 21.91 MPa untuk substitusi 100% batu limbah beton, sedangkan untuk substitusi 0% diperoleh rata-rata kuat tekan sebesar 24.59 MPa. Dengan demikian, terdapat selisih kuat tekan sebesar 10.9% antara kedua variasi tersebut. Dengan demikian, penurunan terjadi pada substitusi batu limbah beton sebesar 100%, sebagaimana telah dijelaskan pada paragraf pertama. Data pada Tabel 1 juga sejalan dengan pernyataan yang disampaikan oleh Novianasari (2022). Meskipun rata-rata kuat tekan beton belum mencapai target seperti yang dijelaskan pada paragraf pertama, beberapa sampel individu menunjukkan hasil yang mendekati kuat tekan rencana. Untuk mutu rencana Fc 25 MPa, nilai terdekat dicapai oleh sampel (LB 0.3 Hari ke-28, Sampel ke-2) dengan kuat tekan sebesar 24.96 MPa, selisih hanya 0.15%. Sementara itu, pada mutu rencana Fc 30 MPa, hasil paling mendekati diperoleh dari sampel (LB 0.4 Hari ke-28, sampel ke-1) dengan kuat tekan 27.18 MPa, namun memiliki selisih yang cukup besar, yaitu 2.82%. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh kesalahan saat proses pemadatan beton di dalam silinder, yang mengakibatkan terbentuknya rongga dalam beton. Selain itu, faktor lain yang mempengaruhi adalah kesalahan dalam proporsi pencampuran adonan saat dimasukkan ke dalam silinder, dan kedua faktor tersebut dapat berdampak pada penurunan hasil kuat tekan beton.

Seperti yang ditunjukkan pada grafik, tabel data, dan penjelasan dalam pembahasan, bahwa substitusi batu limbah beton sebesar 100% mengalami penurunan dibandingkan dengan substitusi 0%. Temuan ini sejalan dengan penelitian sebelumnya oleh Jaya & Ariyanto (2020), yang mengindikasikan penurunan kuat tekan beton sebesar 15.65% pada penggunaan batu limbah beton sebagai substitusi sebesar 60%. Penelitian lain yang dilakukan oleh Saputra (2021) juga mengungkapkan adanya penurunan kuat tekan masing-masing sebesar 36.95% pada substitusi 10%, 38.76% pada substitusi 20%, dan 41.43% pada substitusi 30%, jika dibandingkan dengan kuat tekan beton normal.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis pada Tabel 3 serta Gambar 2 dan Gambar 3 mengenai rata-rata kuat tekan, dapat disimpulkan bahwa beton menunjukkan pola yang serupa pada setiap umur, yakni substitusi 100% batu limbah beton cenderung menghasilkan penurunan kuat tekan dibandingkan dengan substitusi batu limbah beton 0%. Namun, terdapat keanehan pada mutu rencana Fc

25 MPa pada umur 14 hari, di mana substitusi limbah beton 100% justru menunjukkan kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan dengan penggunaan batu limbah beton tanpa substitusi (0%). Hasil ini menunjukkan perbedaan signifikan dibandingkan pengujian lainnya, di mana biasanya substitusi 100% menurunkan kuat tekan, sedangkan substitusi 0% justru meningkatkannya. Penelitian ini juga menunjukkan bahwa rata-rata kuat tekan beton tidak mencapai target yang direncanakan. Pada mutu rencana Fc 25 MPa dan Fc 30 MPa, nilai rata-rata kuat tekan maksimum masing-masing diperoleh sebesar 21.26 MPa (Fc 25 Mpa) dan 24.59 MPa (Fc 30 Mpa), yang menunjukkan deviasi cukup besar dari nilai rencana, yakni sebesar 14.94% (Fc 25 Mpa) dan 18.02% (Fc 30 Mpa). Meskipun demikian, hasil kuat tekan individu hampir mendekati target, dengan selisih hanya 0.15% (Fc 25 Mpa) dan 2.82% (Fc 30 Mpa). Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa peningkatan persentase penggunaan batu limbah beton sebagai substitusi agregat kasar mengakibatkan penurunan kuat tekan beton. Hal ini menunjukkan bahwa pemanfaatan batu limbah beton sebagai substitusi agregat kasar kurang direkomendasikan.

Penelitian ini hanya menggunakan beton normal dengan substitusi batu limbah beton (100%). Dengan demikian, penulis merekomendasikan agar dalam penelitian berikutnya dapat menggunakan bahan tambahan kimia atau serat pada substitusi 100% batu limbah beton. Tujuannya adalah untuk mengetahui apakah batu limbah beton tersebut mampu mencapai atau bahkan melebihi kuat tekan beton normal. Selain itu, variasi penambahan bahan tambah kimia atau serat sebaiknya melibatkan 2–3 jenis variabel yang berbeda agar grafik hasil pengujian dapat dianalisis dengan lebih optimal. Dan saran lainnya dari penulis yaitu menggunakan limbah beton dengan mutu yang lebih tinggi dari pada mutu beton normal yang direncanakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustini, N. K. A., & Aryastana, P. (2017). Pengaruh Penambahan Abu Sekam Dan Serbuk Kaca Terhadap Kuat Tekan Dan Berat Jenis Beton. *PADURAKSA :Jurnal Teknik Sipil Universitas Warmadewa*, 6(2), 190–202. <https://doi.org/https://doi.org/10.22225/pd.6.2.488.190-202>
- Barizi, A., & Rochmah, N. (2024). Berat Isi Beton Non-Struktural Pada Pemanfaatan Terumbu Karang Mati Dari Kampung Lobuk Sebagai Substitusi Agregat Kasar. *Journal of Scientech Research and Development*, 6(1), 437–444. <https://doi.org/https://doi.org/10.56670/jsrd.v6i1.349>
- Fernandes, Y. G., Ishak, & Yusman, A. S. (2022). Analisis Substitusi Agregat Kasar Menggunakan Limbah Ban Pada Campuran Beton Terhadap Kuat Tekan Beton. *Ensiklopedia Research and Community Service Review*, 1(2), 154–159. <https://doi.org/https://doi.org/10.33559/err.v1i2.1139>
- Imannurrohman, N., Amin, M., & Sudarno. (2020). Pemanfaatan Limbah Beton Sebagai Pengganti Agregat

- Kasar Pada Perkerasan Laston Asphalt Concrete-Wearing Coarse (AC-WC). *Jurnal Reviews in Civil Engineering*, 4(1), 6–14. <https://jurnal.untidar.ac.id/index.php/civilengineering/article/view/2215>
- Irawan, D., & Khatulistiani, U. (2021). Substitusi Agregat Kasar Menggunakan Pecahan Tempurung Kelapa Pada Campuran Beton Normal. *Axial, Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Kontruksi*, 9(1), 61–070. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.30742/axial.v9i1.1703>
- Jaya, S. B. A., & Ariyanto, D. (2020). *Uji Kuat Tekan Green Concrete Dari Pemanfaatan Limbah Beton Dan Abu Sekam Padi* [Thesis]. Universitas Katolik Soegijapranata.
- Juwarnoko. (2019). *Pengaruh Penambahan Serat Kawat Bendrat Pada Campuran Beton Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Beton* [Thesis]. Universitas Negeri Semarang.
- Michael. (2023). *Pengaruh Jenis Metode Perawatan Terhadap Sifat Fisik Dan Mekanik Agregat Buatan Berbahan Dasar Fly Ash Dengan Bentonite Dan Kapur Sebagai Binder* [Thesis]. Universitas Sriwijaya.
- Novianasari, V. (2022). *Pengaruh Pemanfaatan Limbah Bongkahan Beton Sebagai Agregat Kasar Terhadap Perilaku Beton Mutu Tinggi* [Thesis]. Universitas Muhammadiyah Mataram.
- Purnamasari, E., Fathurrahman, & Alfatar, F. (2023). Pengaruh Variasi Penambahan Limbah Pecahan Keramik Terhadap Kuat Tekan Beton. *Jurnal Teknologi Terpadu*, 11(1), 88–94. <https://doi.org/https://doi.org/10.32487/jtt.v11i1.1646>
- Putra, Y. A. (2023). *Pengaruh Abu Kulit Kopi Sebagai Bahan Tambah Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Tarik Beton* [Thesis]. Universitas Batanghari Jambi.
- Rahmi, A. S., Handani, S., & Mulyadi, S. (2015). Pengaruh Substitusi Agregat Kasar Dengan Serat Ampas Tebu Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Beton K-350. *Jurnal Fisika Unand*, 4(3), 298–302. <https://doi.org/https://doi.org/10.25077/jfu.4.3.%25p.2015>
- Ramaditya, G. A., & Amalia, H. F. (2022). *Analisa Kuat Tekan Beton Ramah Lingkungan dengan Substitusi Limbah Beton Sebagai Agregat Kasar dan Penambahan Abu Pelepah Pisang* [Thesis]. Universitas Diponegoro.
- Renaldi, R., Jasman, J., & Adnan, A. (2024). Pemanfaatan Limbah Serat Plastik PET Terhadap Kuat Tekan Beton. *Konstruksi: Publikasi Ilmu Teknik, Perencanaan Tata Ruang Dan Teknik Sipil*, 2(2), 01–08. <https://doi.org/https://doi.org/10.61132/konstruksi.v2i2.207>
- Saputra, B. (2021). *Pengaruh Penggunaan Limbah Beton Sebagai Substitusi Agregat Kasar Pada Campuran Beton 10% – 20% – 30% Terhadap Kuat Tekan Beton K – 250* [Thesis]. Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat.
- Sa'roni, A., & Rochmah, N. (2024). Pengaruh Penggunaan Serbuk Abu Sekam Padi Sebagai Bahan Tambah Terhadap Resapan Beton Alir. *Journal of Scientech Research and Development*, 6(1), 422–428. <https://doi.org/https://doi.org/10.56670/jsrd.v6i1.355>
- Siahaan, N. S. M., Sumajouw, M. D., & Mondoringin, M. R. (2020). Penggunaan Styrofoam Sebagai Substitusi Parsial Agregat Kasar Terhadap Nilai Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Belah Beton ringan. *Jurnal Sipil Statik*, 8(4), 635–644.
- SNI 03-1969-1990 Metode Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Kasar, Badan Standardisasi Nasional 1 (1990).
- SNI 03-1979-1990 Metode Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Halus, Badan Standardisasi Nasional (1990).
- SNI 03-2417-1991 Metode Pengujian Keausan Agregat Dengan Mesin Abrasi Los Angeles, Badan Standardisasi Nasional (1991).
- SNI 03-2461-1991 Spesifikasi Agregat Ringan Untuk Beton Struktural, Badan Standardisasi Nasional (1991).
- SNI 03-2834-2000 Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal, Badan Standardisasi Nasional 1 (2000).
- SNI 1974:2011 Cara Uji Kuat Tekan Beton Dengan Benda Uji Silinder, Badan Standardisasi nasional 1 (2011). www.bsn.go.id
- Suryo, A. S., Rahmawati, A., & Roemintoyo. (2018). Tinjauan Terak Baja Sebagai Bahan Pengganti Agregat Kasar Terhadap Kuat Tarik Beton, Dengan Metode Perbandingan 1 : 1,5 : 2,5 (Suplemen Bahan Ajar Mata Kuliah Teknologi Beton). *Indonesian Journal Of Civil Engineering Education*, 4(1), 96–103. <https://doi.org/https://doi.org/10.20961/ijcee.v4i1.22730>
- Vedro, B. F., Sandy, D., & Tanijaya, J. (2024). Penggunaan Limbah Beton Silinder Pada Pembuatan Paving Block. *Paulus Civil Engineering Journal (PCEJ)*, 7(1), 86–93. <https://doi.org/https://doi.org/10.52722/5ktcz926>
- Wardani, D. G. L., Sugiarto, A., & Qomariah. (2023). Pengaruh Penggunaan Limbah genteng Sebagai Pengganti Agregat Kasar Pada Campuran Beton Terhadap Kuat Tekan Beton. *Jurnal Online Skripsi Manajemen Rekayasa Kontruksi*, 4(1), 1–5. <https://jurnal.polinema.ac.id/index.php/jos-mrk/article/view/1209>
- Yulian, H., Carlo, N., & Khaidir, I. (2023). Pengaruh Limbah Batu Bata Terhadap Kuat Tekan Beton. *Jurnal Teknik Sipil*, 19(2), 322–334. <https://doi.org/https://doi.org/10.28932/jts.v19i2.6176>
- Yusuf, M. D., & Sumantri, B. B. (2022). *Pengaruh Batu Zeolite Sebagai Pengganti Agregat Kasar Terhadap Kuat Tekan Beton Normal* [Thesis]. Universitas Islam Sultan Agung.