

Penggunaan Agregat Kasar dari Limbah Beton terhadap Kekuatan Beton

Rana Zakirah^{1*}, Abdullah², Zahra Amalia³

^{1*}Mahasiswa, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh 23111, Indonesia

²Dosen, ³Dosen, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh 23111, Indonesia

Email : ¹rana05@mhs.unsyiah.ac.id ²abdullahmahmud@usk.ac.id ³zahra.amalia@usk.ac.id

^{1*,2,3}Jurusan Teknik Sipil Universitas Syiah Kuala

Jalan Tgk. Syech Abdurrauf No. 7 Kopelma Darussalam Banda Aceh 23111 Indonesia

*Corresponding author

ABSTRACT

The increasing use of concrete in construction projects has led to a higher demand for concrete materials. To address this issue, the utilization of recycled concrete waste as a component in concrete mixtures has become a beneficial alternative.. By recycling concrete waste, the potential for using new materials for concrete can be reduced, and the impact of concrete waste accumulation is also diminished. This study aims to determine the strength of concrete using recycled concrete waste as coarse aggregate. Various test specimens were created with different proportions of recycled concrete waste as a replacement for a portion or the entire coarse aggregate. The test results for concrete using 0% recycled concrete waste as a substitute for coarse aggregate showed a compressive strength of 27.6 MPa after 28 days. With a variation of 50% replacement of coarse aggregate with recycled concrete waste, the compressive strength decreased to 25.8 MPa. Meanwhile, in the case of using 100% recycled concrete waste as coarse aggregate, the compressive strength reached 22.9 MPa at 28 days of age. From the test results, it can be observed that concrete with 0% recycled concrete waste content exhibited higher compressive strength compared to the other variations. The decrease in compressive strength occurred due to the use of recycled concrete waste as coarse aggregate, which led to a reduction in concrete quality compared to plain concrete. As the percentage of recycled concrete waste in the concrete mix increased, the concrete quality tended to decrease.

Keywords : concrete, recycled concrete aggregate, coarse aggregates, compressive strength, tensile strength.

ABSTRAK

Jumlah penggunaan beton dalam konstruksi bangunan telah menyebabkan peningkatan permintaan akan material beton. Untuk mengatasi hal ini, pemanfaatan kembali limbah beton sebagai bahan dalam campuran beton telah menjadi alternatif yang menguntungkan. Dengan mendaur ulang limbah beton, potensi penggunaan material baru untuk beton dapat dikurangi dan dampak penumpukan limbah beton juga berkurang. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan beton yang menggunakan agregat kasar dari limbah beton. Berbagai benda uji telah dibuat dengan variasi penggunaan limbah beton sebagai pengganti sebagian atau seluruh agregat kasar. Hasil pengujian pada beton yang menggunakan 0% limbah beton sebagai pengganti agregat kasar menunjukkan bahwa beton tersebut memiliki kuat tekan sebesar 27,6 MPa setelah 28 hari. Pada variasi 50% agregat kasar diganti dengan limbah beton, kuat tekan beton menurun menjadi 25,8 MPa. Sementara pada variasi 100% agregat kasar berasal dari limbah beton, kuat tekan beton mencapai 22,9 MPa pada usia 28 hari. Dilihat dari hasil pengujian, beton dengan penggunaan limbah beton sebesar 0% memiliki kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan dengan variasi lainnya. Penurunan kuat tekan beton terjadi karena penggunaan campuran limbah beton sebagai agregat kasar menyebabkan penurunan mutu beton dibandingkan dengan beton tanpa campuran limbah beton. Seiring dengan peningkatan persentase campuran limbah beton dalam beton, mutu beton cenderung menurun.

Kata kunci : beton, agregat limbah beton, agregat alami, kuat tekan, kuat tarik belah.

I. Pendahuluan

Perkembangan pembangunan dalam bidang konstruksi di Indonesia seperti pada gedung, jembatan, dan produk konstruksi lainnya paling banyak dibangun dengan menggunakan beton. Beton mempunyai kelebihan kuat tekan yang tinggi, tahan api, mudah dalam proses pembentukan, biaya perawatan yang terjangkau dan bahan baku beton yang mudah diperoleh, sehingga mudah dalam pengolahannya. Beton

juga memiliki kelemahan yang mana kekuatan tariknya yang lemah, dapat terjadi pemuaian jika adanya perubahan suhu, sulit dalam kedap air secara menyeluruh, dan memiliki sifat yang getas [1]. Maka dari itu, beton menjadi pilihan utama pada pembangunan dalam bidang konstruksi.

Komposisi beton meliputi gabungan beberapa unsur utama, yaitu semen, agregat halus, agregat kasar, dan air. Air berfungsi sebagai

bahan pengikat dalam campuran beton yang menggabungkan semua komponen tersebut menjadi suatu massa padat yang kuat dan tahan lama. Campuran beton ini akan dimasukkan ke dalam cetakan dan di-*curing* untuk melindungi beton dari kehilangan air akibat terik matahari atau angin. Pada umumnya pahan pembuat beton berasal dari alam, pada akhirnya bahan-bahan tersebut akan habis karena jumlahnya semakin berkurang akibat permintaan produksi beton. Jumlah permintaan beton pada pembangunan konstruksi mengakibatkan peningkatan kebutuhan akan bahan material beton. sehingga Dampaknya adalah semakin berkurangnya batuan alam, yang merupakan salah satu komponen pencampur dalam pembuatan beton dari sumber daya alam yang tersedia.

Meningkatnya penggunaan beton dalam proyek-proyek konstruksi telah mendorong permintaan akan material beton. Hal ini menyebabkan penambangan batu dalam skala besar yang digunakan sebagai komponen campuran dalam pembuatan beton, yang pada akhirnya dapat mengakibatkan penurunan ketersediaan material beton. Beberapa penelitian telah dilakukan untuk menemukan alternatif pengganti bahan beton yang bersumber dari elemen alam. Terdapat banyak penelitian yang dilakukan guna mencari alternatif pengganti material beton alami dengan bahan lain, termasuk pemanfaatan limbah konstruksi seperti limbah beton. [2].

Menggunakan kembali limbah beton sebagai bahan dalam pembuatan beton dapat menjadi pilihan alternatif yang ekonomis. Proses ini merupakan metode yang efektif dalam mengolah limbah beton, khususnya melalui penghancuran untuk menghasilkan agregat kasar yang dapat berperan sebagai opsi pengganti batu pecah alami. Limbah beton yang akan digunakandalam penelitian ini adalah sisa-sisa beton yang dihasilkan dari Laboratorium Konstruksi dan Bahan Bangunan (LKBB) Fakultas Teknik Sipil di Universitas Syiah Kuala.

Mengolah limbah beton melalui daur ulang adalah hal yang efektif untuk mengatasi masalah penumpukan limbah, terutama dengan menghancurkannya menjadi agregat kasar dan halus yang bisa berfungsi sebagai alternatif pengganti batu pecah dan pasir. [3].

Menurut [4], kekuatan beton yang dihasilkan dengan penggunaan agregat kasar dari limbah beton mencapai sekitar 84-86% dari kuat tekan yang diharapkan. Perbedaan mutu, sifat fisik, dan karakteristik kimia dari agregat limbah beton mengakibatkan variasi dalam sifat-sifat material beton, termasuk penurunan kuat tekan, kuat tarik, dan modulus elastis [5].

Dalam penelitian ini, dilakukan pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah menggunakan total 36 benda uji. Pengujian ini akan dilakukan pada umur beton yang berbeda, yaitu 7, 14, dan 28 hari. Sampel beton yang akan digunakan akan melibatkan penggunaan variasi substitusi agregat kasar dari limbah beton, yakni 0%, 50%, dan 100%. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui bagaimana penggunaan limbah beton sebagai alternatif pengganti agregat kasar dapat mempengaruhi sifat mekanis dari campuran beton.

II. Metodologi Penelitian

Pada tahapan ini terdiri atas studi literatur, objek yang diteliti, metode pengambilan dan memproses data dengan menggunakan peralatan yang sesuai, dan menganalisis hasil data yang telah terkumpul

A. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini dilakukan di Laboratorium Konstruksi dan Bahan Bangunan Jurusan Teknik Sipil Universitas Syiah Kuala Banda Aceh.

B. Sumber Data Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan di LKBB Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala. Sumber data akan diperoleh dari hasil pengujian yang akan dilakukan di laboratorium. Pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan dengan pencatatan, pengamatan, dan dokumentasi dari setiap pengujian. Data yang dimaksud berupa data sifat fisis, serta data pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah. Dari data yang dihasilkan tersebut akan dilakukan pengolahan data menggunakan *Microsoft Excel* kemudian akan disajikan dalam tabel dan grafik.

C. Prosedur Penelitian

Tahapan penelitian ini adalah dengan mempersiapkan bahan dan material serta peralatan yang akan digunakan dalam penelitian. Lalu dilakukan perencanaan dan

pembuatan benda uji, selanjutnya akan dilakukan pengujian sifat fisis dan sifat mekanis. Setelah memperoleh hasil dari pengujian sifat fisis dan mekanis maka akan dihitung perbandingan kekuatan antar variasi agregat kasar dari limbah beton sebesar 0%, 50%, dan 100%.

Semen yang digunakan adalah jenis semen portland tipe I dengan merek Andalas, yang dikemas dalam kemasan berat 40 kg per zak, yang diperoleh dari toko dalam kondisi yang baik dan tersegel. Semen Portland grade I tidak memiliki persyaratan khusus untuk digunakan seperti semen lainnya. Biasa digunakan dalam konstruksi beton umum [6].

Dalam penelitian ini, agregat yang dimanfaatkan adalah agregat halus dengan ukuran yang melewati saringan dengan lubang 4,76 mm namun tertahan pada saringan dengan lubang 0,05 mm. Sementara untuk agregat kasar, digunakan agregat yang lolos pada saringan berdiameter 19,1 mm namun tertahan pada saringan berdiameter 4,76 mm.

Pada penggunaan air, SNI [8] Secara umum, air minum biasanya diperbolehkan digunakan sebagai air pencampur beton tanpa harus melalui pengujian khusus. Air yang dapat digunakan seperti air minum, air bebas pada agregat, dan air yang tidak bisa diminum [8]. Limbah beton yang digunakan berasal dari sisa pengujian Laboratorium Konstruksi dan Bahan Bangunan. Limbah beton yang digunakan sebagai pengganti sebagian atau seluruh agregat kasar. Limbah sisa campuran beton ini merupakan sisa-sisa dari hasil pengujian yang tidak dipergunakan lagi. Limbah tersebut akan pecahkan secara manual dengan martil dan disaring hingga mencapai ukuran agregat yang sesuai.

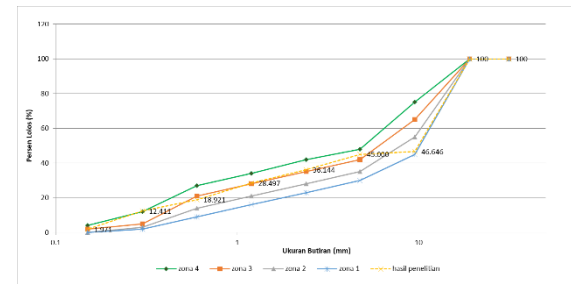
Karakteristik dari agregat yang digunakan ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik Agregat

Uji Sifat Fisis	Pasir	Agregat Kasar Alam	Agregat Kasar Limbah Beton
Berat Jenis (SSD). g/m ³	2,61	2,68	2,45
Berat Jenis (OD). g/m ³	2,54	2,64	2,34
Berat Volume	1,71	1,46	1,29
Penyerapan air, %	2,79	1,44	5,04
Modulus Kehalusan	2,82	6,92	6,97

Berdasarkan diagram gradasi pada Gambar 1, dapat diperoleh informasi bahwa agregat halus

dan agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini berada dalam kategori zona 4 dan zona 4 menurut SNI [9].



Gambar 1. Grafik gradasi kombinasi antara agregat halus dan agregat kasar

Tabel 2. Proporsi Campuran Beton

Material	Proporsi Substitusi Agregat Kasar		
	0% (kg/m ³)	50% (kg/m ³)	100% (kg/m ³)
Air	204.80	204.80	204.80
Semen	409.60	409.60	409.60
Agregat Kasar	952.15	476.08	0.00
Agregat Kasar Limbah Beton	-	423.32	846.65
Pasir	779.03	779.03	779.03

Tahap perencanaan campuran beton dilakukan untuk menentukan komposisi setiap bahan yang membentuk beton. Dalam penelitian ini, pencampuran beton dilakukan melalui proses pembuatan desain campuran (*mix design*) yang mengacu pada SNI [10]. Ukuran maksimum diameter agregat yang digunakan adalah 19,1 mm. Proporsi campuran beton dijelaskan dalam Tabel 2. Faktor air semen yang diterapkan adalah sebesar 0,5.

Pembuatan benda uji pada penelitian ini sebanyak 36 benda uji yang terdiri dari 3 variasi 0%, 50%, 100%. Setiap variasi campuran beton memiliki total 9 benda uji yang akan diuji untuk mengukur kuat tekan, serta 3 benda uji yang akan diuji untuk pengujian kuat tarik belah.

Variasi persentase substitusi agregat 50%, dan 100% diambil dari komposisi agregat kasar yang lolos saringan 19,1 mm serta tertahan di saringan 4,76 mm dan agregat halus yang digunakan adalah yang lolos saringan 4,76 mm. Perbandingan antara agregat kasar (baik agregat kasar alami maupun agregat kasar limbah beton) adalah 45% dan 55% untuk agregat halus.

D. Benda Uji

Dalam lingkup penelitian ini, dilaksanakan pengujian untuk mengevaluasi nilai kuat tekan dan kekuatan tarik belah pada silinder beton dengan campuran agregat kasar yang berasal dari limbah beton, serta campuran dengan agregat kasar dari beton alami sebagai perbandingan. Variasi yang akan di uji yaitu kuat tekan beton dan kuat tarik belah beton dengan variasi limbah beton pengganti agregat kasar sebesar 0%, 50%, dan 100%. Jumlah beda uji yaitu sebanyak 36 buah. Untuk benda uji dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Benda Uji

Benda Uji	Pengujian	Umur Beton (Hari)	Proporsi Limbah Pengganti Agregat Kasar	Nama Benda Uji	Jumlah Benda Uji
Silinder d = 150 mm; t = 300 mm	Kuat Tekan	7	0%	T-KRA1	3
		14		T-KRA2	3
		28		T-KRA3	3
		50%	7	T-RAH1	3
			14	T-RAH2	3
			28	T-RAH3	3
		100%	7	T-RAF1	3
			14	T-RAF2	3
			28	T-RAF3	3
Kuat Tarik Belah		28	0%	TB-KRA	3
		28	50%	TB-RAH	3
		28	100%	TB-RAF	3
TOTAL					36

Setelah proses pengecoran selesai, sampel beton akan disimpan dalam lingkungan laboratorium yang tidak terkendali. Setelah periode 24 jam, beton sudah bisa dikeluarkan dari bekisting baja dan dilakukan perendaman dalam kolam selama umur pengujian yang telah ditetapkan. Pengujian kuat tekan beton akan dilakukan pada 7, 14, dan 28 hari dengan menggunakan mesin uji tekan [11].

Pengujian beton di umur 7 hari ini bertujuan untuk mengukur kekuatan awal pengikatan beton, sementara pengujian pada umur 28 hari mewakili tahap pengikatan lanjutan hasil hidrasi semen. Pengujian kuat tarik belah beton akan dilakukan pada hari ke-28 dengan menggunakan mesin uji tekan sesuai standar SNI [12].

Hasil rata-rata dari pengujian yang telah dilakukan dihitung dari tiga benda uji untuk masing-masing variasi beton.

III. Hasil dan Pembahasan

A. Kuat Tekan Beton

Kuat tekan yaitu nilai beban per satuan luas yang mengakibatkan sampel beton mengalami keruntuhan sewaktu diberikan gaya tekan khusus yang dihasilkan oleh mesin uji tekan [13]. Kekuatan tekan beton digunakan untuk

mengukur kualitas struktur. Semakin besar kebutuhan terhadap kekuatan struktural yang diinginkan, semakin tinggi pula standar kualitas yang harus dipenuhi oleh beton yang digunakan [14].

Proses pengujian kuat tekan dilakukan pada campuran beton dengan tiga variasi penggunaan agregat limbah beton, yaitu 0%, 50%, dan 100%, pada tiga tahap umur beton yaitu 7 hari, 14 hari, dan 28 hari. Uji ini dilakukan dengan menggunakan benda uji berbentuk silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Sebelum dilakukannya pengujian, setiap silinder benda uji harus ditimbang untuk mendapatkan data berat masing-masing benda uji. Kemudian, benda uji ditempatkan secara vertikal pada alat uji yang sesuai. Pengujian kuat tekan beton dapat dilihat pada Gambar 2.



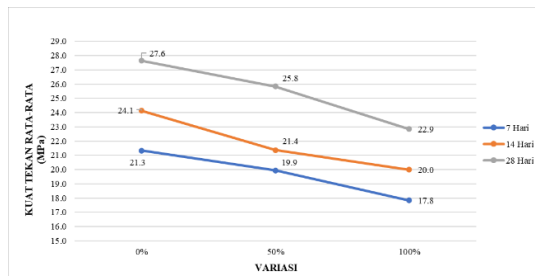
Gambar 2. Pengujian Kuat Tekan Beton

Proses pengujian dimulai dengan memberikan beban tekan secara merata dari atas, arah vertikal, sepanjang seluruh panjang silinder. Pada saat pengujian kuat tekan silinder beton, mesin uji akan secara perlahan memberikan beban vertikal hingga benda uji mengalami keruntuhan. Lalu dilakukan pencatatan beban maksimum yang telah diterima benda uji sewaktu dilakukan pembebanan, pengamatan terhadap pola kehancuran benda ujinya, Setelah proses pengujian selesai, nilai kuat tekan akan dihitung berdasarkan data yang diperoleh dari pengujian ini.

Tabel 4. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Variasi	7 Hari fc' (MPa)	14 Hari fc' (MPa)	28 Hari fc' (MPa)
0%	21,33	24,13	27,65
50%	19,94	21,36	25,84
100%	17,84	20,00	22,85

Dari Tabel 4 terlihat bahwa hasil kuat tekan tertinggi dimiliki oleh beton tanpa agregat dari limbah beton pada setiap pertambahan umur. Beton cenderung mengalami peningkatan kekuatan tekan seiring bertambahnya umur di semua variasi pergantian agregat kasar dari limbah beton. Namun, terjadi penurunan kekuatan beton disetiap penambahan agregat kasar dari limbah beton. Untuk variasi 50% telah mencapai kekuatan rencana yaitu sebesar 25,8 Mpa dimana kuat rencana yang direncanakan adalah 25 Mpa.



Gambar 3. Hubungan antara variasi limbah beton dan kuat tekan umur 7, 14, dan 28 hari

Dari Gambar 3, terlihat bahwa kuat tekan beton yang tidak menggunakan agregat limbah beton memiliki nilai kuat tekan tertinggi, yaitu 21,3 MPa pada umur 7 hari, 24,1 MPa pada umur 14 hari, dan 21,3 MPa pada umur 28 hari. Pada campuran beton dengan variasi 50% agregat limbah, diperoleh nilai kuat tekan yang dicapai adalah 19,9 MPa pada umur 7 hari. Nilai ini lebih rendah daripada beton tanpa agregat limbah (0%). Sementara itu, pada campuran beton dengan variasi 100% agregat limbah, nilai kuat tekan yang dihasilkan adalah 17,8 MPa pada umur 7 hari.

Dari seluruh variasi pengujian, beton dengan agregat limbah variasi 100% memiliki kuat tekan beton paling rendah. Beton dengan agregat limbah variasi 100% juga tidak memenuhi kuat tekan rencana sebesar 25 Mpa. Ini terjadi karena adanya pengaruh dari limbah beton yang digunakan. Sisa-sisa limbah beton yang digunakan dari Laboratorium Konstruksi dan Bahan Bangunan ini terdiri dari beton K-175, K-250, K-275, dan K-300. Ini menjadi salah satu penyebab mengapa beton dengan

variasi agregat 100% dari limbah beton tidak mencapai mutu beton yang direncanakan.

B. Kuat Tarik Belah Beton

Kuat tarik beton merupakan salah satu parameter yang sangat signifikan untuk mengukur kualitas dan kekuatan beton. Pengujian kekuatan tarik belah ini dilaksanakan menggunakan alat uji kekuatan tekan yang tersedia di LKBB Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik USK.

Data nilai tarik belah diperoleh melalui proses uji tekan di laboratorium, di mana pembebanan horizontal diberikan pada masing-masing silinder benda uji hingga mencapai kekuatan maksimalnya. Selama pengujian, sampel beton ditempatkan di antara dua pelat pembebanan, dan antara pelat-pelat tersebut juga ditempatkan bantalan kayu.

Pada pengujian tarik dilakukan saat beton telah mencapai usia 28 hari, dimana gaya tarik diberikan pada beton. Kekuatan tarik beton pada umumnya lebih rendah, berkisar antara 8-15% dari kuat tekan beton. Proses pengujian kuat tarik beton mengacu pada standar SNI [12]. Sampel uji ditempatkan pada perangkat uji tekan dalam posisi mendatar dan beban vertikal diberikan sepanjang panjang silinder. Beban ini akan terus ditingkatkan hingga terjadi kerusakan pada silinder akibat tegangan tarik horizontal [15].

Sebelum pengujian, ukuran dan berat benda uji dilakukan pencatatan terlebih dahulu. Kemudian mesin akan memberikan beban tekan secara vertikal dari atas ke bawah sepanjang benda uji silinder. Beban akan bertambah perlahan hingga sampel terbagi menjadi dua bagian. Dari hasil uji tersebut, dapat diketahui besarnya beban maksimal yang dapat ditahan oleh setiap sampel uji. Pengujian kuat tarik belah beton dapat dilihat pada Gambar 4.

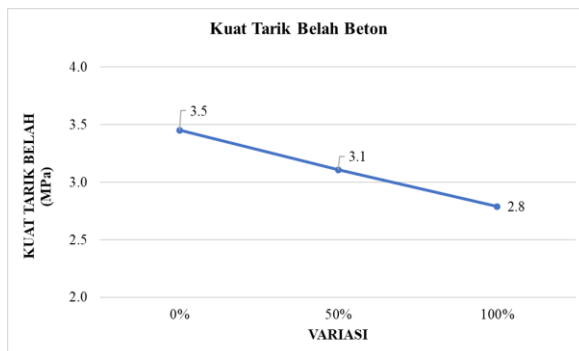


Gambar 4. Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Hasil pengujian nilai kekuatan tarik belah pada berbagai variasi penggunaan agregat kasar dari limbah beton, yaitu 0%, 50%, dan 100%, setelah mencapai usia 28 hari, telah diuraikan dalam Tabel 5. Selanjutnya, Gambar 5 memberikan ilustrasi mengenai hubungan antara variasi limbah beton tersebut dengan nilai kekuatan tarik belah pada umur 28 hari..

Tabel 5. Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Variasi	28 Hari fc' (MPa)
0%	3,45
50%	3,11
100%	2,79



Gambar 5. Hubungan antara variasi limbah beton dan kuat tarik belah umur 28 hari

Terlihat pada Gambar 5 Hasil pengujian kekuatan tarik belah beton pada usia 28 hari mengindikasikan adanya penurunan kekuatan pada beton. Pada variasi penggunaan 100% agregat limbah beton, didapatkan nilai kekuatan tarik belah sebesar 2,8 MPa. Nilai kuat tarik belah tertinggi pada variasi agregat tanpa limbah beton sebesar 3,5 Mpa. Penurunan nilai kuat tarik belah terjadi saat peningkatan jumlah limbah beton yang digunakan. Hal ini disebabkan oleh

karakteristik pecahan kerikil batu dalam limbah beton, yang umumnya memiliki kekuatan tarik yang lebih rendah karena adanya ikatan yang kurang kuat dan permukaan batu yang halus atau licin [16].

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan dari penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan yaitu untuk variasi 0% nilai kuat tekan beton pada umur 28 hari lebih tinggi dari nilai kuat tekan beton yang direncanakan ($f_c = 25$ MPa), sedangkan nilai kuat tekan untuk variasi 50% sama dengan nilai kuat tekan beton rencana dan variasi 100% menghasilkan nilai kuat tekan beton ($f_c = 22,9$ MPa) yang lebih rendah dibandingkan dengan nilai kuat tekan beton yang direncanakan. Penurunan ini mencapai 8,4% dibandingkan dengan nilai kuat tekan beton rencana. Dari hasil penelitian ini, diketahui bahwa penggunaan agregat kasar dari limbah beton dalam campuran beton dapat mengakibatkan penurunan signifikan pada nilai kuat tekan beton yang telah direncanakan sebelumnya.

Berdasar pada hasil penelitian, dapat disimpulkan juga bahwa limbah beton memiliki potensi untuk dimanfaatkan dalam campuran beton sebagai cara untuk mengurangi pembuangan limbah beton yang tidak terpakai. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi peningkatan kekuatan beton ketika menggunakan limbah beton sebagai pengganti sebagian agregat kasar, terutama pada variasi dengan penggantian sebesar 50%. Pada variasi ini, ditemukan bahwa beton memiliki kekuatan tekan sebesar 25,8 MPa dan kekuatan tarik sebesar 3,11 MPa.

Namun, saat menggunakan limbah beton untuk menggantikan seluruh agregat kasar (variasi 100%), kekuatan beton hanya mencapai sekitar 91,6% dari nilai kuat tekan beton yang telah direncanakan sebelumnya.

V. SARAN

Berdasarkan hasil penelitian ini, ada beberapa saran yang dapat diambil untuk penelitian dan pengembangan lebih lanjut yaitu dapat dilakukannya pengkajian efek dari penambahan zat aditif dalam campuran beton. Zat aditif ini dapat diuji untuk melihat meningkatkan kekuatan atau sifat lain dari beton, seperti ketahanan terhadap kondisi lingkungan yang ekstrem.

Diperlukan ketelitian yang tinggi dalam melakukan pengujian material agar dihasilkan beton dapat lebih baik lagi dan lebih konsisten.

Penelitian lebih lanjut perlu dilakukan dengan menggunakan limbah beton yang memiliki mutu tertentu. Hal ini dapat membantu mengontrol kualitas hasil beton yang dihasilkan dan memberikan pandangan yang lebih jelas mengenai potensi penggunaan limbah beton dalam konstruksi. serta melakukan penelitian lanjutan untuk pencampuran limbah beton sebagai pengganti agregat kasar pada komponen struktur seperti balok, kolom, dan sebagainya.

Daftar Pustaka

- [1] Tjokrodinuljo, K. 2007. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Andi.
- [2] Patah, D., & Amry. 2022. *Pengaruh Limbah Beton Sebagai Pengganti Agregat Kasar Pada Kekuatan Beton*. Jurnal Teknologi Terpadu Vol. 10 No. 2 Oktober 2022. ISSN: 2338 - 6649.
- [3] Hariyanto 2018. *Pemanfaatan Limbah Bangunan Sebagai Pengganti Agregat Kasar Pada Pembuatan Beton Normal*. Jurnal Ilmiah Teknosains, Vol. 4 No.2 November 2018 93. p-ISSN 2460-9986. e-ISSN 2476-9436
- [4] Hardjasaputra, H., Ciputera, A., Susanto, F., 2008. *Pengaruh Penggunaan Limbah Konstruksi Sebagai Agregat Kasar dan Halus Pada Kuat Tekan Beton Daur Ulang*, 5: 2-7.
- [5] Punusingon, M, A., Handono, B. D. dan Pendaleke, R., 2019. *Uji eksperimental kuat tekan beton daur ulang dengan bahan tambah abu terbang (fly ash) dan serbuk kaca sebagai substitusi parsial semen*. Jurnal Sipil Statik. Vol.7 No.1 Januari 2019 (57-66) ISSN: 2337-6732.
- [5] Polli, R. A. 2015. *Kuat Tekan Beton Dengan Variasi Agregat Yang Berasal Dari Beberapa Tempat di Sulawesi Utara*. Manado: Universitas Sam Ratulangi Fakultas Teknik Jurusan Sipil Manado.
- [6] Standar Nasional Indonesia T-15-1990-03:2. 1990. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*.
- [7] Nugraha, P., & Antoni. 2007. *Teknologi Beton*. CV. Andi Offset.
- [8] Standar Nasional Indonesia 7479:2013. 2013. *Spesifikasi Air Pencampur yang digunakan dalam Produksi Beton Semen Hidraulis*. Badan Standardisasi Nasional.
- [9] Standar Nasional Indonesia 03-2834-2000. 2000. *Tata cara pembuatan rencana campuran*. Badan Standardisasi Nasional.
- [10] Standar Nasional Indonesia 7656-2012. 2012. *Tata Cara Pemilihan Campuran untuk Beton Normal, Beton Berat, dan Beton Massa*. Badan Standardisasi Nasional.
- [11] Standar Nasional Indonesia. 1974. *Cara uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder*. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- [12] Setiawan, A. 2016. *Perencanaan Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847:2013*. Penerbit Erlangga.
- [13] Silva, R.V., De Brito, J. and Dhir, R.K., 2015. *Tensile strength behaviour of recycled aggregate concrete*. Construction and Building Materials, 83, pp.108-118.
- [14] Mulyono, T. 2003. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Andi Offset.
- [15] Setiawan, A. 2016. *Perencanaan Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847:2013*. Penerbit Erlangga.
- [16] Silva, R.V., De Brito, J. and Dhir, R.K., 2015. *Tensile strength behaviour of recycled aggregate concrete*. Construction and Building Materials, 83, pp.108-118.