

**MENINGKATKAN KUAT TEKAN BETON DENGAN MENGGUNAKAN MATERIAL *RECYCLE*
*CONCRETE AGGREGATE (RCA)***

***INCREASE CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH BY USING RECYCLE CONCRETE
AGGREGATE (RCA) MATERIAL***

**Zendy Bima Mahardana*¹, Widy Rilo Pambudi², Oda Firma Emilia³, Reiga Firhan Fasyaro⁴, Andini
Dwi Aprinia⁵, Dinar Tiffani Mustafa⁶, Meisela Induwati⁷**

¹Dosen / Program Studi Teknik Sipil / Fakultas Teknik / Universitas Kediri

^{2,3,4,5,6,7}Mahasiswa / Program Studi, Teknik Sipil / Fakultas Teknik / Universitas Kediri

Korespondensi: zmahardana@unik-kediri.ac.id

ABSTRAK

Beton merupakan bagian dari struktur bangunan yang digunakan pada berbagai proyek infrastruktur berskala besar. Beton terdiri dari campuran semen, agregat halus, agregat kasar, dan air. Beton mampu menahan gaya tekan dengan optimal, beton juga memiliki kuat tarik yang lebih kecil dibandingkan struktur baja. Penggunaan koral secara berlebih menyebabkan ketersediaan material semakin menipis, maka perlu inovasi berkelanjutan dengan penggunaan RCA. RCA merupakan limbah beton yang didaur ulang menjadi agregat yang dapat digunakan kembali untuk membuat beton. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui nilai kuat tekan pada beton dengan penggantian agregat kasar dari limbah beton berukuran 19,05 mm (ayakan no. 3/4). Metode yang digunakan yaitu metode eksperimental dengan pembuatan benda uji yang berbentuk silinder. dengan pengujian meliputi pengujian kadar air, kadar lumpur, keausan, dan kuat tekan beton. Hasil penelitian didapatkan nilai slump beton normal sebesar 11 cm. Sedangkan limbah beton sebesar 4,4 cm. Dari hasil penelitian ini didapatkan hasil yang sesuai rencana dimana pada beton normal adalah senilai 17,444 Mpa dan pada beton dengan penggunaan agregat kasar dari limbah beton menunjukkan hasil kuat tekan 24,653 Mpa. Sehingga menunjukkan bahwa dalam penggunaan material limbah beton mampu menghasilkan kualitas beton yang baik dengan nilai kuat tekan yang lebih tinggi dari beton normal.

Kata Kunci: Agregat, Beton, Kuat Tekan, Pengujian, RCA

ABSTRACT

Concrete is part of the building structure used in various large-scale infrastructure projects. concrete composed mixture of cement, fine aggregate, coarse aggregate, and water. Concrete able to withstand compressive forces optimally, concrete also has a smaller tensile strength than steel structures. excessive use corals causes availability materials to be depleted, is necessary to innovate continuously with use RCA. RCA is waste concrete recycled into aggregates can be reused to make concrete. The purpose is to determine the compressive strength value in concrete by replacing coarse aggregates from concrete waste measuring 19.05 mm (sieve no. 3/4). The method used experimental method by making a test object form of a cylinder with tests including testing of moisture content, sludge content, wear, and compressive strength concrete. The results obtained a normal concrete slump value 11 cm. While the concrete waste 4.4 cm. From the results were

obtained according to the plan where in normal concrete was worth 17,444 Mpa and in concrete with the use of coarse aggregates from concrete waste showed a compressive strength result of 24,653 Mpa. So that shows the use waste concrete material is able to produce good concrete quality with a higher compressive strength value than normal concrete.

Keywords: Aggregate, Concrete, Compressive strength, Testing, RCA

PENDAHULUAN

Beton adalah salah satu bagian dari struktur bangunan yang sering digunakan pada berbagai proyek pembangunan infrastruktur berskala besar. Susunan beton terdiri dari campuran antara semen, agregat halus, agregat kasar, dan air (Mahendra, Y. I, Gardjito. E, Ridwan. A, 2021), kualitas bahan penyusun beton mempengaruhi hasil dari beton tersebut (Tamayo et al., 2020). Dengan kualitas beton yang baik maka diperoleh keunggulan antara lain mampu menahan gaya tekan dengan optimal, tahan api dan aus, mudah dibentuk, ketahanan yang baik terhadap cuaca (Maryanto et al., 2018). Selain itu terdapat beberapa keunggulan dari beton yaitu, material beton terbuat dari bahan-bahan lokal yang murah seperti pasir, kerikil, air dan semen, kuat tekan beton relatif lebih tinggi dari bahan konstruksi lain, struktur beton sangat kokoh, biaya pemeliharaan beton rendah, beton lebih awet dan tahan lama dibandingkan dengan bahan lain. Beton merupakan bahan konstruksi prospektif di masa depan dan memiliki aplikasi di berbagai bidang (Singh & Middendorf, 2020). Beton memiliki beberapa kekurangan seperti kuat tarik yang lebih kecil dibandingkan struktur baja, kecilnya rasio kekuatan terhadap beratnya, serta daktilitas rendah (Yansiku, 2018). Selain itu beton memiliki sifat getas yang tinggi, dan kapasitas regangan tarik yang rendah menyebabkan keretakan pada struktur bangunan (Abbass et al., 2018). Berdasarkan keuntungan serta kekurangan dari beton, penggunaan beton dengan bahan utama koral sebagai agregat kasar sangat meningkat setiap tahunnya dan dampak negatif yang dihasilkan akibat penggunaan koral secara berlebihan menyebabkan ketersediaan material semakin menipis (Qin et al., 2018). Hal ini mendorong peneliti untuk merumuskan jobmix beton dengan cara memodifikasi agregat kasar menggunakan bahan lainnya.

Recycle Concrete Agregates merupakan limbah beton yang didaur ulang menjadi agregat yang dapat digunakan kembali untuk membuat beton. Agregat daur ulang merupakan salah satu

agregat buatan yang digunakan dengan tujuan penggunaan tertentu, atau karena kekurangan agregat batuan-batuan alam. Dalam penelitian ini menggunakan limbah beton yang berasal dari sisa benda uji di laboratorium Teknik Sipil Universitas Kadiri yang diproses dari struktur beton lama atau beton pembongkaran yang dihancurkan sebagai pengganti sebagian agregat alami dalam produksi beton baru banyak digunakan (Mi et al., 2020) (Santos et al., 2019). Walaupun terkadang agregat daur ulang yang diperoleh melalui limbah beton memiliki kualitas yang lebih rendah (Akhtar & Sarmah, 2018), maka dari itu penggunaan limbah beton memerlukan perhatian khusus pada jenis, bentuk dan distribusi ukuran agregat halus dan kasar, karena sangat mempengaruhi kinerja mekanik dan daya tahan beton (Nedeljković et al., 2021). Beton yang dihasilkan dengan mendaur ulang limbah beton yang sudah tidak digunakan terbukti ramah lingkungan dengan kinerja daya tahan yang lebih baik (Huseien & Shah, 2020). Daur ulang limbah konstruksi dapat mengatasi masalah pencemaran lingkungan tetapi juga dapat menghasilkan keuntungan yang melimpah (Zhu et al., 2019). Beton dengan penggabungan agregat kasar daur ulang dapat dirancang untuk aplikasi yang paling beragam dengan tingkat keamanan yang baik (Abreu et al., 2018).

Penelitian Beton dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Kadiri dengan melakukan pengujian Kadar Air, Kadar Lumpur, pengujian Keausan, Uji Slump, dan Uji Kuat Tekan Beton. Beberapa metode yang digunakan yaitu metode Mix Design (SNI-7656-2012), Uji Slump (SNI 03-1972-1990), Perawatan benda uji (SNI 03-4810-1998), dan Uji Kuat Tekan beton (SNI 03-1974-1990). Dengan penggunaan agregat daur ulang untuk menghasilkan beton baru dan menjadi solusi yang berpotensi tinggi untuk memecahkan masalah pembuangan limbah konstruksi yang berpotensi lebih berkelanjutan, dengan peningkatan nilai limbah tersebut.

TINJAUAN PUSTAKA

Pada penelitian ini material atau bahan penyusunan beton meliputi agregat halus, agregat kasar, semen, dan air dimana setiap bahan tambah mempunyai fungsi yang berbeda-beda.

Agregat Halus

Agregat halus yang dipergunakan adalah pasir sungai yang diambil dari Lumajang(Nurain Izzati et al., 2019). Agregat halus ialah agregat yg memiliki ukuran butir maksimum sebesar 5,00 mm(SNI 03-2834-2000, 2000). Agregat halus yang baik harus bebas dari bahan organik, lempung, partikel yang lebih kecil dari saringan no.100, atau bahan-bahan lain yang bisa menghambat campuran beton.



Gambar 1. Agregat Halus (Pasir)
Sumber : Dokumentasi Pribadi (2022)

Agregat Kasar

Agregat kasar adalah agregat yang tertahan saringan 3/4 in. Agregat kasar dapat berupa kerikil, pecahan kerikil, batu pecah, yang didapat dari Desa Kedak Kecamatan Semen (Pane et al., 2015). Agregat yang digunakan dalam pengujian ini adalah agregat kasar (koral) dan agregat yang berasal limbah pengujian beton.



Gambar 2. Agregat Kasar (Koral)
Sumber : Dokumentasi Pribadi (2022)

Agregat kasar limbah beton

Agregat kasar limbah beton adalah limbah beton yang telah dihancurkan dan digunakan kembali sebagai agregat kasar pada campuran beton. Agregat kasar limbah beton diperoleh dari limbah beton yang tidak terpakai kemudian dihancurkan untuk digunakan sebagai agregat pada campuran beton.



Gambar 3. Agregat Kasar Limbah Beton
Sumber : Dokumentasi Pribadi (2022)

Semen

Semen merupakan salah satu bahan yang berfungsi untuk mengikat butir-butir agregat atau sebagai bahan perekat sehingga menghasilkan suatu masa padat serta mengisi rongga-rongga udara diantara butir-butir agregat tersebut(Dipohusodo, 1999). Semen yang digunakan dalam pengujian ini adalah jenis semen tipe I dengan merek dagang semen gresik.



Gambar 4. Semen
Sumber: Dokumentasi Pribadi (2022)

Air

Air merupakan suatu bahan yang diperlukan pada pembuatan beton (Dumyati & Manalu, 2015). Air yang digunakan pada campuran beton harus higienis serta bebas dari bahan-bahan menghambat yang merugikan terhadap beton atau tulangan(Badan Standardisasi Nasional, 2002). Air yang digunakan dalam pengujian ini adalah air bersih dari laboratorium teknik sipil Universitas Kadiri.



Sumber : Dokumentasi Pribadi (2022)

METODE

Pada penelitian ini metode yang digunakan yaitu metode eksperimental dengan pembuatan benda uji di laboratorium Teknik Sipil Universitas Kadiri. Benda uji yang digunakan berbentuk silinder

berukuran 15 x 30 cm dengan penggantian agregat kasar dari limbah beton berukuran 19,05 mm (ayakan no. 3/4). Dan di lakukan beberapa pengujian meliputi pengujian kadar air agregat, kadar lumpur agregat, keausan agregat, dan kuat tekan beton.

Pengujian kadar air (ASTM C 566-97, 2004)

Pengujian kadar air bertujuan untuk menentukan atau memperoleh angka presentase kadar air yang terkandung pada agregat. Dilakukan dengan cara mengambil agregat lalu ditimbang sesuai yang dibutuhkan kemudian di cuci sampai bersih dari lumpur, setelah itu agregat dapat dikeringkan dan agregat kering ditimbang beratnya.

Pengujian kadar lumpur

Pengujian kadar lumpur dilakukan untuk mengetahui presentase kadar lumpur yang terkandung dalam agregat halus. Dilakukan dengan cara mengambil agregat sebanyak 1000 gram lalu agregat dicuci sampai bersih lalu agregat diberi air dan ditetesi cuka secukupnya kemudian di diendapkan selama 24 jam. Dapat diukur tinggi kadar lumpur yang terletak di bagian paling atas pasir.

Keausan agregat

Pengujian ini bertujuan untuk mengukur degradasi agregat, yang di nyatakan dengan perbandingan antara berat bahan aus lolos saringan No. 12 (1,7 mm) terhadap berat semula, dalam persen. Dengan cara mengambil koral lolos ayakan 3/4, tertahan pada ayakan 1/2 dan 3/8, dengan berat masing-masing 2500 gr koral dicuci sampai bersih dan dikeringkan. setelah itu koral dan bola baja sebanyak 11 buah dimasukkan ke dalam mesin Abrasi Los Angeles TA-700 lalu mesin diputar sebanyak 500 putaran. setelah selesai pemutaran, koral dikeluarkan dari mesin dan disaring dengan ayakan no. 12 atau setara 1,7 mm untuk mengukur degradasi sebagai persen kehilangan.

Pengujian Slump (Badan Standardisasi Nasional, 1990a)

Pengujian slump merupakan pengujian yang dilakukan menggunakan Kerucut Abrams untuk memperoleh angka slump beton. Dengan cara memasukkan sampel beton segar kedalam kerucut abrams perlahan angkat alat pengukur slump, lalu ukur penurunan yang terjadi dengan meletakkan alat pengukur slump sebelah adonan beton dengan mengambil acuan alat pengukur slump.

Pengujian kuat tekan (ASTM C39/C39M, 2003)

Pengujian kuat tekan bertujuan untuk menentukan nilai tekan kekuatan benda uji beton silindris dengan prosedur yang benar. Dengan cara meletakkan sampel beton pada alat universal testing machine tatonas type TC-325 lalu dilihat dan dicatat nilai dari kemampuan hancur dari benda uji bila dibebani dengan gaya tekan tertentu (Badan Standardisasi Nasional, 1990b).

Job Mix Formula

Dalam job mix beton dilakukan pemilihan bahan campuran beton dengan perbandingan dari setiap materialnya dengan tujuan menghasilkan beton dengan kualitas yang diinginkan. Perbandingan yang diberikan yaitu sebagai berikut:

Tabel 1. Mix Desain Beton

	Beton Normal	Limbah Beton
Semen (kg)	7.325	7.325
Pasir (kg)	13.200	13.200
Agregat kasar (kg)	19.819	19.819 (limbah beton)
Air	4.101	4.101

Sumber : Dokumentasi Pribadi (2022)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan pengolahan data penelitian yang meliputi pengujian kadar air agregat halus dan agregat kasar, kadar lumpur agregat halus dan agregat kasar, pengujian slump, dan pengujian kuat tekan.

Pengujian Kadar Air

a. Pengujian Kadar Air Agregat Halus

Pada pengujian kadar air agregat halus, perhitungan akan disajikan dalam bentuk tabel berikut :

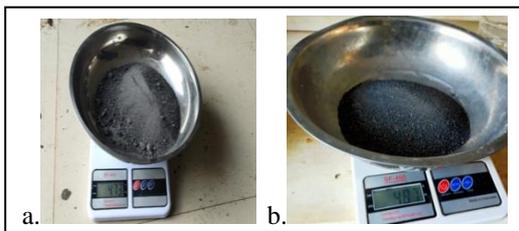
Tabel 2. Pengujian Kadar Air Agregat Halus

Uraian	Simbol	Hasil	
		Beton normal	Limbah beton
Berat Wadah	(W1)	144 gr	144 gr
Berat Wadah + Benda Uji Awal	(W2)	644 gr	644 gr
Berat Benda Uji Awal	W3 = W2-W1	500 gr	500 gr
Berat	(W4)	617 gr	631 gr

Uraian	Simbol	Hasil	
		Beton normal	Limbah beton
Wadah + Benda Uji Kering Berat Benda Uji Kering	$W5 = W4 - W1$	482 gr	487 gr
Kadar Air	$\frac{W3 - W5}{W5} \times 100$	3,6%	2,6%

Sumber : Perhitungan (2022)

Berdasarkan hasil perhitungan tabel di atas, dapat diketahui bahwa nilai kadar air beton normal agregat halus sebesar 3,6% dan memenuhi standart yang di tentukan yaitu 3% -5%. Sedangkan nilai kadar air limbah beton agregat halus sebesar 2,6% dan juga tidak memenuhi standart yang di tentukan.



Gambar 6. Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Halus (a.Beton Normal, b.Limbah Beton)
Sumber : Dokumentasi Pribadi (2022)

b. Pengujian Kadar Air Agregat Kasar
Pada pengujian kadar air agregat kasar, perhitungan akan disajikan dalam bentuk tabel berikut :

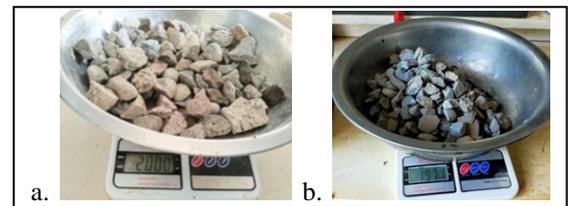
Tabel 3. Pengujian Kadar Air Agregat kasar

Uraian	Simbol	Hasil	
		Beton normal	Limbah beton
Berat Wadah	(W1)	144 gr	144 gr
Berat Wadah + Benda Uji Awal	(W2)	2144gr	2144 gr
Berat Benda Uji Awal	$W3 = W2 - W1$	2000 gr	2000 gr
Berat Wadah + Benda Uji	(W4)	2144 gr	2144 gr

Uraian	Simbol	Hasil	
		Beton normal	Limbah beton
Kering Berat Benda Uji Kering	$W5 = W4 - W1$	1981 gr	1981 gr
Kadar Air	$\frac{W3 - W5}{W5} \times 100$	0,5%	0,9%

Sumber : Perhitungan (2022)

Berdasarkan hasil perhitungan tabel di atas, dapat diketahui bahwa nilai kadar air beton normal agregat kasar sebesar 0,5% dan memenuhi standart yang di tentukan yaitu 0.5% - 2%. Sedangkan nilai kadar air limbah beton agregat kasar sebesar 0,9% dan tidak memenuhi standart yang di tentukan.



Gambar 7. Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Kasar (a.Beton Normal, b.Limbah Beton)
Sumber : Dokumentasi Pribadi (2022)

Pengujian Kadar Lumpur

a. Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus
Pada pengujian kadar lumpur agregat halus, perhitungan akan disajikan dalam bentuk tabel berikut :

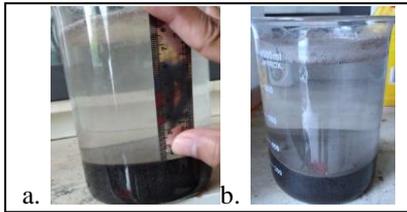
Tabel 4. Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus

Uraian	Simbol	Hasil	
		Beton normal	Limbah beton
Tinggi Pasir	(H1)	3,3 cm	3,7 cm
Tinggi Lumpur	(H2)	0,15 cm	0,1 cm
Kadar Lumpur	$\frac{H2}{H1 + H2} \times 100$	4,35%	2,63%

Sumber : Perhitungan (2022)

Berdasarkan hasil perhitungan tabel di atas, dapat diketahui bahwa nilai kadar lumpur beton normal agregat halus sebesar 4,35% dan telah memenuhi standart yang di tentukan yaitu 5%. Sedangkan nilai kadar lumpur limbah beton agregat

halus sebesar 2,63% dan memenuhi standart yang ditentukan.



Gambar 8. Hasil Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus (a. Beton Normal, b. Limbah Beton)
Sumber : Dokumentasi Pribadi (2022)

b. Pengujian Kadar Lumpur Agregat Kasar
Pada pengujian kadar lumpur agregat kasar, perhitungan akan disajikan dalam bentuk tabel berikut :

Tabel 5. Pengujian Kadar Lumpur Agregat kasar

Uraian	Simbol	Hasil	
		Beton normal	Limbah beton
Berat benda uji sebelum dicuci	A	1000 gr	1000 gr
Berat benda uji sebelum dicuci dan disaring ayakan no. 200	B	997 gr	996 gr
Kadar Lumpur	$C = \frac{A - B}{B} \times 100$	0,3%	0,4%

Sumber : Perhitungan (2022)

Berdasarkan hasil perhitungan tabel di atas, dapat diketahui bahwa nilai kadar lumpur beton normal agregat kasar sebesar 0,3% dan telah memenuhi standart yang ditentukan yaitu maksimum 1%. Sedangkan nilai kadar lumpur limbah beton agregat kasar sebesar 0,4% dan memenuhi standart yang ditentukan.



Gambar 9. Hasil Pengujian Kadar Lumpur Agregat Kasar (a. Beton Normal, b. Limbah Beton)
Sumber : Dokumentasi Pribadi (2022)

Pengujian Keausan Agregat

Pada pengujian keausan agregat kasar, perhitungan akan disajikan dalam bentuk tabel berikut :

Tabel 6. Pengujian Keausan Agregat Kasar.

gradasi pemeriksaan	Simbol	Hasil	
		Beton normal	Limbah beton
Tertahan Saringan 1/2	a1	2500 gr	2500 gr
Tertahan Saringan 3/8	a2	2500 gr	2500 gr
Berat benda uji sebelum dimasukkan ke mesin LA	$A = a1 + a2$	5000 gr	5000 gr
Berat benda uji setelah dikeluarkan dari mesin LA tertahan saringan No. 12	B	3360 gr	3600 gr
Keausan	$\frac{A - B}{B} \times 100$	32,80%	28,00%

Sumber : Perhitungan (2022)

Berdasarkan hasil perhitungan tabel di atas, dapat diketahui bahwa nilai keausan beton normal agregat kasar sebesar 32,80% dan termasuk beton dengan mutu sedang karena standar spesifikasi keausan agregat kasar maksimum yaitu 50%. Sedangkan nilai keausan limbah beton agregat kasar sebesar 28% dan juga termasuk beton dengan mutu sedang.

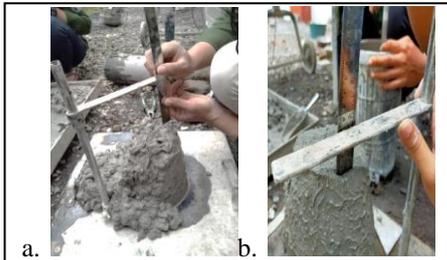


Gambar 10. Hasil Pengujian Keausan Agregat Kasar (a. Beton Normal, b. Limbah Beton)
Sumber : Dokumentasi Pribadi (2022)

Pengujian Slump

Dalam pengujian uji slump dilakukan pada adonan segar dari campuran material penyusun beton. Adapun hasil dari uji slump dapat disajikan pada gambar 11. Dari gambar 11 didapatkan penurunan pada beton normal sebesar 11 cm. Nilai penurunan tersebut dianggap layak karena kisaran nilai uji slump yang ditentukan sekitar 8 cm hingga

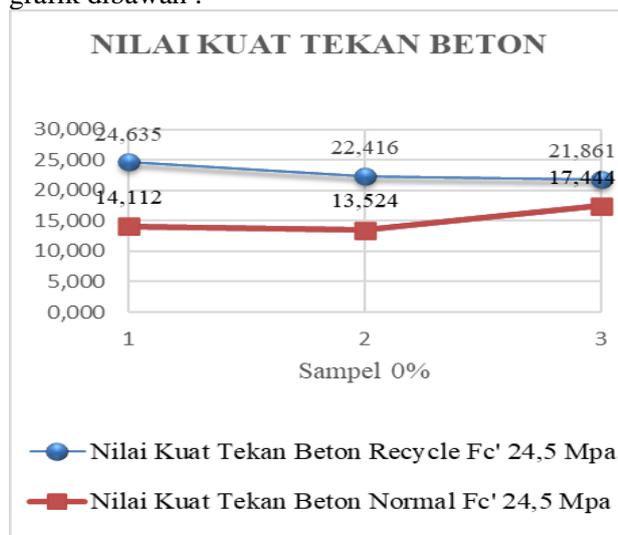
12 cm. Sedangkan penurunan pada limbah beton sebesar 4,4 cm, dengan demikian perlu diperhatikan faktor air semen sehingga workability dalam pembuatan beton dapat tercapai.



Gambar 11. Hasil Pengujian Slump (a.Beton Normal, b.Limbah Beton)
Sumber : Dokumentasi Pribadi (2022)

Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan beton dilakukan menggunakan alat Universal testing machine dengan pengujian kuat tekan beton umur 28 hari. Adapun hasil dari Pengujian Kuat Tekan Beton Normal dan Kuat Tekan Limbah Beton dapat disajikan pada grafik dibawah :



Gambar 12. Grafik Kuat Tekan Beton.
Sumber : Perhitungan (2022)

Dari Gambar 12 diperoleh nilai kuat tekan beton normal tertinggi pada sampel 3 yaitu 17,444 Mpa sedangkan nilai kuat tekan limbah beton tertinggi pada sampel 1 yaitu 24,653 Mpa.



Gambar 12. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Normal
Sumber : Dokumentasi Pribadi (2022)



Gambar 13. Hasil Pengujian Kuat Tekan Limbah Beton.
Sumber : Dokumentasi Pribadi (2022)

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, nilai slump di dapatkan penurunan pada beton normal sebesar 11 cm. Nilai penurunan tersebut dianggap layak karena kisaran nilai uji slump yang ditentukan sekitar 8 cm hingga 12 cm. Sedangkan penurunan pada limbah beton sebesar 4,4 cm, sehingga perlu diperhatikan faktor air semen campuran untuk penunjang workability dalam pembuatan beton dapat tercapai. Nilai pengujian kuat tekan beton normal tertinggi adalah pada sampel ke 3 yaitu 17,444 Mpa sedangkan nilai kuat tekan limbah beton tertinggi adalah pada sampel 1 yaitu 24,653 Mpa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dalam penggunaan material limbah beton atau Recycle concrete aggregate mampu menghasilkan kualitas beton yang baik dengan nilai kuat tekan yang lebih tinggi dari beton normal.

DAFTAR PUSTAKA

- A. D. : T. 96-02. (2006). aashto-t-96.pdf (p. 11).
Abbass, W., Khan, M. I., & Mourad, S. (2018). Evaluation of mechanical properties of steel

- fiber reinforced concrete with different strengths of concrete. *Construction and Building Materials*, 168, 556–569.
- Abreu, V., Evangelista, L., & de Brito, J. (2018). The effect of multi-recycling on the mechanical performance of coarse recycled aggregates concrete. *Construction and Building Materials*, 188, 480–489.
- Akhtar, A., & Sarmah, A. K. (2018). Construction and demolition waste generation and properties of recycled aggregate concrete: A global perspective. *Journal of Cleaner Production*, 186, 262–281.
- ASTM C 566-97. (2004). *Astm C 566-97. Standard Test Method for Total Evaporable Moisture Content of Aggregate by Drying, (Reapproved)*, 3.
- ASTM C39/C39M. (2003). *Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens 1. ASTM Standard Book, (March)*, 1–5.
- Badan Standardisasi Nasional. (1990a). *SNI 03-1972-1990: Metode Pengujian Slump Beton*. Badan Standar Nasional Indonesia, 1(ICS 91.100.30), 1–12.
- Badan Standardisasi Nasional. (1990b). *SNI 03-1974-1990 Metode Pengujian Kuat Tekan Beton*. Badan Standardisasi Nasional Indonesia.
- Badan Standardisasi Nasional. (2002). *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*. SNI 03-2847-2002. Bandung: Badan Standardisasi Nasional, 251.
- Dipohusodo, I. (1999). *Struktur Beton Bertulang SK*. SNI T-15-1991-03. 1–527.
- Dumyati, A., & Manalu, D. F. (2015). Analisis Penggunaan Pasir Pantai Sampur Sebagai Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton. *Jurnal Fropil*, 3(1), 1–13. <https://www.journal.ubb.ac.id/index.php/fropil/article/view/1203>
- Huseien, G. F., & Shah, K. W. (2020). Durability and life cycle evaluation of self-compacting concrete containing fly ash as GBFS replacement with alkali activation. *Construction and Building Materials*, 235, 117458.
- Mahendra, Y. I., Gardjito, E., Ridwan, A., W. H. (2021). Meningkatkan Kuat Tekan Beton F_c' 16,60 Mpa Menggunakan Fly Ash Dan Arang Batok Kelapa. *Jurnal Manajemen Teknologi & Teknik Sipil*, 4, 1–13.
- Maryanto, M., Winarto, S., & Krisnawati, L. D. (2018). Studi Eksperimental Pengaruh Penambahan Limbah Kuningan Terhadap Kuat tekan Beton Mutu K-225. *Jurnal Manajemen Teknologi & Teknik Sipil*, 1(1), 76–90.
- Mi, R., Pan, G., Liew, K. M., & Kuang, T. (2020). Utilizing recycled aggregate concrete in sustainable construction for a required compressive strength ratio. *Journal of Cleaner Production*, 276, 124249.
- Nedeljković, M., Visser, J., Šavija, B., Valcke, S., & Schlangen, E. (2021). Use of fine recycled concrete aggregates in concrete: A critical review. *Journal of Building Engineering*, 38(May 2020).
- Nurain Izzati, M. Y., Suraya Hani, A., Shahiron, S., Sallehuddin Shah, A., Mohamad Hairi, O., Zalipah, J., Noor Azlina, A. H., Mohamad Nor Akasyah, W. A., & Nurul Amirah, K. (2019). Strength and water absorption properties of lightweight concrete brick. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 513(1).
- Pane, F. P., Tanudjaja, H., & Windah, R. S. (2015). Pengujian kuat tarik lentur beton dengan variasi kuat tekan beton. *Jurnal Sipil Statik*, 3(5), 313–321.
- Qin, L., Gao, X., & Chen, T. (2018). Recycling of raw rice husk to manufacture magnesium oxysulfate cement based lightweight building materials. *Journal of Cleaner Production*, 191, 220–232.
- Santos, S., da Silva, P. R., & de Brito, J. (2019). Self-compacting concrete with recycled aggregates – A literature review. *Journal of Building Engineering*, 22(January), 349–371.
- Singh, N. B., & Middendorf, B. (2020). Geopolymers as an alternative to Portland cement: An overview. *Construction and Building Materials*, 237, 117455.
- SNI 03-2834-2000. (2000). *SNI 03-2834-2000: Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal*. Sni 03-2834-2000, 1–34.
- Tamayo, P., Pacheco, J., Thomas, C., de Brito, J., & Rico, J. (2020). Mechanical and durability properties of concrete with coarse recycled aggregate produced with electric arc furnace slag concrete. *Applied Sciences (Switzerland)*, 10(1).
- Yansiku, S. I. (2018). Perilaku Kekuatan Beton dengan Partikel Gelas dan Karet Ban Bekas Sebagai Pengganti Pasir Alam. *Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 3(1), 1–10.
- Zhu, P., Hao, Y., Liu, H., Wei, D., Liu, S., & Gu, L. (2019). Durability evaluation of three generations of 100% repeatedly recycled coarse aggregate concrete. *Construction and Building Materials*, 210, 442–450.