

Received: Agustus 2022

Accepted: September 2022

Published: Oktober 2022

Pengaruh Limbah Beton Sebagai Pengganti Agregat Kasar Pada Kekuatan Beton

Dahlia Patah^{1*}, Amry Dasar²

^{*1,2}Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Sulawesi Barat

*Email: dahliapatah@unsulbar.ac.id

Abstract

Many structures in the Indonesia are now either reaching the end of their design life or were not constructed according to the specifications. Demolition or maintenance work on such structures results in large amount of concrete rubbles. Recycling concrete wastes will lead to reduction in valuable landfill space and savings in natural resources. The objective of this study is to investigate the strength of concrete made with recycled concrete coarse aggregate. The potential of recycled concrete waste as a substitute for coarse aggregates in concrete has been investigated. The recycle concrete waste was used as aggregate. Concrete mixes with design strength of 24.9 MPa at 28 days were prepared for water to cement ratio of 0.4. The strength development of the concrete mixes containing recycled concrete waste aggregates was compared to that of normal concrete. The compressive and splitting tensile strengths of concrete made with recycled coarse aggregate depend on the mix proportions. In general, the concrete mixes containing recycled concrete waste aggregates up to 40% achieve strength levels between 93,7 to 98,5 % compared to the normal concrete. The results of the compressive strength of concrete with 10% recycled concrete waste showed the optimum strength at the age of 28 days was 40.03 MPa with a percentage increase of 16.4% from normal concrete. This indicates that the recycled concrete waste has a potentially to be used as coarse aggregates for concrete.

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

Abstrak

Banyaknya struktur di Indonesia saat ini telah mencapai batas akhir desainnya atau tidak dibangun sesuai dengan spesifikasinya. Pekerjaan pembongkaran atau pemeliharaan pada struktur tersebut menghasilkan sejumlah besar puing-puing beton. Mendaur ulang limbah beton akan mengurangi ruang TPA yang berharga dan menghemat sumber daya alam. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan beton yang dibuat dengan agregat kasar dari limbah beton. Potensi limbah beton sebagai pengganti agregat kasar dalam beton telah diteliti. Limbah beton daur ulang digunakan sebagai agregat. Campuran beton dengan kekuatan karakteristik 28 hari yaitu 24,9 MPa dibuat dengan menggunakan rasio air/semen 0,4. Perkembangan kekuatan campuran beton yang mengandung agregat limbah beton dibandingkan dengan beton konvensional. Kuat tekan dan kuat tarik belah beton yang dibuat dengan agregat kasar daur ulang tergantung pada proporsi campuran. Secara umum, campuran beton yang mengandung agregat limbah beton daur ulang hingga 40% mencapai tingkat kekuatan antara 93,7 hingga 98,5% dibandingkan dengan beton konvensional. Hasil kuat tekan beton dengan limbah beton 10% menunjukkan nilai optimum pada umur 28 hari adalah 40,03 MPa dengan persentase kenaikan 16,4% dari beton normal. Hal ini menunjukkan bahwa limbah beton berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai agregat kasar pada campuran beton.

Kata kunci: Limbah beton, Kuat tekan beton, Kuat tarik belah, Agregat kasar.

1. Pendahuluan

Di Indonesia konstruksi bangunan seperti gedung, jembatan dan dermaga dibangun paling banyak menggunakan bahan bangunan dari beton. Beton adalah campuran antara semen, agregat halus, agregat kasar dan air sebagai bahan pengikat. Beton dapat digunakan untuk struktur maupun non struktur. Banyaknya jumlah penggunaan beton dalam konstruksi bangunan tersebut mengakibatkan peningkatan kebutuhan material beton, sehingga penambangan batuan sebagai salah satu bahan campuran pembuatan beton secara besar-besaran dapat menyebabkan turunnya jumlah sumber daya alam yang tersedia untuk keperluan material pembuatan beton. Banyak riset yang dilakukan untuk mengganti material (alam) beton dengan material lain seperti halnya penggunaan material limbah konstruksi yaitu limbah beton [1-4]. Pemanfaatan limbah beton sebagai salah satu alternatif pengganti agregat kasar memiliki potensi untuk diteliti karena limbah beton masih jarang dilakukan.

Pada sebagian proyek pembangunan, limbah beton sisa ready mix kadang hanya dibuang begitu saja karena sulitnya mencari tempat pembuangan. Sehingga limbah ini hanya ditumpuk ataupun digunakan sebagai timbunan. Limbah tersebut akan diupayakan untuk dimanfaatkan kembali sebagai pengganti agregat kasar dan masih diperlukan kajian untuk mengetahui karakteristik beton yang menggunakan limbah ini. Kajian yang dilakukan terbatas untuk mengetahui kuat tekan dan tarik belah untuk beton yang agregat kasarnya disubstitusi menggunakan agregat kasar dengan limbah beton [5-7]. Maka limbah beton dapat diolah kembali untuk menemukan produk baru yang berkualitas dan ekonomis. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh peningkatan sifat mekanik beton dari penggantian agregat kasar dengan limbah beton terhadap campuran beton.

2. Metoda Penelitian

2.1 Material dan metode

Semen Portland Komposit atau Portland Composite Cement (PCC) yang digunakan

untuk semua jenis variasi campuran beton memiliki berat jenis 3145 kg/m^3 dan luas permukaan spesifik $382 \text{ m}^2/\text{kg}$ sesuai SNI 15-7064-2004 [8]. PCC yang digunakan dalam penelitian ini diproduksi oleh pabrik semen di Indonesia dan mudah ditemukan banyak di pasaran. Untuk agregat halus atau pasir dan agregat kasar atau batu pecah yang digunakan sesuai SNI 03-1968-1990 [9].

Agregat halus dan agregat kasar merupakan material alam yang digunakan berasal dari tambang lokal di Kab. Majene, Sulawesi Barat yaitu Sungai Mappili. Batas klasifikasi untuk pasir dan kerikil ini sesuai dengan SNI 03-1968-1990 dimana hasil pemeriksaan agregat telah memenuhi persyaratan untuk dijadikan agregat pada pencampuran beton [10]. Pada penelitian ini, agregat kasar diganti dengan limbah beton dari sisa *ready mix* beton K300 yang berukuran 2-3cm dengan berat penggantian interval 10% (Gambar 1). Agregat kasar sebagian digantikan oleh limbah beton sebanyak 0-40% dari berat total agregat kasar. Properti material dan karakteristik agregat ditunjukkan pada masing-masing Tabel 1 dan Tabel 2. Sedangkan air yang digunakan adalah air tawar yang diperoleh dari sumur bor di laboratorium.



Gambar 1. Penampakan limbah beton

Tabel 1. Properti Material

Material	Item	Berat jenis, kg/m ³	Specific surface area (m ² /g)
Semen	PCC	3.145	0.382
Air	Maximum 20 mm	1	-
Pasir	Passing sieve 5 mm	2.13	-
Kerikil	Batu pecah Mappili	2.56	-
	Limbah beton	2.69	-

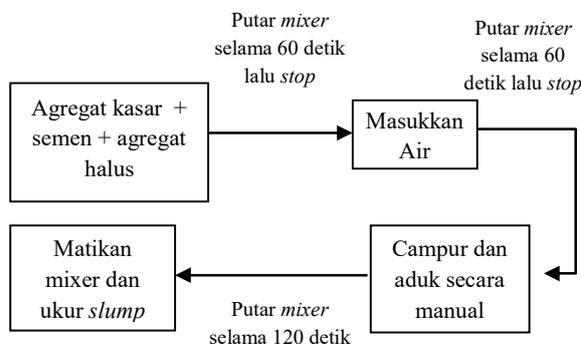
Tabel 2. Karakteristik agregat

Item	Pasir	Batu pecah alami	Limbah beton
Kadar lumpur, %	0.49	0.55	2.4
Berat jenis, g/m ³	2.46	2.62	2.36
penyerapan air, %	1.69	0.64	2.473
Kadar organis	No.2	No.2	No.2
Kadar air, %	7.22	0.64	2.473
Modulus kehalusan	3.39	7.82	6.45

Proporsi campuran dengan 100% agregat batu alam digunakan sebagai kontrol spesimen (LB0). Proporsi campuran beton normal ditunjukkan pada Tabel 3. Faktor air semen (FAS) yang digunakan adalah 40% dan konsistensi beton dipantau dengan nilai *slump* dirancang sebesar 60-180 mm berdasarkan BS EN 12350-2 [11]. Desain kekuatan beton adalah 24.9 MPa pada umur 28 hari. Beton dicampur dalam mixer selama beberapa menit dengan prosedur pencampuran beton ditunjukkan pada Gambar 2.

Tabel 3. Desain beton normal

Unit	Semen	Air	Pasir	Kerikil
Kg/cm ³	580	232	559	830
ratio	1	0.4	0.96	1.43



Gambar 2. Prosedur pencampuran beton

2.2 Benda Uji

Spesimen beton dengan cetakan baja berbentuk silinder berukuran diameter 100 mm dan panjang 200 mm disiapkan dalam penelitian ini. Sebanyak 30 selinder dibuat untuk uji kuat tekan dan 15 selinder untuk uji kuat tarik belah seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Jumlah spesimen beton

Kode	Persentasi limbah beton	Banyaknya spesimen	
		Kuat tekan	Kuat tarik belah
LB0	0%	6	3
LB10	10%	6	3
LB20	20%	6	3
LB30	30%	6	3
LB40	40%	6	3

Setelah pengecoran, spesimen beton disimpan pada kondisi ruang laboratorium yang tidak terkontrol. Setelah 24 jam, beton dikeluarkan dari cetakan baja lalu direndam dalam air tawar sampai periode pengujian tertentu. Kuat tekan beton diuji pada hari ke 7 dan 28 dengan menggunakan mesin uji tekan sesuai dengan SNI 1974: 2011 [12]. Pengujian pada umur 7 hari sebagai pengikatan awal dan umur 28 hari sebagai pengikatan lanjut dari hidrasi semen. Kuat tarik belah beton diuji pada hari ke 28 dengan menggunakan mesin uji tekan sesuai dengan SNI 03-2491- 2002 [13]. Setelah periode pengujian tertentu, benda uji dikompresi dengan laju seragam 4,0 kN/detik (tanpa kejutan) sampai mencapai beban maksimum dan terjadi kegagalan. Kuat tekan beton dan kuat tarik belah rata-rata dari tiga benda uji ditentukan untuk setiap campuran beton.

3 Hasil dan Pembahasan Penelitian

3.1 Kuat Tekan Beton

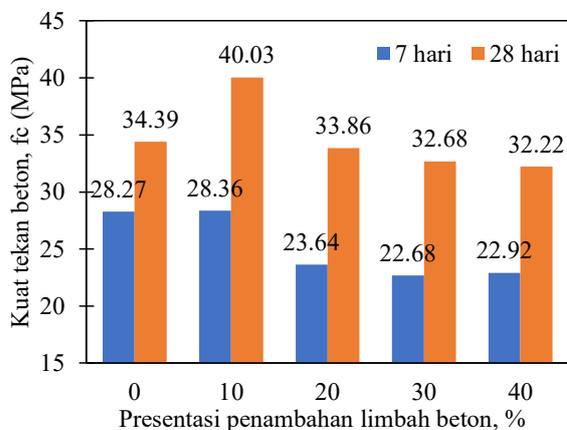
Pengujian kuat tekan dilakukan untuk menilai pengaruh kekuatan tekan limbah beton sebagai pengganti sebagian agregat kasar pada beton. Kuat tekan beton dan modulus elastisitas beton ditunjukkan pada Tabel 5. Modulus dari elastisitas (E_c) beton ditentukan dengan metode perhitungan berdasarkan SNI 2847:2019, yang sesuai dengan berat beton dari 1400 hingga 2560 kg/m³ [14]. Di dalam

perhitungan, parameter penting adalah berat dan kuat tekan beton. Modulus elastisitas mengikuti tren kekuatan tekan seperti yang dirangkum dalam Tabel 5. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai tekan kekuatan, semakin besar modulus elastisitasnya.

Dari Tabel 5, kuat tekan beton meningkat seiring bertambahnya umur di semua variasi penggantian agregat kasar. Pada 28 hari, kuat tekan beton dengan penambahan limbah beton 10%-40% melebihi desain kekuatan rencana yaitu 25 MPa (Gambar 3). Ini menunjukkan bahwa limbah beton memiliki potensi untuk masa depan sebagai bahan yang berkelanjutan.

Table 5. Kuat tekan beton dan modulus elastisitas beton

Kode	7 Hari		28 Hari	
	fc, Mpa	Ec, Mpa	fc, Mpa	Ec, Mpa
LB0	28.27	24991.16	34.39	27562.2
LB10	28.36	25029.43	40.03	29736.55
LB20	23.64	22851.86	32.22	26676.38
LB30	22.68	22380.59	33.86	27348.99
LB40	22.92	22502.81	32.68	26868.22



Gambar 3. Hubungan antara presentase penambahan limbah beton dan kuat tekan umur 7 dan 28 hari

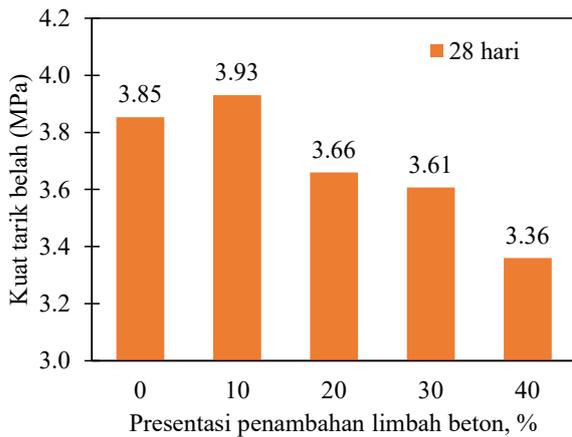
Berdasarkan Gambar 3 didapatkan bahwa rasio penggantian agregat kasar yang paling optimum adalah 10% pada 7 dan 28 hari dengan kuat tekan masing-masing 28,36 MPa dan 40,03 MPa. Selanjutnya, hanya limbah beton dengan rasio penggantian 10% pada umur 28 hari menunjukkan peningkatan kekuatan tekan yang signifikan yaitu sebesar

16.4% dari beton normal. Menurut Poon et al. [15] kuat tekan beton menggunakan limbah beton lebih besar dari beton normal khususnya umur diatas 28 hari. Hal ini dikarenakan oleh sisa-sisa semen lama yang tidak terdehidrasi pada permukaan partikel agregat limbah beton yang bereaksi dengan air sehingga meningkatkan laju pengembangan kekuatan dilaporkan oleh Kurad et al. 2017 [16]. Sedangkan untuk penggantian agregat limbah beton 20-40% mengalami sedikit penurunan kurang lebih 1,5-6,3% dari beton normal (LB0). Hal ini dikarenakan dengan kehadiran dua jenis zona transisi antarmuka (ITZ) dalam matriks [17-19]. Campuran beton yang mengandung agregat limbah beton 20-40% ini telah mencapai tingkat kekuatan antara 93,7 hingga 98,5% terhadap beton normal.

3.2 Kuat Tarik Beton

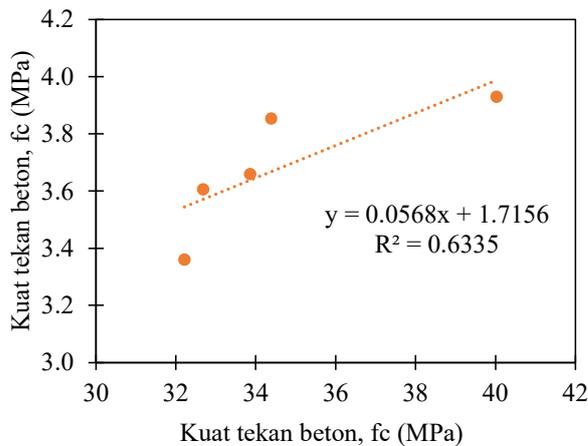
Gambar 4 menunjukkan hubungan antara presentasi penambahan limbah beton dan kuat tarik belah beton umur 28 hari. Berdasarkan Gambar 4, penggunaan limbah beton sebesar 10% penggantian agregat kasar menghasilkan peningkatan kekuatan tarik belah beton yang tidak terlalu signifikan yaitu sebesar 3.93 MPa dengan peningkatan 1.99% dari beton normal. Sedangkan untuk penggantian agregat kasar 20%, 30% dan 40% limbah beton mengalami penurunan yang sangat signifikan yaitu kurang lebih 5-12.8% dari beton normal (LB0). Pengurangan kuat tarik belah ini menurun dengan bertambahnya jumlah limbah beton. Hal ini dimungkinkan karena kerikil batu yang dihancurkan, biasanya menghasilkan kekuatan tarik yang rendah karena ikatan yang buruk dengan permukaan batu yang licin [20].

Hubungan antara kuat tekan beton dan kuat tarik belah beton pada umur 28 hari dapat dilihat pada Gambar 5. Berdasarkan Gambar 5 dapat dilihat bahwa hubungan peningkatan antara kuat tekan beton dan kuat tarik belahnya tidak begitu kuat hal ini terlihat dimana nilai R hanya 0.63. Ratio kuat tekan terhadap kuat belah beton ditunjukkan pada Tabel 6.



Gambar 4. Hubungan antara presentase penambahan limbah beton dan kuat tarik belah umur 28 hari

Berdasarkan Tabel 6 didapatkan bahwa penggunaan limbah beton sebesar 10% (LB10) sebagai pengganti agregat kasar memiliki ratio kuat tekan terhadap kuat tariknya hingga 10,19% dengan nilai peningkatan sebesar 14,13% dari beton normal.



Gambar 5. Hubungan kuat tekan dengan kuat tarik belah umur 28 hari

Tabel 6. Rasio kuat tekan terhadap kuat belah beton

Kode	Kuat Tekan, MPa	Kuat Belah, MPa	Ratio, %	Peningkatan terhadap LB0, %
LB0	34.39	3.85	8.92	0
LB10	40.03	3.93	10.19	14.13
LB20	33.86	3.66	9.25	3.66
LB30	32.68	3.61	9.06	1.53
LB40	32.22	3.36	9.59	7.43

4. Kesimpulan

Dari hasil penyelidikan eksperimental, limbah beton dapat digunakan dalam campuran beton ditinjau pada peningkatan kekuatan dan pemanfaatan limbah beton. Kekuatan beton meningkat dengan penggunaan limbah beton dengan rasio optimum penggantian agregat kasar sebesar 10% dengan kuat tekan mencapai 40,03 MPa pada umur 28 hari dengan persentase kenaikan 16,4% dari beton normal. Kemudian, campuran beton yang mengandung agregat limbah beton hingga 40% hanya dapat mencapai tingkat kekuatan antara 93,7% hingga 98,5% mendekati dengan kuat tekan beton normal 34.39 MPa.

5. Saran

Diperlukan adanya penelitian lebih lanjut seperti pemantauan kekuatan umur 91 hari hingga 1 tahun, variasi gradasi limbah beton, pengujian lentur, penyusutan, daya tahan, dan lainnya.

6. Daftar Pustaka

- [1] Shi, C., Li, Y., Zhang, J., Li, W., Chong, L. and Xie, Z., 2016. Performance enhancement of recycled concrete aggregate—a review. *Journal of cleaner production*, 112, pp.466-472.
- [2] Çakır, Ö., 2014. Experimental analysis of properties of recycled coarse aggregate (RCA) concrete with mineral additives. *Construction and Building Materials*, 68, pp.17-25..
- [3] Kim, K., Shin, M. and Cha, S., 2013. Combined effects of recycled aggregate and fly ash towards concrete sustainability. *Construction and Building Materials*, 48, pp.499-507.
- [4] Guo, H., Shi, C., Guan, X., Zhu, J., Ding, Y., Ling, T.C., Zhang, H. and Wang, Y., 2018. Durability of recycled aggregate concrete—A review. *Cement*

- and concrete composites, 89, pp.251-259..
- [5] Verian, K.P., Ashraf, W. and Cao, Y., 2018. Properties of recycled concrete aggregate and their influence in new concrete production. *Resources, Conservation and Recycling*, 133, pp.30-49.
- [6] Medina, C., Zhu, W., Howind, T., de Rojas, M.I.S. and Frías, M., 2014. Influence of mixed recycled aggregate on the physical–mechanical properties of recycled concrete. *Journal of cleaner production*, 68, pp.216-225.
- [7] Oikonomou, N.D., 2005. Recycled concrete aggregates. *Cement and concrete composites*, 27(2), pp.315-318.
- [8] Indonesia, S.N. and Nasional, B.S., 2004. Semen portland komposit. SNI 15-7064-2004, ICS 91.10. 10, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- [9] Nasional, B.S., 1990. SNI 03-1968-1990. Metode Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar.
- [10] Dasar, A. and Patah, D., 2021. Pasir dan Kerikil Sungai Mappili sebagai material Lokal untuk Campuran Beton di Sulawesi Barat. *BANDAR: JOURNAL OF CIVIL ENGINEERING*, 3(2), pp.9-14.
- [11] BS EN 12350-2, 2009. Testing fresh concrete. Slump-test. British Standard Institution.
- [12] Indonesia, S.N., 1974. Cara uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- [13] Nasional, B.S., 2002. Metode pengujian kuat tarik belah beton. SNI 03-2491-2002, Jakarta.
- [14] Nasional, B.S., 2013. Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung (SNI 2847: 2013). Jakarta: BSN.
- [15] Kurad, R., Silvestre, J.D., de Brito, J. and Ahmed, H., 2017. Effect of incorporation of high volume of recycled concrete aggregates and fly ash on the strength and global warming potential of concrete. *Journal of Cleaner Production*, 166, pp.485-502.
- [16] Poon, C.S., Shui, Z.H., Lam, L., Fok, H. and Kou, S.C., 2004. Influence of moisture states of natural and recycled aggregates on the slump and compressive strength of concrete. *Cement and concrete research*, 34(1), pp.31-36.
- [17] Kong, D., Lei, T., Zheng, J., Ma, C., Jiang, J. and Jiang, J., 2010. Effect and mechanism of surface-coating pozzalanic materials around aggregate on properties and ITZ microstructure of recycled aggregate concrete. *Construction and building materials*, 24(5), pp.701-708.
- [18] Lotfi, S., Deja, J., Rem, P., Mróz, R., van Roekel, E. and van der Stelt, H., 2014. Mechanical recycling of EOL concrete into high-grade aggregates. *Resources, conservation and Recycling*, 87, pp.117-125.
- [19] Kou, S.C., Poon, C.S. and Agrela, F., 2011. Comparisons of natural and recycled aggregate concretes prepared with the addition of different mineral admixtures. *Cement and Concrete Composites*, 33(8), pp.788-795.
- [20] 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.