

PENGARUH PEMANFAATAN LIMBAH BETON SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN AGREGAT KASAR TERHADAP KUAT TEKAN BETON

Abibullah^{1*}

¹Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Parepare, Indonesia

Informasi Artikel

Riwayat Artikel:

Dikirim: 23 Oktober 2021

Revisi: 17 November 2021

Diterima: 8 Desember 2021

Tersedia online: 23 Desember 2021

Keywords:

Concrete waste, Recycle,
Compressive strength, Variation,
Laboratory

ABSTRACT

Nowadays, a large amount of concrete waste left around the laboratory creating a new problem. Those concrete waste can be reduced by recycling them into aggregate for concrete mix. The purpose of this research are to determine the effect of concrete waste as a partial substitute replacement of aggregate on the compressive strength of a new concrete and to determine the effect of concrete waste percentage variation on the compressive strength. This research using an experimental research method which is comparing between 3 variations of the mixture to find out how strong the concretes are. The test showed that the concrete waste mixture with 3 variations which are 25%, 50% and 75% of partial substitute aggregate on 28 days age of a normal concrete have an average of 22.64 MPa. The 25% concrete waste with average of 18.11 MPa has decreased by 4.53 MPa from normal concrete. The 50% concrete waste with average of 16.22 MPa has decreased by 6.42 MPa from normal concrete. Lastly, the 75% concrete waste with average of 15.47 MPa has decreased by 7.74 MPa from normal concrete. According to the test, the variation of 25% concrete waste reached the compressive strength design and it is possible to use. As for the variation of 50% and 75% of concrete waste does not reach the compressive strength design and it is inappropriate for construction.

ABSTRAK

Banyaknya limbah beton hasil penelitian yang menumpuk di sekitaran laboratorium menjadi salah satu permasalahan saat ini. Salah satu cara untuk mengurangi penumpukan limbah beton tersebut adalah dengan cara di daur ulang menjadi agregat untuk campuran material beton. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh limbah beton sebagai pengganti sebagian agregat terhadap kuat tekan beton baru serta mengetahui pengaruh variasi persentase limbah beton terhadap kuat tekan beton. Metode penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimental yaitu dengan membandingkan antara 3 variasi campuran untuk mengetahui bagaimana kuat tekan beton yang diperoleh. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengujian kuat tekan beton dengan variasi campuran limbah beton masing-masing 25%, 50% dan 75% dari sebagian agregat kasar didapatkan hasil pengujian beton pada umur 28 hari pada beton normal dengan rata-rata 22,64 MPa. Untuk variasi 25% limbah beton dengan rata-rata 18,11 MPa mengalami penurunan sebesar 4,53 MPa dari beton normal. Untuk variasi 50% limbah beton dengan rata-rata 16,22 MPa mengalami penurunan sebesar 6,42 MPa dari beton normal. Serta untuk variasi 75% limbah beton dengan rata-rata 15,47 MPa mengalami penurunan sebesar 7,74 MPa dari beton normal. Maka dapat disimpulkan bahwa beton dengan variasi 25% limbah beton mencapai kuat tekan rencana dan layak untuk digunakan. Sedangkan untuk variasi 50% dan 75%, limbah beton belum mencapai kuat tekan rencana dan tidak layak digunakan.

*Penulis Korespondensi:

Abibullah,
Program Studi Teknik Sipil,
Universitas Muhammadiyah
Parepare,
Jl Jenderal Ahmad Yani KM. 6,
Kota Parepare, Indonesia.
Email: abibullah022@gmail.com



This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.

I. PENDAHULUAN

Dalam dunia konstruksi, beton merupakan salah satu komponen utama yang digunakan dalam pekerjaan konstruksi. Beton diseleksi selaku bahan bangunan sebab memiliki kekuatan tekan yang besar. Secara struktural beton mempunyai tegangan tekan yang lumayan besar, sehingga bisa digunakan untuk struktur yang menahan gaya-gaya tekan. Di samping

itu, beton juga mempunyai kelemahan yaitu tidak sanggup menahan gaya tarik serta bersifat getas (*brittle*) sehingga untuk menahan gaya tarik tersebut umumnya beton harus dikombinasikan dengan baja tulangan. Tetapi tidak dapat dipungkiri akumulasi baja tulangan juga belum bisa membagikan hasil yang maksimal.

Industri konstruksi beton di Indonesia berkembang cukup pesat sehingga kebutuhan akan material bangunan semakin meningkat dan pada akhirnya akan

berakibat pada persediaan sumber energi alam di Indonesia di masa yang akan tiba. Beton banyak digunakan sebab biayanya relatif murah, mudah dibentuk serta dapat dirancang sampai mencapai kekuatan yang direncanakan. Berbagai inovasi dalam bidang teknologi beton dikembangkan guna menghasilkan material beton yang instan dan ramah lingkungan. Juga, agregat selaku bahan pembuat material beton melalui bermacam perkembangan untuk mencapai tujuan material yang ramah lingkungan.

Laboratorium Struktur dan Bahan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Parepare merupakan bagian dari sarana pendidikan dalam program studi teknik sipil yang mempunyai tugas pokok melayani segala kebutuhan praktikum, perancangan material beton dengan persyaratan dan spesifikasi khusus, pengujian mutu dan sifat material, investigasi struktur eksisting, serta menyediakan *advice* dan konsultasi teknik. Beberapa penelitian telah dilakukan di laboratorium ini, namun yang menjadi permasalahan yaitu banyaknya limbah beton hasil penelitian sebelumnya yang menumpuk di sekitaran laboratorium. Hal ini dikarenakan sulitnya mencari lokasi pembuangan dan kurangnya pengetahuan mengenai pengolahan limbah beton. Limbah beton jika dibiarkan terus menumpuk dapat berdampak pada lingkungan sekitar. Salah satu cara untuk mengurangi penumpukan limbah beton tersebut adalah dengan cara mendaur ulang kembali sebagai agregat dari campuran material beton.

Pada penelitian ini, digunakan limbah beton sebagai agregat kasar untuk campuran beton baru sebagai pengganti sebagian batu pecah. Pemanfaatan limbah beton yang akan digunakan adalah beton silinder bekas dari penelitian yang telah dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan Universitas Muhammadiyah Parepare. Dari penelitian ini diharapkan limbah beton bisa dipergunakan kembali menjadi prasarana kampus. Disamping itu secara tidak langsung sudah mendukung gerakan menuju *green concrete*, khususnya untuk perlindungan dan pelestarian lingkungan.

Beberapa uraian diatas melatarbelakangi penulis untuk mengangkat penelitian mengenai Pengaruh Pemanfaatan Limbah Beton Sebagai Pengganti Sebagian Agregat Kasar Terhadap Kuat Tekan Beton. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh limbah beton sebagai pengganti sebagian agregat terhadap kuat tekan beton baru dan mengetahui pengaruh variasi persentase limbah beton terhadap kuat tekan beton.

A. Beton

Beton adalah campuran semen portland atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air dengan atau tanpa bahan campuran tambahan (*admixture*) (SNI 2847:2019) [3]. Beton merupakan bahan komposit yang berasal dari campuran adukan semen, agregat halus, agregat kasar, dan air yang dibentuk

dengan perbandingan tertentu sehingga menjadi material struktur sesuai dengan mutu yang diinginkan. Karena beton adalah bahan komposit maka kualitas beton sangat tergantung dari kualitas masing-masing material pembentuknya. Selain itu, seiring dengan penambahan umur, beton akan semakin mengeras dan akan mencapai kekuatan rencana ($f'c$) pada usia 28 hari. Maka dari itu untuk menghasilkan kekuatan beton yang direncanakan diperlukan *mix design* untuk menentukan proporsi masing-masing bahan susun yang diperlukan.

Selain perbandingan bahan susunnya, kekuatan beton ditentukan oleh padat tidaknya campuran bahan penyusun beton tersebut. Semakin kecil rongga yang dihasilkan dalam campuran beton, maka semakin tinggi kuat tekan beton yang dihasilkan. Selain itu, adukan beton diusahakan dalam kondisi yang homogen sehingga tidak terjadi segregasi dalam campuran beton (Tjokrodinulyo K 1996) [7].

B. Agregat

1) *Jenis Agregat*: Agregat adalah material alami atau buatan yang berfungsi sebagai bahan campuran beton. Agregat merupakan butir-butir batuan pecah, kerikil, pasir atau mineral lain, baik yang berasal dari alam maupun buatan yang berbentuk mineral padat berupa ukuran besar maupun kecil atau fragmen-fragmen (Sukirman S 2003) [8]. Agregat menempati +70% volume beton, sangat berpengaruh terhadap sifat apapun kualitas beton sehingga pemilihan agregat merupakan bagian yang penting dalam pembuatan beton. Mengingat bahwa agregat merupakan jumlah yang cukup besar dari volume beton dan sangat mempengaruhi sifat beton, maka suatu material perlu diberi perhatian yang lebih detail dan teliti dalam setiap pembuatan campuran beton. Disamping itu, agregat dapat mengurangi penyusutan akibat perkerasan beton dan juga mempengaruhi koefisien pemuaian akibat suhu panas. pemilihan jenis agregat yang akan dipilih tergantung pada mutu agregat, ketersediannya di lokasi, harga serta jenis konstruksi yang akan digunakan. Agregat digolongkan menjadi 2 macam, yaitu agregat alam dan agregat buatan. Agregat alam merupakan agregat yang bentuknya alami, terbentuk berdasarkan aliran air sungai dan degradasi. Sedangkan agregat buatan merupakan agregat yang berasal dari hasil sambungan pabrik-pabrik semen dan mesin pemecah batu.

2) *Berat Satuan dan Kepadatan*: Berat satuan agregat adalah berat agregat satu satuan volume, dinyatakan dengan kg/liter atau ton/m³. Jadi berat satuan dihitung berdasarkan berat agregat dalam suatu tempat tertentu, sehingga yang dihitung volumenya ialah volume padat (meliputi pori tertutup) dan volume pori terbuka.

3) *Ukuran Maksimum Agregat*: Ukuran maksimum agregat yang biasa dipakai adalah 10 mm, 20 mm, atau 40 mm.

4) *Gradasi Agregat*: Gradasi agregat adalah distribusi ukuran butiran dari agregat. Bila butir-butir agregat mempunyai ukuran yang sama (seragam), maka volume pori akan besar. Sebaliknya bila butirannya bervariasi akan terjadi volume pori yang kecil. Hal ini karena butiran yang kecil mengisi pori diantara butiran yang lebih besar, sehingga pori-porinya menjadi sedikit.

5) *Kekuatan Dan Keuletan Agregat*: Kekerasan agregat tergantung dari kekerasan bahan penyusunnya. Butiran agregat dapat bersifat kurang kuat disebabkan dua hal yaitu, karena terdiri dari bahan yang lemah atau terdiri dari partikel-partikel yang kuat tapi tidak terikat dengan kuat dan pada umumnya kekuatan dan elastisitas agregat tergantung dari jenis batuan, tekstur dan struktur butirannya, karena agregat merupakan bagian terbesar dari beton sehingga kekuatan agregat akan mempengaruhi kekuatan beton (Samekto W 2001) [10].

C. Limbah Beton

Saat ini beton menjadi salah satu material yang paling banyak digunakan dalam konstruksi. Salah satu bahan baku beton adalah split yang berasal dari batu alam. Namun penambangan batu telah menyebabkan kerusakan lingkungan yang sama besarnya dengan kerusakan akibat tumpukan limbah beton di berbagai tempat. Pemakaian limbah padat sebagai pengganti agregat kasar terhadap pembuatan beton di harapkan mampu mengurangi penggunaan material alam serta dapat mengatasi dampak yang diakibatkan dari limbah tersebut. Limbah padat tersebut berupa bongkaran beton dari konstruksi bangunan atau dari hasil penelitian uji kuat tekan. Oleh karena itu dalam penelitian ini limbah beton akan dicoba sebagai material bahan pengisi campuran beton dan untuk melihat apakah dapat memberikan dampak positif terhadap beton tersebut.

Kekuatan beton yang dihasilkan menggunakan agregat kasar limbah beton adalah sebesar 84%-86% dari kuat tekan beton yang direncanakan. Oleh karena itu perlu diketahui pengaruh penggunaan limbah beton sebagai pengganti sebagian atau lebih agregat kasar dan agregat halus terhadap kuat tekan beton. Sehubungan dengan hal tersebut dilakukan penelitian tentang pengaruh penggunaan agregat kasar dan agregat halus dari limbah beton terhadap kuat tekan beton normal ($f'c = 25$ MPa) (Hardjasaputera H et al, 2008) [4].

Menurut penelitian yang dilakukan I Gusti Made Sudika, I Gusti Ngurah Eka Pratama, dan I Gede Surya Dinata sebelumnya diperoleh hasil:

1) *Gradasi*: Bentuk dan tekstur serta diameter butiran agregat limbah beton sama dengan agregat alam. Hal ini dikarenakan ukuran butiran dapat diatur pada alat pemecahnya dan saringannya.

2) *Kandungan Mortar dan Pasta Semen*: Kandungan mortar dan pasta semen yang mengeras, yang ada pada agregat limbah beton berkisar antara 20-35% untuk agregat kasar dan untuk agregat halus kurang lebih 45-60%. Kandungan mortar dan pasta semen tersebut mengakibatkan kekerasannya menurun dan adanya pasta semen yang mengeras disekeliling agregat kasar juga mengakibatkan permukaannya lebih licin sehingga bisang temu pada material beton agregat daur ulang menjadi lebih banyak. Hal ini menunjukan sifat yang berbeda dengan agregat alam dan akan berpengaruh terhadap kekuatan tekan beton yang dibentuknya.

3) *Berat Jenis*: Berat jenis agregat limbah beton tidak beda signifikan dengan agregat alam, yaitu 2440 kg/m³ untuk agregat limbah beton sedangkan agregat alam mempunyai berat jenis 2460 kg/m³.

4) *Penyerapan Air*: Nilai penyerapan air atau absorpsi yang terjadi pada agregat limbah beton cenderung lebih besar yaitu 4,61% dibandingkan absorpsi agregat alam sebesar 3,95%. Hal ini dikarenakan agregat limbah beton masih tertutupi oleh mortar yang bersifat porous.

5) *Tingkat Keausan*: Tingkat keausan yang terjadi pada agregat limbah beton sebesar 36,04% sedangkan pada agregat alam sebesar 31,28% (Sudika I.G.M et al, 2019) [5].

D. Sifat-Sifat Mekanis Beton

Sifat-sifat mekanis yang ada pada beton dibagi menjadi dua, yaitu sifat mekanis jangka pendek dan jangka panjang. Sifat mekanis jangka pendek yaitu kuat tekan beton, kuat tarik beton, kuat geser beton, dan modulus elastisitas beton. Sedangkan untuk sifat mekanis jangka panjang yaitu rangkai dan susut pada beton (Joni I.G.P 2017) [6].

1) *Kuat Tekan Beton*: Kuat tekan beton merupakan kemampuan beton untuk menerima tekanan yang berupa gaya tekan per satuan luasnya. Kuat tekan beton dapat diketahui dengan pengujian dengan menggunakan sampel beton berbentuk silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Kuat tekan beton dapat diketahui dalam umur 28 hari dan dinyatakan dalam satuan Mpa. Selama 28 hari, beton disimpan dan dirawat dengan suhu dan kelembaban yang tetap. Adapun kuat tekan beton dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$f'c = \sigma = P/A \quad (1)$$

Pada persamaan (1) terdapat simbol $f'c = \sigma$ yang merupakan kuat tekan beton dengan satuan Mpa,

simbol P yang merupakan pada beban maksimum dengan satuan kN, serta simbol A yang merupakan luas permukaan sampel dengan satuan mm².

Menurut SNI 2847:2019, untuk beton struktur kuat tekan f'_c tidak boleh kurang dari 17 MPa. Nilai maksimum f'_c tidak dibatasi kecuali bilamana dibatasi oleh ketentuan standar tertentu (SNI 2847:2019) [3].

2) *Kuat Lentur Beton*: Kuat lentur beton dapat diketahui dengan pembebanan pada balok arah transversal. Kuat lentur maksimum beton akan dialami pada bagian serat bawah balok beton dan disebut sebagai *modulus of rupture*, yang besarnya tergantung dari panjang balok dan jenis pembebanannya. Kuat lentur pada beton penting diketahui untuk mengetahui batasan dan jenis keretakan yang terjadi pada beton akibat pembebanan. Walaupun umumnya pada struktur beton bertulang gaya lenturnya sudah ditanggung oleh tulangan yang ada di dalamnya. Pengujian kuat lentur dilakukan pada dua titik dengan jarak $1/3$ bentang hingga benda uji patah (*three points loading*). Menurut SNI 03-2847-2019 nilai *modulus of rupture* adalah $7,5\sqrt{f'_c}$ psi atau $0,62\sqrt{f'_c}$ Mpa.

3) *Susut Beton*: Susut pada beton adalah perubahan volume beton yang tidak dipengaruhi oleh pembebanan melainkan akibat beton yang kehilangan air akibat penguapan selama proses pengikatan beton dan juga dapat diartikan akibat perubahan muatan campuran dan perubahan fisika-kimia seiring penambahan waktu setelah proses pengerasan beton.

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian kuantitatif yang merupakan metode penelitian yang banyak menuntut penggunaan angka, mulai dari pengumpulan data, penafsiran terhadap data tersebut, serta penampilan dari hasilnya disertai gambar, tabel, atau grafik. Kemudian data hasil penelitian dianalisis sesuai dengan prosedur pengujian laboratorium. Metode penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimental yaitu dengan membandingkan antara 3 variasi campuran untuk mengetahui bagaimana kuat tekan beton.

B. Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi pembuatan benda uji, pemeliharaan, dan pengujian dilaksanakan di laboratorium Struktur dan Bahan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Parepare dengan waktu penelitian dilakukan selama 2 bulan mulai pada bulan Juni sampai Juli 2021.

C. Teknik Pengumpulan Data

1) *Data Primer*: Data yang diperoleh melalui eksperimen di Laboratorium Struktur dan Bahan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Parepare. Penelitian ini berfokus pada variasi campuran dari limbah beton yang akan dijadikan sebagai pengganti sebagian agregat kasar. Jumlah sampel yang dibutuhkan pada setiap variasi adalah sebagai berikut.

Tabel 1. Jumlah Sampel Beton

Variasi campuran beton	Umur beton (hari)			Jumlah
	7	14	28	
Beton Normal	3	3	3	9
Beton 25% limbah beton	3	3	3	9
Beton 50% limbah beton	3	3	3	9
Beton 75% limbah beton	3	3	3	9
Total				36

2) *Data Sekunder*: Data sekunder sebagai pendukung merupakan gambaran pada daerah studi. Data sekunder adalah data yang diperoleh dengan cara membaca, mempelajari dan memahami melalui media lain yang bersumber dari literature, buku-buku, serta dokumen (Sugiyono 2012) [9].

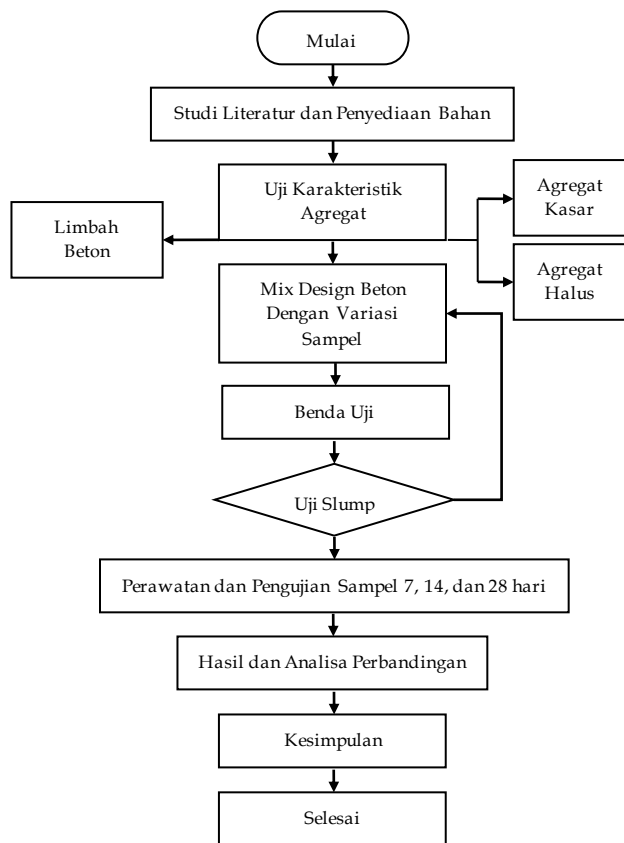
D. Teknik Analisis Data

Teknik analisis data yang dipakai pada penelitian ini menggunakan analisa parametrik deskriptif. Data hasil uji kuat tekan beton diperoleh dari pembagian antara beban maksimum benda uji dengan luas penampang benda uji, selanjutnya data akan disajikan dalam bentuk tabel maupun grafik. Langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut.

- 1) Menimbang berat benda uji sebelum pengujian dilakukan.
- 2) Meletakkan benda uji pada Universal Testing Machine.
- 3) Menghidupkan Universal Testing Machine dan benda uji akan mengalami penambahan beban sehingga dapat dibaca besarnya kekuatan tekan yang ditunjukkan dengan manometer.
- 4) Benda uji akan retak apabila beban yang diberikan telah mencapai batas maksimum dari beban yang mampu ditahan benda uji. Pada saat retak, jarum manometer akan berhenti pada titik maksimum yang mampu ditahan oleh benda uji (SNI 1975:2011) [1].

E. Bagan Alir Penelitian

Bagan alir penelitian adalah bagan yang memuat tahapan-tahapan dari suatu penelitian yang akan dilakukan nantinya.



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian Agregat

Pengujian agregat berdasarkan pada SNI (Standar Nasional Indonesia) dilakukan terhadap agregat kasar, agregat halus dan agregat limbah beton.

1) *Agregat Kasar*: Dari pengujian kadar lumpur diperoleh hasil 4,30% yang nilainya lebih kecil dari 1% sehingga agregat kasar perlu dicuci sebelum dijadikan bahan campuran beton. Kemudian untuk masing-masing pengujian mulai dari pengujian tingkat keausan menggunakan mesin *Los Angeless* didapatkan hasil 22,3%, pengujian kadar air sebesar 1,01%, pengujian berat volume rongga sebesar 1,32, pengujian berat volume padat sebesar 1,64, pengujian penyerapan air sebesar 2,98%, pengujian berat jenis nyata sebesar 3,22, pengujian berat jenis kering sebesar 2,9, pengujian berat jenis kering permukaan sebesar 3,03, serta pengujian modulus kehalusan didapatkan hasil sebesar 6,59. Keseluruhan pengujian ini menunjukkan hasil sesuai standar sehingga agregat kasar pada penelitian ini dapat dijadikan bahan untuk campuran beton.

Hasil rekapitulasi pengujian agregat kasar dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 3. Rekapitulasi Hasil Pengujian Agregat Kasar

NO	KARAKTERISTIK AGREGAT	INTERVAL	HASIL PENGAMATAN		NILAI RATA-RATA	KET.
			I	II		
1	Kadar lumpur	Maks 1%	4,8%	3,76%	4,30%	Tidak
2	Keausan	Maks 50%	22,7%	22,0%	22,3%	Memenuhi
3	Kadar air	0,5% - 2%	0,54%	1,49%	1,01%	Memenuhi
4	Berat volume					
	a. Kondisi lepas	1,6 - 1,9 kg/liter	1,33	1,31	1,32	Tidak
	b. Kondisi padat	1,6 - 1,9 kg/liter	1,65	1,62	1,64	Memenuhi
5	Absorpsi	Maks 4 %	2,38%	3,58%	2,98%	Memenuhi
6	Berat jenis spesifik					
	a. Bj. Nyata	1,6 - 3,3	3,25	3,19	3,22	Memenuhi
	b. Bj. Dasar kering	1,6 - 3,3	3,01	2,87	2,94	Memenuhi
	c. Bj. Kering permukaan	1,6 - 3,3	3,09	2,97	3,03	Memenuhi
7	Modulus kehalusan	6,0 - 8,0	6,39	6,78	6,59	Memenuhi

2) *Agregat Halus*: Dari pengujian kadar lumpur agregat halus diperoleh hasil 3,59% yang nilainya lebih kecil dari 5% sehingga agregat halus dapat dijadikan bahan campuran beton. Kemudian untuk masing-masing pengujian mulai dari pengujian kadar organik berada di No. 2, pengujian kadar air sebesar 2,29%, pengujian berat volume rongga sebesar 1,41, pengujian berat volume padat sebesar 1,60, pengujian penyerapan

air sebesar 1,95%, pengujian berat jenis nyata sebesar 2,51, berat jenis kering sebesar 2,40, berat jenis kering permukaan sebesar 2,44, serta modulus kehalusan sebesar 3,67. Keseluruhan pengujian ini menunjukkan hasil sesuai standar sehingga agregat halus pada penelitian ini dapat dijadikan bahan untuk campuran beton. Hasil rekapitulasi pengujian agregat kasar dapat dilihat pada tabel selanjutnya.

Tabel 4. Rekapitulasi Hasil Pengujian Agregat Halus

NO.	KARAKTERISTIK AGREGAT	INTERVAL	HASIL PENGAMATAN		NILAI RATA-RATA	KET.
			I	II		
1	Kadar lumpur	Maks 5%	4,0%	3,2%	3,59%	Memenuhi
2	Keausan	< No. 3	No. 2	No. 2	2	Memenuhi
3	Kadar air	2% - 5%	1,94%	2,65%	2,29%	Memenuhi
4	Berat volume					
	a. Kondisi lepas	1,4 - 1,9 kg/liter	1,40	1,41	1,41	Memenuhi
	b. Kondisi padat	1,4 - 1,9 kg/liter	1,60	1,60	1,60	Memenuhi
5	Absorpsi	0,2% - 2%	2%	1,79%	1,95%	Memenuhi
6	Berat jenis spesifik					
	a. Bj. Nyata	1,6 - 3,3	2,54	2,49	2,51	Memenuhi
	b. Bj. Dasar kering	1,6 - 3,3	2,41	2,38	2,40	Memenuhi
	c. Bj. kering permukaan	1,6 - 3,3	2,46	2,43	2,44	Memenuhi
7	Modulus kehalusan	1,50 - 3,80	3,68	3,66	3,67	Memenuhi

3) *Agregat Limbah Beton*: Dari pengujian kadar lumpur agregat limbah beton diperoleh hasil 0,92% yang nilainya lebih kecil dari 1% sehingga agregat limbah beton dapat dijadikan bahan campuran beton. Kemudian untuk masing-masing pengujian mulai dari pengujian tingkat keausan menggunakan mesin *Los Angeless* sebesar 22,%, pengujian kadar air sebesar 2,76%, pengujian berat volume rongga sebesar 1,32, pengujian berat volume padat sebesar 1,64, pengujian berat jenis nyata sebesar 3,27, berat jenis kering sebesar 2,88, berat jenis kering permukaan sebesar 3,0, serta

modulus kehalusan sebesar 7,30. Keseluruhan pengujian ini menunjukkan hasil sesuai standar sehingga agregat limbah beton pada penelitian ini dapat dijadikan bahan untuk campuran beton. Terkhusus untuk pengujian penyerapan air yang hasilnya sebesar 8,10% dimana nilainya diatas interval yaitu maksimum 4% sehingga jumlah air yang diperlukan harus diperhitungkan kembali sebelum agregat limbah beton dapat dijadikan bahan campuran beton. Hasil rekapitulasi pengujian agregat limbah beton dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

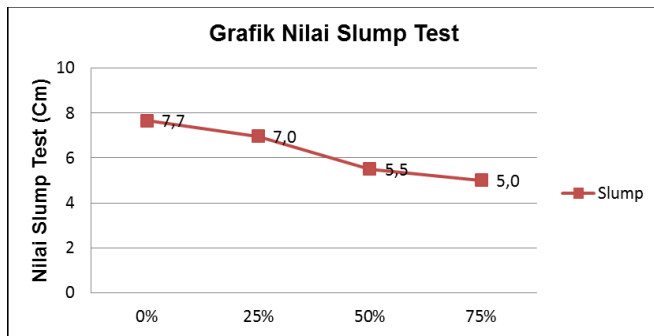
Tabel 5. Rekapitulasi Hasil Pengujian Agregat Limbah Beton

NO.	KARAKTERISTIK AGREGAT	INTERVAL	HASIL PENGAMATAN		NILAI RATA-RATA	KET.
			I	II		
1	Kadar lumpur	Maks 1%	0,6%	1,22%	0,92%	Memenuhi
2	Keausan	Maks 50%	22,7%	22,0%	22,3%	Memenuhi
3	Kadar air	0,5% - 2%	2,52%	3,00%	2,76%	Tidak
4	Berat volume					
	a. Kondisi lepas	1,6 - 1,9 kg/liter	1,33	1,31	1,32	Tidak
	b. Kondisi padat	1,6 - 1,9 kg/liter	1,65	1,62	1,64	Memenuhi
5	Absorpsi	Maks 4 %	8,18%	8,02%	8,10%	Tidak
6	Berat jenis spesifik					
	a. Bj. Nyata	1,6 - 3,3	3,13	3,40	3,27	Memenuhi
	b. Bj. Dasar kering	1,6 - 3,3	2,77	3,00	2,88	Memenuhi
	c. Bj. kering permukaan	1,6 - 3,3	2,89	3,12	3,00	Memenuhi
7	Modulus kehalusan	6,0 - 8,0	6,39	6,78	6,59	Memenuhi

B. Nilai Slump

Pada penelitian ini, pemeriksaan nilai slump yang dilakukan diperoleh hasil seperti pada gambar berikut. Secara umum dapat dikatakan bahwa semakin tinggi jumlah variasi limbah beton yang dicampurkan ke

dalam adukan beton, maka nilai *workability*-nya juga akan semakin menurun (SNI 1972:2008) [2].



Gambar 1. Hubungan Antara Variasi Campuran Dengan Nilai Slump

Dari pengujian slump diatas, tampak bahwa nilai slump turun dengan bertambahnya jumlah limbah beton dalam campuran, hal ini dikarenakan limbah beton yang tidak memiliki permukaan yang beraturan dan berongga sehingga pada saat dilakukan pencampuran, rongga pada limbah beton saling mengisi atau saling mengikat sehingga nilai slump atau kelecekan pada campuran beton.

C. Kuat Tekan

Setelah melakukan pembuatan dan perawatan benda uji, selanjutnya dilakukan pengujian kuat tekan benda uji tersebut. Pengujian kuat tekan dilakukan pada saat benda uji berumur 7 hari, 14 hari dan 28 hari sebanyak 9 sampel yang terdiri dari 3 variasi campuran limbah beton yaitu 25%, 50% dan 75%. Untuk masing-masing variasi campuran dibuat 3 sampel untuk kuat tekan silinder dengan ukuran benda uji 15 x 30 cm. Sebelum melakukan uji kuat tekan beton maka terlebih dahulu dilakukan penimbangan benda uji untuk setiap variasi yang akan dijadikan sampel uji.

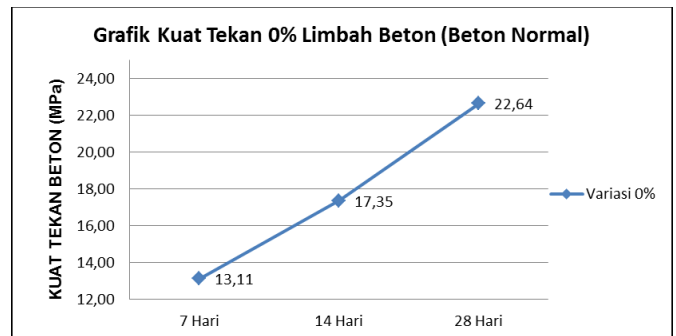
Adapun hasil dari pengujian kuat tekan yang terdiri dari beton normal dan 3 variasi campuran limbah beton dengan 3 hari perawatan adalah sebagai berikut :

1) *Beton Normal (0% Limbah Beton)*: Berdasarkan hasil penelitian, kuat tekan rata-rata pada beton normal yang didapat pada pengujian 7, 14 dan 28 hari ialah sebagai berikut:

Tabel 6. Rekap Hasil Kuat Tekan Beton Normal

No.	Umur	Berat (Kg)	Beban (KN)	Kuat Tekan f'c (MPa)
1	7 Hari	12,295	231,67	13,11
2	14 Hari	12,32	306,67	17,35
3	28 Hari	11,97	400,00	22,64

Pada pengujian sampel uji dengan 0% limbah beton atau beton normal dengan silinder ukuran 15 x 30 cm dengan jumlah sampel 3 buah didapat kuat tekan dengan rata-rata 13,11 MPa untuk umur 7 hari, 17,35 MPa untuk umur 14 hari, dan 22,64 MPa untuk umur 28 hari, memenuhi kuat tekan yang diinginkan dengan grafik sebagai berikut:



Gambar 2. Grafik Pengujian Kuat Tekan Beton Normal

Pada grafik diatas dapat dijelaskan bahwa beton dengan 0% limbah beton atau beton normal mengalami peningkatan kuat tekan dari umur 7 hari ke umur 14 hari sebesar 4,24 MPa sedangkan untuk umur 14 hari ke 28 hari mengalami peningkatan kuat tekan sebesar 5,29 MPa.

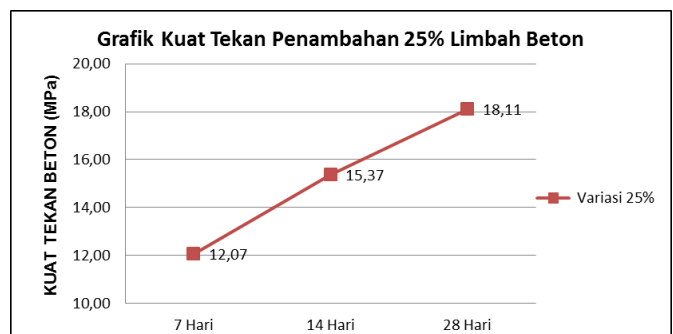
2) *Variasi 25% Limbah Beton*: Berdasarkan hasil penelitian, kuat tekan rata-rata pada beton dengan kandungan 25% limbah beton yang didapat pada pengujian 7, 14 dan 28 hari ialah sebagai berikut:

Tabel 7. Rekap Hasil Kuat Tekan Beton 25% Limbah Beton

No.	Umur	Berat (Kg)	Beban (KN)	Kuat Tekan f'c (MPa)
1	7 Hari	12,02	213,33	12,07
2	14 Hari	12,05	271,67	15,37
3	28 Hari	12,05	320,00	18,11

Pada pengujian sampel uji dengan 25% limbah beton atau beton normal dengan ukuran 15 x 30 cm dengan jumlah sampel 3 buah didapat kuat tekan dengan rata-rata 12,07 MPa untuk umur 7 hari, 15,37 MPa untuk umur 14 hari, dan 18,11 MPa untuk umur 28 hari, memenuhi kuat tekan yang diinginkan.

Pada grafik dibawah ini dapat dijelaskan bahwa beton dengan kandungan 25% limbah beton mengalami peningkatan kuat tekan dari umur 7 hari ke umur 14 hari sebesar 3,3 MPa sedangkan untuk umur 14 hari ke 28 hari mengalami peningkatan kuat tekan sebesar 2,74 Mpa.



Gambar 3. Grafik Pengujian Kuat Tekan Variasi 25%

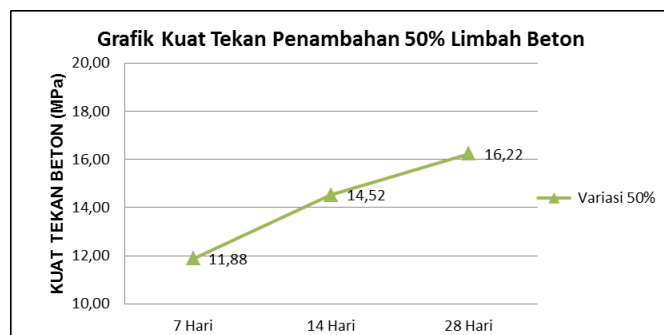
3) *Variasi 50% Limbah Beton:* Berdasarkan hasil penelitian, kuat tekan rata-rata pada beton variasi 50% limbah beton yang didapat pada pengujian 7, 14 dan 28 hari ialah sebagai berikut:

Tabel 8. Rekap hasil kuat tekan beton 50% limbah beton

No.	Umur	Berat (Kg)	Beban (KN)	Kuat Tekan f'_c (MPa)
1	7 Hari	11,87	210,00	11,88
2	14 Hari	11,85	256,67	14,52
3	28 Hari	11,95	286,67	16,22

Pada pengujian sampel uji dengan 50% limbah beton atau beton normal dengan ukuran 15 x 30 cm dengan jumlah sampel 3 buah diperoleh kuat tekan dengan rata-rata 11,88 MPa untuk umur 7 hari, 14,52 MPa untuk umur 14 hari, dan 16,22 MPa untuk umur 28 hari, tidak memenuhi kuat tekan yang diinginkan.

Pada grafik dibawah dapat dijelaskan bahwa beton dengan 50% limbah beton mengalami peningkatan kuat tekan dari umur 7 hari ke umur 14 hari sebesar 2,64 MPa sedangkan untuk umur 14 hari ke 28 hari mengalami peningkatan kuat tekan sebesar 1,7 dengan grafik sebagai berikut:



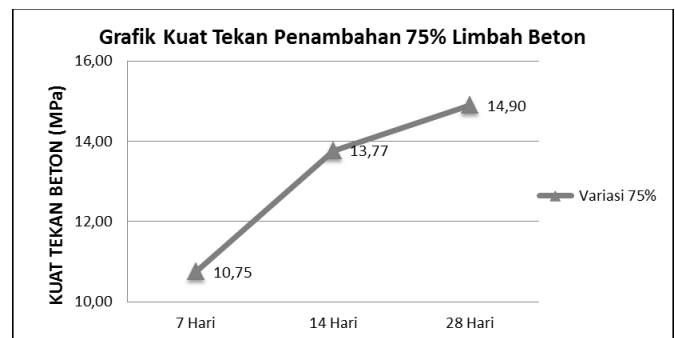
Gambar 4. Grafik Pengujian Kuat Tekan Variasi 50%

4) *Variasi 75% Limbah Beton:* Berdasarkan hasil penelitian, kuat tekan rata-rata pada beton variasi 75% limbah beton yang didapat pada pengujian 7, 14 dan 28 hari ialah sebagai berikut:

Tabel 9. Rekap Hasil Kuat Tekan Beton 75% Limbah Beton

No.	Umur	Berat (Kg)	Beban (KN)	Kuat Tekan f'_c (MPa)
1	7 Hari	11,526	190,00	10,75
2	14 Hari	11,88	243,33	13,77
3	28 Hari	12,19	263,33	14,90

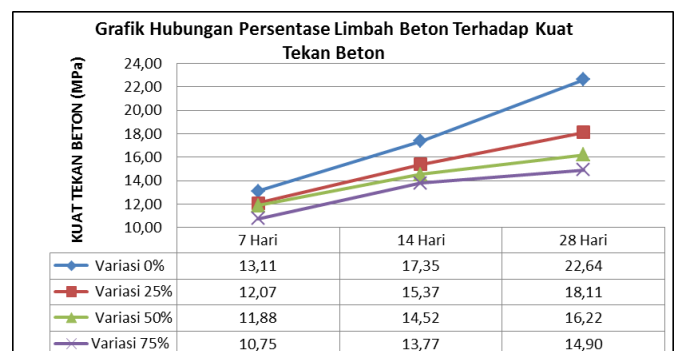
Pada pengujian sampel uji dengan 75% Limbah beton dengan ukuran 15 x 30 cm dengan jumlah sampel 3 buah didapat kuat tekan dengan rata-rata 10,75 MPa untuk umur 7 hari, 13,77 MPa untuk umur 14 hari, dan 14,90 MPa untuk umur 28 hari, tidak memenuhi kuat tekan yang diinginkan dengan grafik sebagai berikut:



Gambar 5. Grafik Pengujian Kuat Tekan Variasi 75%

Pada grafik diatas dapat dijelaskan bahwa beton dengan 75% limbah beton mengalami peningkatan kuat tekan dari umur 7 hari ke umur 14 hari sebesar 3,02 MPa sedangkan untuk umur 14 hari ke 28 hari mengalami peningkatan kuat tekan sebesar 1,13 MPa.

Berikut adalah grafik hubungan persentase campuran limbah beton terhadap kuat tekan beton :



Gambar 6. Grafik Hubungan Persentase Campuran Terhadap Kuat Tekan Beton

Pada grafik diatas dapat dijelaskan bahwa beton umur 7 hari mengalami penurunan kuat tekan dari beton normal sebesar 1,04 MPa pada beton variasi 25% limbah beton, 1,23 MPa pada beton variasi 50% limbah beton dan 2,36 MPa pada beton variasi 75% limbah beton.

Pada beton umur 14 hari mengalami penurunan kuat tekan dari beton normal sebesar 1,98 MPa pada beton variasi 25% limbah beton, 2,83 MPa pada beton variasi 50% limbah beton dan 3,58 MPa pada beton variasi 75% limbah beton.

Pada beton umur 28 hari mengalami penurunan kuat tekan dari beton normal sebesar 4,53 MPa pada beton variasi 25% limbah beton, 6,42 MPa pada beton variasi 50% limbah beton dan 7,74 MPa pada beton variasi 75% limbah beton. Sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa kuat tekan beton dengan persentase 25% limbah beton memenuhi kuat tekan rencana dan dapat digunakan untuk konstruksi, sedangkan beton dengan persentase 50% dan 75% limbah beton tidak memenuhi rencana sehingga tidak dapat digunakan untuk konstruksi.

IV. SIMPULAN

Dari hasil yang telah dibahas sebelumnya maka dapat dibuat kesimpulan sebagai berikut :

A. Pengaruh Variasi

Pengaruh variasi dari hasil pengujian kuat tekan beton yang memperhatikan variasi campuran limbah beton dengan 4 variasi yaitu 0% (beton normal), 25%, 50% dan 75% dari sebagian agregat kasar, maka didapatkan hasil pengujian beton pada umur 28 hari pada beton normal atau variasi 0% limbah beton dengan rata-rata 22,64 MPa. Untuk variasi 25% limbah beton dengan rata-rata 18,11 Mpa, variasi 50% limbah beton dengan rata-rata 16,22 MPa serta untuk variasi 75% limbah beton dengan rata-rata 15,47 MPa. Maka dapat disimpulkan beton dengan variasi 25% limbah beton mencapai kuat tekan rencana dan layak digunakan. Sedangkan untuk variasi 50% dan 75%, limbah beton tidak mencapai kuat tekan rencana dan tidak layak digunakan untuk konstruksi.

B. Kuat Tekan Beton

Dari hasil penambahan atau penggantian agregat kasar dengan menggunakan limbah beton dalam campuran maka kuat tekan beton mengalami penurunan, seperti hasil yang didapatkan yaitu dari

penambahan limbah beton sebesar 25% mengalami penurunan sebesar 4,53MPa dari beton normal. Penambahan limbah beton sebesar 50% mengalami penurunan sebesar 6,42 MPa dari beton normal. Begitu pula dengan penambahan limbah beton sebesar 75% mengalami penurunan sebesar 7,74 MPa dari beton normal.

REFERENSI

- [1] Badan Standardisasi Nasional. *Cara Uji Kuat Tekan Beton Dengan Benda Uji Silinder*. SNI 1975:2011. Jakarta: Departemen Pekerjaan umum, 2011.
- [2] Badan Standardisasi Nasional. *Cara Uji Slump Beton* SNI 1972:2008. Jakarta: Departemen Pekerjaan umum, 2008.
- [3] Badan Standardisasi Nasional. *Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan penjelasannya*. SNI 2847-2019. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum, 2019.
- [4] H. Hardjasaputra dan A. Ciputera. "Penggunaan Limbah Beton Sebagai Agregat Kasar Pada Campuran Beton Baru", 2008.
- [5] I.G.M. Sudika, I.G.N.E Pratama, dan I.G.D.S. Dinata. "Analisis Limbah Benda Uji Beton Untuk Mensubstitusi Agregat Kasar Pada Campuran Beton," vol 11 no 1, hlm. 45-56, Juni 2019.
- [6] I.G.P. Joni. "Sifat Fisis Dan Mekanis Beton," 2017.
- [7] K. Tjokrodinulyo. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Nafiri, 1996.
- [8] S. Sukirman. *Beton Aspal Campuran Panas*. Bandung : Grafika Yuana Marga, 2003.
- [9] Sugiyono. *Memahami Penelitian Kualitatif*. Bandung: ALFABETA, 2012.
- [10] W. Samekto. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Kanisius, 2001.