

Evaluasi Substitusi Limbah Beton pada Agregat Kasar terhadap Performa Tekan Beton (5%, 10%, 15%)

* Iman Suyanto¹, Imransyah Idroes², Azzaki Mubarak³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Sipil, Universitas Iskandar Muda, Banda Aceh, Indonesia

ARTICLE INFORMATION

Received: August 08, 2025

Revised: December 14, 2025

Accepted: April 17, 2026

Available online: April 30, 2026

KEYWORDS

Limbah Beton; Agregat Kasar; Kuat Tekan; Substitusi

* CORRESPONDENCE

imansuyanto268@gmail.com

A B S T R A C T

Penggunaan limbah material pengganti atau komponen tambahan dalam campuran membuat beton berpotensi mengurangi polusi lingkungan. Satu di antara jenis limbah yang menyumbang dalam jumlah besar adalah limbah beton. Berdasarkan penelitian sebelumnya, penggantian agregat besar menggunakan limbah beton menunjukkan menurunnya kuat tekan pada beton mutu tinggi di atas 25 MPa. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Konstruksi Bahan Bangunan, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala, dengan target kuat tekan beton sebesar f_c 15 MPa. Sebanyak 12 benda uji selinder berukuran 15 x 30 cm diuji, terdiri dari 9 benda uji dengan variasi penggantian agregat kasar dengan limbah beton sebesar 5%, 10%, dan 15%, serta 3 benda uji beton normal sebagai pembanding. Limbah beton yang digunakan dari hasil uji kuat tekan beton bermutu 25 MPa di Universitas Syiah Kuala. Masing-masing variasi diwakili oleh 3 benda uji. Seluruh benda uji direndam dalam air sebagai metode perawatan, dan Uji dilakukan pada usia beton 28 hari. Metode yang digunakan pada penelitian ini berdasarkan SNI 7656:2012. Hasil dari penelitian ini menunjukkan kuat tekan beton normal sebesar 19,53 MPa. Sementara itu, variasi dengan penggantian limbah beton sebesar 5%, 10%, dan 15% mengalami peningkatan kuat tekan menjadi 19,79 MPa, 20,50 MPa, dan 20,19 MPa. Peningkatan ini masih dalam kategori stabil karena tidak melebihi 10% dari beton normal dan pada penelitian ini batas optimal disarankan pada substitusi limbah beton sampai dengan 15%. Oleh karena itu disimpulkan bahwa limbah beton untuk pengganti agregat kasar layak digunakan untuk beton bermutu rendah, namun tidak disarankan untuk beton struktural.

1. PENDAHULUAN

Seiring dengan pesatnya pembangunan gedung di Indonesia, kebutuhan akan material konstruksi seperti semen, kerikil, dan agregat halus turut mengalami peningkatan[1]. Namun, di sisi lain, Ketersediaan sumber daya alam di Indonesia semakin berkurang, sehingga diperlukan tindakan untuk mengurangi ketergantungan terhadap penggunaan material alami[2].

Salah satu opsi yang dapat digunakan adalah pemanfaatan sampah padat sebagai substitusi agregat kasar dalam proses pembuatan beton, dengan harapan dapat menekan penggunaan sumber daya alam. Limbah padat yang dimaksud berasal dari bongkaran beton bekas bangunan[3]. Oleh karena itu, pada penelitian ini limbah beton akan dicoba sebagai bahan campuran dalam pembuatan beton, guna mengetahui sejauh mana pengaruhnya terhadap kualitas beton yang dihasilkan memberikan dampak positif terhadap kuat tekan beton[4].

Tujuan yang ingin dicapai melalui penelitian ini yaitu menilai pengaruh substitusi 5-15% limbah beton terhadap kuat tekan beton f'_c 15.

Manfaat dari penelitian ini adalah Untuk Menyokong dalam mengurangi Limbah beton yang mana pada saat ini belum di temukan tempat pembuangan atau penampung nya sehingga Limbah beton dan menghemat sumber daya untuk membuat beton baru.

Ruang lingkup penulisan proposal penelitian ini yaitu Penggunaan Limbah Beton Daur Ulang Pada Pengujian Kuat Tekan Beton, dengan Metode Pengujian Laboratorium dengan target mutu f'_c = 15 MPa, Limbah beton yang digunakan sebagai bahan pengganti beton mutu f'_c = 25 MPa, rumusan dngan penggantian split (agregat kasar) dengan pada campuran yaitu 5%, 10%,15%. Nilai kuat tekan beton susbtstitusi limbah beton pada agregat kasar di uji dengan umur beton 28 hari.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Tahapan Penelitian

Penelitian adalah pemaparan secara mendetail dan teratur mengenai langkah-langkah dalam penelitian. Penelitian ini dimulai dengan studi literatur, dilanjutkan penyiapan peralatan dan material, pemeriksaan bahan, perencanaan rasio campuran beton standar, pembuatan dan pemeliharaan benda uji, pengujian benda uji serta analisis data.

Adapun parameter yang memiliki pengaruh besar terhadap kekuatan beton, di antaranya:

1. Pemeriksaan berat volume
2. Berat jenis dan absorpsi agregat
3. Susunan butiran
4. Kandungan bahan organik lainnya

2.1.1 Metode dan Prosedur Penelitian

Jenis semen yang akan digunakan dalam seluruh variasi campuran beton pada penelitian ini adalah Semen Portland Komposit, dengan berat jenis sebesar 3.145 kg/m^3 , luas permukaan spesifik mencapai $382 \text{ m}^2/\text{kg}$, sesuai pada ketentuan SNI 03-2834-2000[5]. Semen tersebut merupakan produk dari pembuat semen lokal Indonesia yang sangat mudah didapat di pasaran. Sementara itu, material agregat halus dan agregat kasar (batu pecah) yang dipakai dalam penelitian ini merujuk pada standar SNI 03-6820-2002.

Agregat halus dan agregat kasar merupakan material alam yang dgunakan berasal dari kawasan Jantho, Kabupaten Aceh Besar. Batas klasifikasi untuk pasir dan agregat kasar sesuai dengan SNI 03-6820-2002[6] Hasil pemeriksaan seluruh agregat telah mencukupi persyaratan untuk dijadikan agregat pada pencampuran beton. Pada penelitan ini kerikil disubstitusi dengan limbah beton dari mutu f'_c 25 MPa. Agregat kasar sebgaaian disubstitusikan sama limbah beton dengan variasi 5%, 10% dan 15% Limbah beton yang akan digunakan diolah langsung dengan cara dihancurkan secara manual sehingga menjadi butiran agregat kasar kemudian limbah beton yang telah di hancurkan di ambil dan diayak sehingga lolos saringan 25/19 mm untuk mendapatkan butiran agregat kasar untuk bahan pada membuat beton., sedangkan air yang pakai adalah harus bersih dan jauh dari bahan perusak lainnya yang dapat merugikan terhadap beton dan sudah memenuhi syarat SNI 03-2847-2002[7].



Gambar 1. Penghancuran beton untuk substitusi agregat kasar

2.2 Perancangan Komposisi Beton

Perancangan campuran beton dilakukan untuk menetapkan proporsi setiap bahan penyusun yang diperlukan dalam pembuatan beton. Perencanaan ini dirancang mengikuti standar metode SNI-7656:2012. Dalam perencanaan pembuatan beton ini digunakan cetakan berbentuk silinder berukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm sebanyak 12 buah benda uji pada mutu rencana 15,00 MPa ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Benda Uji

Variasi Benda uji	Dimensi (cm)	Jumlah
0%	15 x 30	3
5%	15 x 30	3
10%	15 x 30	3
15%	15 x 30	3
Total		12

Fungsi limbah beton yang nantinya dimanfaatkan sebagai material pengganti agregat kasar pada campuran beton adalah 5%, 10%, dan 15% dari agregat kasar yang didapat dari perhitungan *mix design* 1m³. Untuk Variasi pengganti kerikil dengan limbah beton pada adukan beton diperlihatkan pada lampiran Tabel 1.

Perancangan dan pemilihan material berkualitas tinggi dalam proses produksi beton bertujuan untuk memastikan mutu dan kekuatan beton, dengan mempertimbangkan proporsi serta jumlah masing-masing bahan campuran agar diperoleh kualitas beton yang sesuai harapan [8]. "pada penelitian ini didapat hasil *mix design* yang lampirkan pada tabel 2 untuk 1m³ sehingga dari hasil *mix design* yang didapat bisa dikalkulasikan pada campuran beton yang diinginkan pada penelitian ini.

Tabel 2. Mix design 1m³

Material	0%	5%	10%	15%
Air	186,76	186,76	186,76	186,76
Semen	270,27	270,27	270,27	270,27
Coarse aggregate	1002,50	952,38	902,25	852,13
Fine Aggregate	936,06	936,06	936,06	936,06
Limbah Beton	0,00	50,13	100,25	150,38

2.2.1 Proses Pembuatan serta Perawatan Beton

Pada tahap ini, proses pembuatan beton dilakukan melalui beberapa langkah sebagai berikut:

1. Bahan serta peralatan yang berperan sebagai bahan penyusun dalam campuran beton (benda uji) harus dipersiapkan terlebih dahulu sebelum pelaksanaan proses pencampuran.
2. Melakukan pengujian material di laboratorium untuk memastikan mutu yang direncanakan sehingga kekuatannya dapat mencapai nilai maksimum sesuai yang dihitung. Pemeriksaan agregat meliputi analisis gradasi (modulus kehalusan butiran), pengujian berat volume, pengujian berat jenis, serta proses pengayakan limbah beton sesuai ukuran yang telah ditentukan.
3. Merancang komposisi beton (*mix design*). Menghitung material dan bahan-bahan berdasarkan perhitungan yang telah ditetapkan dalam rencana campuran beton.
4. Pencampuran komponen beton harus dilakukan dengan cara masukkan seluruh material yang telah ditimbang sesuai proporsi, yaitu agregat kasar, agregat halus, limbah beton, air, dan semen, ke dalam molen (mixer beton). Pencampuran dilakukan hingga adukan mencapai kondisi homogen, kemudian campuran beton dituangkan ke dalam cetakan setelah proses pengadukan berlangsung selama kurang lebih 15 menit.
5. Pengujian slump (kekentalan beton basah)
Kekentalan beton segar diuji menggunakan alat uji slump. Nilai slump yang diharapkan berada dalam rentang 75–100 mm, sesuai dengan standar yang ditetapkan.
6. Pengecoran ke dalam cetakan

Adukan beton kemudian dituangkan kedalam cetakan berbentuk silinder yang sudah diolesi oli guna mencegah beton menempel pada dinding cetakan. Proses pemadatan dilakukan dengan cara memukul sisi luar cetakan menggunakan palu yang terbuat dari karet, kemudian permukaannya diratakan menggunakan sendok semen.

Setelah beton mengeras, benda uji diangkat dari cetakan dan melakukan perawatan dengan cara perendaman dalam air bersih (menggunakan air PDAM) selama 28 hari untuk supaya bisa menjaga kelembaban dan mendukung hidrasi sempurna.

2.2.2 Uji kemampuan tekan beton

Menguji kuat tekan dilaksanakan pada saat benda uji mencapai umur 28 hari. Pengujian menggunakan mesin uji kuat tekan merek Ton Machine. Sebelum dilakukan pengujian, benda uji ditimbang dalam kondisi kering dan diukur dimensinya untuk memastikan data awal pengujian.

Prosedur pengujian kuat tekan pada benda uji berbentuk silinder dengan memberikan beban secara vertikal, sejajar sama sumbu tinggi silinder. Pemberian beban dilakukan dengan cara bertahap dan perlahan, mengikuti ketentuan SNI 7656:2012 [9], hingga benda uji mengalami kerusakan (retak atau pecah). Pembebanan diterapkan secara kontinu dengan penambahan beban dan waktu yang terkontrol hingga benda uji mencapai beban maksimum. Mesin yang digunakan pada pengujian ini ditunjukkan pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Mesin compressive strength tester 100 t

Nilai rata-rata pada hasil uji sifat fisis agregat yang digunakan untuk memastikan bahwa seluruh material tersebut memenuhi persyaratan sebagai bahan penyusun beton yang baik. Selain itu, data tersebut juga dimanfaatkan untuk menentukan takaran material dalam 1 m³ campuran beton. Selanjutnya, data hasil pengujian beton dianalisis untuk mengevaluasi kesesuaian antara campuran beton yang dibuat dengan rancangan yang telah ditetapkan. Berdasarkan hasil kuat tekan beton, dilakukan analisis lebih lanjut guna mengetahui sejauh mana kontribusi penggunaan limbah beton terhadap kekuatan tekan beton, dibandingkan dengan beton normal (tanpa limbah beton). Seluruh proses pengolahan dan analisis data menggunakan Microsoft Excel.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil yang akan di kemukakan berupa hasil pengolahan data dan perhitungan yang dilakukan selama penelitian, sehingga hasil yang didapat dapat dipergunakan dalam mendiskusikan permasalahan yang terdapat pada penelitian ini.

3.1 Hasil Pemeriksaan Berat Volume Agregat

Pengukuran massa jenis agregat kasar serta agregat halus dan limbah beton. Setiap jenis agregat diuji menggunakan tiga sampel, dan dari pemeriksaan tersebut diperoleh data berupa berat satuan dalam kondisi lepas maupun kondisi padat. Rata-rata berat volume yang dihasilkan dari perhitungan untuk masing-masing agregat berukuran 25,4 mm dan 4,76 mm yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel berikut.

Tabel 3. Berat Volume Agregat

No	Jenis Agregat	Berat Volume (kg/l)
----	---------------	---------------------

1	Pasir	1,72
2	Agregat Kasar	1,49
3	Limbah Beton	1,29

Dari hasil perhitungan/pemeriksaan pada Tabel 3 Dengan demikian, berat volume pasir kasar diperoleh sebesar 1,72 kg/l, sedangkan untuk agregat kasar 1,49 kg/l, sehingga diketahui bahwa Kerikil dan pasir yang digunakan pada penelitian ini dinyatakan memenuhi kriteria sebagai bahan penyusun beton, karena nilai berat volumenya berada di atas 1,4 kg/l, sesuai dengan rekomendasi Troxell (1968)[10].

3.2 Hasil Analisis Berat Jenis dan Nilai Serap Air Agregat

Pemeriksaan berat jenis serta nilai absorpsi pada agregat kasar, agregat halus, dan limbah beton meliputi pemeriksaan berat jenis pada kondisi kering jenuh permukaan atau pada kondisi SSD (*Saturated Surface Dry*) dan kondisi kering atau OD (*Oven Dry*). Nilai rata-rata berat jenis agregat yang diperoleh dari hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4 dan Tabel 5 berikut

Tabel 4. Pemeriksaan Berat Jenis Agregat

No.	Jenis Agregat	Berat Jenis		Batas Ijin (Troxell) (1968)
		SG (SSD)	SG (OD)	
1	Agregate kasar (<i>Coarse Sand</i>)	2,63	2,60	2,0 - 2,7
2	Limbah Beton	2,42	2,36	2,50 - 2,80
3	Kerikil (<i>Coarse Aggregate</i>)	2,74	2,72	2,50 - 2,80

Berdasarkan nilai hasil perhitungan yang disajikan dalam Tabel 4, diketahui bahwa berat agregat kasar dalam kondisi SSD sebesar 2,63 dan dalam kondisi OD sebesar 2,60. Untuk kerikil, berat jenis dalam kondisi SSD tercatat sebesar 2,74 dan 2,72 dalam kondisi OD. Sementara itu, berat jenis limbah beton sebesar 2,42 dalam

Tabel 5. Pemeriksaan Absorpsi Agregat

No	Jenis Agregat	Absorbsi (%)	Batas Ijin Teori	
			Troxell (1968)	Orcard (1979)
1	Pasir	1,382	0 % - 2%	0,40% - 1,90%
2	Limbah Beton	2,521	0,50% -1%	
3	Agreate Kasar	0,761		

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 5 diketahui bahwa absorpsi penyerapan untuk pasir yaitu sebesar 1,382%, dan agregat kasar sebesar 0,761% serta limbah beton sebesar 2,521%, sehingga disimpulkan bahwa dalam penelitian ini limbah beton yang digunakan melebihi ketentuan yang telah disyarat sebagai material pembentuk beton dimana nilai absorpsi agregat berkisar antara 0,40% - 1,90% sebagaimana yang telah disarankan oleh Troxell (1968) dan Orchard (1979).

Tabel 6. Hasil Pemeriksaan Absorpsi Agregat

No	Jenis Agregat	Absorbsi (%)	Batas Ijin Teori	
			Troxell (1968)	Orcard (1979)
1	Pasir	1,382	0 % - 2%	0,40% - 1,90%
2	Limbah Beton	2,521	0,50% -1%	
3	Agregate Kasar	0,761		

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 6, diketahui bahwa nilai absorpsi (daya serap air) pasir adalah sebesar 1,382%, agregat kasar sebesar 0,761%, dan limbah beton sebesar 2,521%. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa limbah beton yang digunakan dalam penelitian ini memiliki nilai absorpsi yang melebihi batas yang disarankan sebagai material penyusun beton. Menurut

Troxell (1968) dan Orchard (1979) [11], rentang nilai absorpsi yang disarankan untuk agregat berada antara 0,40% hingga 1,90%. Dengan demikian, nilai absorpsi limbah beton yang melebihi batas tersebut perlu menjadi pertimbangan dalam penggunaannya sebagai substitusi agregat dalam campuran beton.

3.3 Hasil Pemeriksaan butiran agregat (sieve analysis)

Hasil dari analisa saringan merupakan data yang digunakan untuk melihat susunan butiran agregat yang akan digunakan dalam campuran beton. Perhitungan *fineness modulus* diperlihatkan pada Tabel 6.

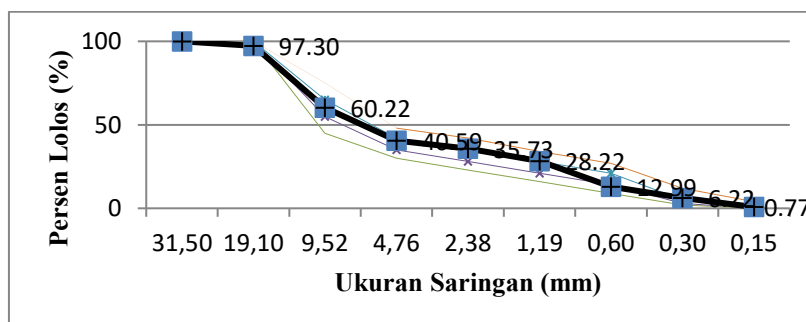
Tabel 7. Hasil Fineness Modulus

No.	Jenis Agregat	<i>Fineness Modulus (FM)</i>
1	Pasir	3,42
2	Limbah Beton	7,184
3	Kerikil (<i>Coarse Aggregate</i>)	5,82

Hasil perhitungan pada Tabel 7 Pasir yang digunakan dalam penelitian ini dinyatakan layak sebagai bahan penyusun beton karena memiliki nilai modulus kehalusan yang berada dalam rentang 1,50 – 3,50, sesuai dengan ketentuan yang ditetapkan oleh SNI.

3.4 Hasil Komposisi ukuran butir pada agregat

Berdasarkan evaluasi gradasinya, pasir yang digunakan dalam penelitian ini dalam Zona II, yaitu kategori pasir agak kasar. Jenis pasir umum digunakan sebagai matrial penyusun beton karena memiliki karakteristik yang sesuai dengan kebutuhan gradasi agregat halus. Hasil analisis menunjukkan bahwa modulus kehalusan butiran (*fineness modulus*) pasir adalah sebesar 5,22. Nilai ini diperoleh dari perbandingan antara persentase kumulatif lolos ayakan dan persentase tertinggal pada masing-masing ukuran ayakan. Berdasarkan grafik penyebaran ukuran partikel pasir sebagaimana terlihat pada Gambar 3, seluruh komponen agregat halus yang lolos dari ayakan tersebut berada di antara batas maksimum dan minimum gradasi yang dipersyaratkan dengan demikian dapat disimpulkan bahwa gradasi pasir tersebut memenuhi standar sebagai bahan penyusun beton.



Gambar 3. Grafik gradasi butiran agregat (gradasi II)

3.5 Hasil Desain Campuran Beton (Mix Design)

Temuan dari penelitian ini mencakup komposisi campuran beton serta hasil pengujian kuat tekan beton menggunakan silinder berukuran 150 mm x 300 mm yang menggunakan 12 sampel pengujian yang menggunakan beton normal 3 benda uji, 5% 3 benda uji, 10% 3 benda uji dan 15% 3 buah benda uji. Untuk perhitungan campuran beton (*mix design*) dengan penerapan standar SNI 7656:2012 melalui perancangan campuran beton yang menggunakan rasio FAS 0,691 telah memenuhi ketentuan metode tersebut. Adapun hasil komposisi campuran beton dapat dilihat pada Tabel 8 di bawah ini.

Tabel 8. Mix Design Penngujian

Material	0%	5%	10%	15%
Air	2,9	2,9	2,9	2,9

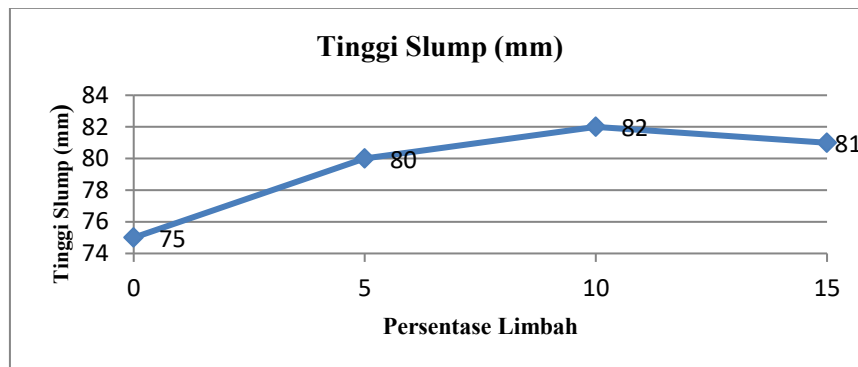
Semen	4,7	4,7	4,7	4,7
Coarse aggregate	17,7	16,8	15,9	15,0
Fine Aggregate	16,6	16,6	16,6	16,6
Limbah	0,0	0,9	1,8	2,7
Total	41,9	41,9	41,9	41,9

3.6 Data Hasil Pengukuran Slump

Nilai slump merupakan besarnya penurunan permukaan beton atau mortar. Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh nilai *slump* yang baik, nilai tersebut telah memenuhi rentang slump yang direncanakan, yaitu antara 75 hingga 100 mm.

Tabel 9. Hasil Slump Test

Variasi	Tinggi Slump	Slump Rencana
Beton Normal	75	75-100
Beton Limbah 5%	80	
Beton Limbah 10%	82	
Beton Limbah 15%	81	



Gambar 4. Grafik perbandingan Slump beton normal dengan Limbah beton daur ulang sebagai pengganti agregat kasar

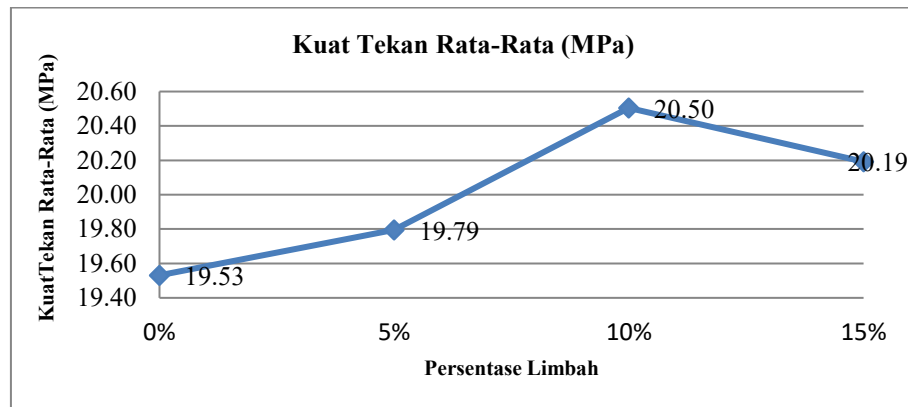
3.7 Hasil pengujian kapasitas tekan beton konvensional dan beton dengan agregat daur ulang

Tabel 10. Hasil Kuat Tekan Beton

Persentase Limbah	Kode benda uji	Diameter rata-rata (m)	Luas Penampang (m ²)	Berat (kg)	Beban Uji (Ton)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-Rata (MPa)
0%	S0-1	0,151	0,01789	12,49	34,5	18,90	19,53
	S0-2	0,154	0,01871	12,61	36,5	19,12	
	S0-3	0,151	0,01786	12,56	37,5	20,58	
5%	S5-1	0,151	0,01800	12,56	36	19,60	19,79
	S5-2	0,150	0,01773	12,64	35,5	19,62	
	S5-3	0,150	0,01773	12,41	36,5	20,17	
10%	S10-1	0,151	0,01782	12,71	37	20,35	20,50
	S10-2	0,151	0,01789	12,55	39	21,36	
	S10-3	0,151	0,01781	12,49	36	19,81	
15%	S15-1	0,151	0,01792	12,6	36,5	19,96	20,19
	S15-2	0,150	0,01778	12,62	36	19,84	
	S15-3	0,150	0,01769	12,74	37,5	20,78	

Dari Tabel 10 diketahui bahwa data yang dihasilkan dari pengujian ini adalah data beban yang di terima benda uji. Setelah pengujian kuat tekan dilakukan pada setiap benda uji, nilai kuat

tekan masing-masing sampel dihitung, kemudian data tersebut diseleksi dan disajikan dalam bentuk grafik. Untuk lebih jelasnya dilihat pada Gambar 5 dibawah ini.



Gambar 5. Grafik perbandingan kuat tekan beton normal dengan Limbah beton daur ulang sebagai pengganti agregat kasar

Dari Gambar 5 mengindikasikan bahwa perbandingan hasil uji kuat tekan beton pada umur 28 hari menunjukkan bahwa beton normal didapatkan hasil 19,53 MPa. Sementara itu, nilai kuat tekan beton dengan variasi limbah beton 5% dan 10% serta 15%, mengalami kenaikan berdasarkan nilai kuat tekan beton normal yaitu sebesar 19,79 MPa, 20,50 MPa dan 20,19 MPa. Dengan demikian, dapat ditarik kesimpulan bahwa nilai kuat tekan beton hasil pengujian pada beton yang memanfaatkan limbah beton sebagai bahan campuran menunjukkan bahwa sebagai substitusi agregat kasar mengalami kenaikan pada kuat tekannya tergantung pada berapa persen substitusi limbah beton tersebut, dikarenakan disaat substitusi limbah beton 15% mengalami penurunan. pada grafik dengan performa kuat tekan maksimum terdapat pada variasi 10% sebesar 20,50 MPa. Maka penggunaan limbah beton sebagai pengganti agregat kasar bisa digunakan untuk beton mutu rendah dan tidak mempengaruhi nilai kuat tekannya.

3.8 Pembahasan Hasil Kuat Tekan

Berdasarkan hasil uji serta pengolahan data, diperoleh nilai rata-rata kuat tekan beton pada pada usia 28 hari melalui penambahan limbah beton sebagai substitusi bahan agregat kasar. Berdasarkan grafik dan data yang ditampilkan, diketahui bahwa penggunaan limbah beton dalam jumlah tertentu dapat meningkatkan kuat tekan beton, meskipun peningkatan tersebut tidak bersifat linear dan akan menurun jika persentasenya terlalu tinggi. Adapun hasil pengujian kuat tekan pada tiap variasi beton substitusi limbah beton adalah: Variasi 5% : kuat tekan sebesar 19,79 MPa (meningkat 1,3% dibanding beton normal), Variasi 10% : kuat tekan sebesar 20,50 MPa (meningkat 5%), Variasi 15% : kuat tekan sebesar 20,19 MPa (menurun 1,5% dari variasi 10%, namun masih lebih tinggi dari beton normal, yaitu meningkat 3,4%). Peningkatan kuat tekan pada variasi 5% dan 10% disebabkan oleh proporsi limbah beton yang masih dalam batas optimal sebagai pengganti agregat kasar. Namun, pada variasi 15%, mulai terjadi penurunan kuat tekan yang diduga akibat tingginya nilai absorpsi limbah beton, yang dapat memengaruhi kualitas ikatan antar material dalam beton. Penurunan ini memperlihatkan bahwa pemakaian limbah beton dalam jumlah berlebih berisiko menurunkan performa beton secara keseluruhan. Dengan demikian, dapat dirumuskan bahwa limbah beton bisa difungsikan sebagai pengganti material agregat kasar dalam beton, namun hanya pada persentase rendah. Penggunaan limbah beton hingga 10% masih dapat meningkatkan mutu beton, tetapi pada persentase yang lebih tinggi, seperti 15%, cenderung menurunkan kekuatan beton dan tidak disarankan untuk aplikasi beton struktural. Oleh karena itu, limbah beton lebih sesuai digunakan pada beton dengan mutu rendah.

4. KESIMPULAN

Ringkasan temuan yang diperoleh dari penelitian ini tentang kuat tekan beton tanpa variasi menggunakan limbah beton sebagai pengganti agregat kasar dengan benda uji berbentuk selinder adalah sebagai berikut:

1. Berdasarkan data karakteristik fisis yang diperoleh dari pemeriksaan agregat yang dilakukan di Laboratorium Konstruksi Bahan Bangunan, Program Studi Teknik Sipil Universitas Syiah Kuala, seluruh material agregat yang dipakai sesuai dengan persyaratan sebagai material penyusun beton.
2. Hasil pengujian slump menunjukkan bahwa seluruh variasi campuran beton, meliputi beton normal serta beton dengan substitusi limbah beton sebesar 5%, 10%, dan 15%, masih berada dalam rentang slump rencana yaitu 75–100 mm. Nilai slump masing-masing adalah: beton normal sebesar 75 mm, limbah beton 5% sebesar 80 mm, limbah beton 10% sebesar 82 mm, dan limbah beton 15% sebesar 81 mm.
3. Pemakaian limbah beton sebagai substitusi sebagian pemanfaatan agregat kasar berpotensi meningkatkan kekuatan tekan beton, khususnya pada variasi 5% dan 10%. Kuat tekan umur 28 hari untuk setiap variasi adalah: 19,79 MPa (5% – naik 1,3%), 20,50 MPa (10% – naik 5%), dan 20,19 MPa (15% – naik 3,4%). Namun, pada variasi 15%, kuat tekan mulai mengalami penurunan sebesar 1,5% dibandingkan variasi 10%.
4. Secara umum, hasil penelitian data tersebut menegaskan bahwa limbah beton dapat dipergunakan sebagai bahan substitusi agregat kasar dalam campuran beton, terutama untuk beton dengan mutu rendah. Penggunaan limbah beton dalam proporsi terbatas tidak menurunkan kekuatan beton secara signifikan dan masih memenuhi standar mutu yang dipersyaratkan dan pada penelitian ini di rekomendasikan penggunaan maksimal limbah beton sebanyak 15%.

5. SARAN

1. Material yang digunakan perlu memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan, termasuk saat pengujian sifat fisik bahan penyusun beton, serta untuk mengetahui nilai absorpsi dan berat jenis baik pada bahan pengganti maupun campuran beton.
2. Dalam proses pembuatan benda uji permukaan benda uji harus benar rata, karena sangat mempengaruhi terhadap kuat tekan beton saat pengujian.
3. Diperlukan penelitian lebih lanjut untuk limbah beton untuk mengetahui limbah beton terhadap sifat mekanik beton.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. Hamdi, F. E. P. Lapihan, M. Tumpu, D. S. S. Mabui, A. Raidyarto, A. A. Sila, and P. R. Rangan, *Teknologi Beton*. Tohar Media, 2022.
- [2] E. Wati, H. Aspiyah, N. Sari, and R. R. Pramasha, "Strategi Penggunaan Sumber Daya Alam yang Efisien dan Berkelanjutan," *Indonesian Journal of Economy and Education Economy*, pp. 301–312, 2024.
- [3] K. Damanik, "Menggunakan Limbah Beton sebagai Substitusi Agregat Kasar," Universitas Medan Area, Medan, 2023.
- [4] Z. Ansar, "Pemanfaatan Limbah Beton sebagai Pengganti Agregat Kasar terhadap Nilai Kuat Tekan Beton," Universitas Muhammadiyah Parepare, Parepare, 2024.
- [5] Badan Standardisasi Nasional, *SNI 03-2834-2000 – Kombinasi Semen Portland, Agregat Halus, Agregat Kasar dan Air dengan atau tanpa Bahan Tambahan untuk Membentuk Massa yang Kuat*. Jakarta: BSN, 2000.
- [6] Badan Standardisasi Nasional, *SNI 03-6820-2002 – Persyaratan Agregat Halus atau Pasir dan Agregat Kasar atau Batu Pecah*. Jakarta: BSN, 2002.
- [7] Badan Standardisasi Nasional, *SNI 03-2847-2002 – Persyaratan Penggunaan Air untuk Pembuatan Beton*. Jakarta: BSN, 2002.

- [8] F. Hamdi, F. E. P. Lapian, M. Tumpu, D. S. S. Mabui, A. Raidyarto, A. A. Sila, and P. R. Rangan, *Teknologi Beton*. Tohar Media, 2022.
- [9] Badan Standardisasi Nasional, *SNI 7656:2012 - Persyaratan Pengujian Kuat Tekan Beton dengan Kekuatan Satuan Ton*. Jakarta: BSN, 2012.
- [10] G. E. Troxell, H. E. Davis, and J. W. Kelly, *Composition and Properties of Concrete*, 2nd ed. New York: McGraw-Hill, 1968.
- [11] Troxell (1968) dan Orchard (1979), “Absorpsi Batas Ijin (Teori).”