

PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH BETON SEBAGAI SUBSTITUSI AGREGAT KASAR PADA CAMPURAN BETON

ARMAN¹, GEBRIAN DJORGIE², MUHAMMAD RIDWAN³, MISBAH⁴

Dosen Program Teknologi Rekayasa Konstruksi Bangunan Gedung, Institut Teknologi Padang^{1,4}, Alumni Teknik sipil, Fakultas Teknik, Institut Teknologi Padang², Dosen Program Teknik Sipil, Institut Teknologi Padang³

Corresponding Author : armanagungarifin@gmail.com^{1*}, gebrian@itp.ac.id²

Abstrak: Peningkatan limbah konstruksi akibat pembangunan infrastruktur yang pesat memerlukan solusi pengelolaan yang berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penggunaan limbah beton dari Sitingau Lauik sebagai pengganti sebagian agregat kasar terhadap nilai kuat tekan beton. Mutu beton yang direncanakan adalah $f'c$ 20,75 MPa dengan variasi kadar penggantian sebesar 0%, 13%, 23%, dan 37%. Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur beton 28 hari menggunakan benda uji silinder. Hasil penelitian menunjukkan bahwa beton normal (0% limbah) memiliki kuat tekan rata-rata sebesar 27,70 MPa. Pada variasi campuran limbah beton 13%, 23%, dan 37%, nilai kuat tekan berturut-turut menurun menjadi 25,39 MPa, 20,38 MPa, dan 17,75 MPa. Meskipun terjadi penurunan kekuatan sebesar 8,35% pada variasi 13%, nilai tersebut masih memenuhi target kuat tekan rencana $f'c = 20,75$ MPa. Namun, pada variasi 23% dan 37%, kuat tekan beton sudah berada di bawah nilai rencana sehingga tidak disarankan untuk konstruksi struktural. Penurunan ini disebabkan oleh berat jenis limbah beton yang lebih rendah dan porositas yang lebih tinggi dibandingkan agregat koral alami. Dapat disimpulkan bahwa kadar optimum penggantian agregat kasar dengan limbah beton adalah sebesar 13%.

Kata kunci: Limbah Beton, Agregat Kasar, Kuat Tekan, Beton Berkelanjutan

A. Pendahuluan

Salah satu upaya untuk mengurangi dampak limbah konstruksi adalah dengan memanfaatkan kembali limbah beton sebagai agregat dalam pembuatan beton baru. Pemanfaatan kembali ini menjadi alternatif yang menguntungkan karena dapat meningkatkan umur material limbah dan mengurangi kebutuhan akan agregat alami yang semakin terbatas.

Menurut Bobi, dkk (2021) banyaknya struktur di Indonesia yang sudah mencapai akhir masa pakainya atau tidak dibangun sesuai spesifikasi, sehingga menghasilkan puing-puing beton dalam jumlah besar dari pekerjaan pembongkaran atau pemeliharaan. Daur ulang limbah beton dapat mengurangi penggunaan ruang TPA (Tempat Pembuangan Akhir). Dengan penelitian Penggantian agregat kasar sebesar 10% dengan limbah beton menunjukkan kekuatan optimum pada umur 28 hari, yaitu 40,03 MPa, dengan peningkatan 16,4% dari beton normal (tanpa limbah beton). Kuat tekan ini melebihi desain kekuatan rencana yaitu 25 MPa.

Dahlia, dkk (2022) 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 pengganti 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.

Evrianti (2023) penggunaan limbah hasil pengujian beton sebagai pengganti sebagian agregat kasar memiliki pengaruh terhadap kuat tekan. Dari hasil penelitian diperoleh perbandingan nilai kuat tekan dari variasi 0% sampai 30% campuran limbah beton mengalami penurunan dari beton normal. Dimana hasil uji kuat tekan beton normal di dapatkan sebesar 29,69 MPa, sedangkan variasi 2 penggunaan limbah beton 15% di dapatkan sebesar 30,68 MPa, terjadi kenaikan sebesar 0,99% dari beton normal. variasi 3 penggunaan limbah beton 20% di dapatkan sebesar 31,29 MPa, terjadi kenaikan sebesar 1,6%, dari beton normal. Pada variasi ke 4 pemakaian limbah beton 25% yang di dapatkan sebesar 28,75 MPa mengalami penurunan kuat tekan dari beton normal sebesar 0,94% MPa begitu juga untuk variasi yang 5

30% penggunaan limbah beton sebagai pengganti agregat kasar yang di dapat sebesar 25,77 MPa, mengalami penurunan dari beton normal sebesar 3,92%.

B. Metoda Penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan adalah eksperimen menggunakan limbah beton dari pecahan beton jalan di Sitingjau Lauik pengganti sebagian agregat kasar pada beton dalam variasi 13%, 23% dan 37%.

Pembuatan sampel menggunakan benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Uji tekan beton dilakukan pada umur 28 hari. Untuk total sampel diperlihatkan dalam tabel 1.

Tabel 1. Sampel Penelitian

Variasi Campuran Limbah Beton	Umur Pengujian		Jumlah
	3 hari	28 hari	
0%	4	4	8
13%	0	4	4
23%	0	4	4
37%	0	4	4

Proses ini diawali dengan desain campuran (mix design) yang mengacu pada SNI 7656-2012 untuk menentukan proporsi material yang tepat. Data sifat fisis agregat kasar dan halus, yang diperoleh dari pengujian laboratorium, menjadi input dalam metode perencanaan campuran beton SNI 03-2834-2000. Setelah komposisi awal didapat, dilakukan percobaan campuran (trial mix) di laboratorium. Tahap ini merupakan validasi di mana berbagai perbandingan material (semen, pasir, dan batu pecah) diuji untuk mencapai kekuatan dan karakteristik beton yang optimal. Tujuannya adalah memastikan setiap material berkontribusi secara proporsional demi memenuhi standar kualitas beton yang diharapkan pada trial mix 3 hari.

Pembuatan benda uji ini menggunakan cetakan silinder yang berukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm dengan variasi campuran limbah beton persentase 13%, 23% dan 37%. Benda uji yang dilakukan sampai umur rencana pengujian kuat tekan beton umur 28 hari. Test slump bertujuan untuk mengetahui kekentalan adukan beton tersebut.

Pada penelitian ini, perawatan (curing) beton dilakukan dengan cara merendamkan benda uji pada bak perendaman (water bath) berisi air bersih yang sama dengan air adukan. Perawatan ini bertujuan untuk menjaga kelembapan benda uji yang dilakukan sampai umur rencana pengujian kuat tekan beton umur 28 hari.

Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada saat umur beton telah mencapai 28 hari. Standar yang digunakan pada pengujian ini adalah SNI 03-1974-1990. Peralatan utama yang digunakan adalah Universal Testing Machine (UTM). Prosedur pengujian melibatkan pemberian beban tekan secara bertahap pada benda uji hingga mencapai kondisi keruntuhan.

C. Hasil dan Pembahasan

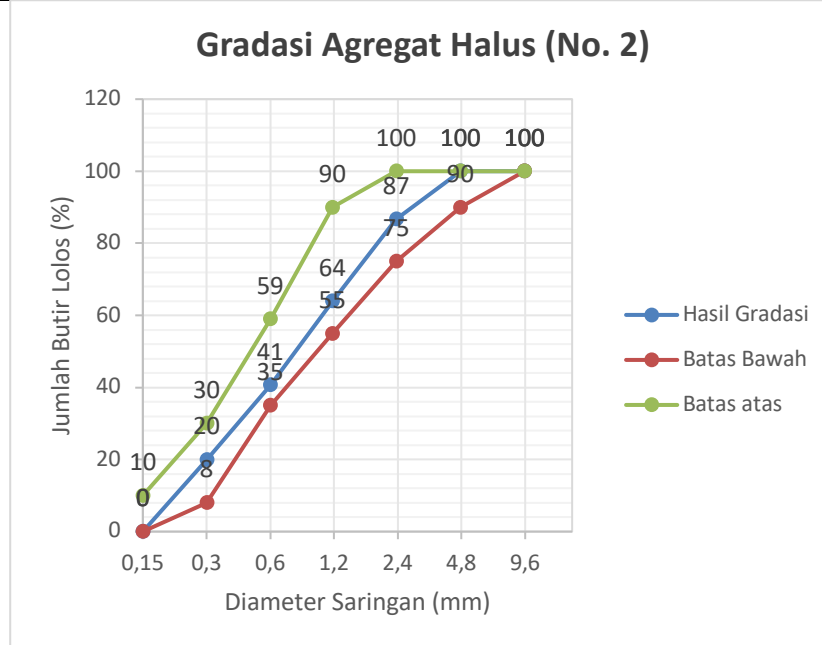
Aggregat halus

Dari hasil pengujian sifat fisis agregat halus diperlihatkan dalam Tabel 1 dan pada Gambar 1.

Tabel 2. Hasil Pemeriksaan Sifat Fisis Agregat Halus

No	Pemeriksaan	Hasil	Spesifikasi
1	Gradasi	FM = 2,68 Zona III	2,6 – 2,9 (Pasir Agak Halus)
2	Zat organik	No.II	Max. No. III
3	Lolos saringan no. 200	4,40%	Max. 5%

4	Berat isi	1,53 gr/cm ³	Min. 1,2 gr/cm ³
5	Berat jenis <i>apparent</i>	2,68	Min. 2,3
	Berat jenis kering (<i>dry basis</i>)	2,47	
	Berat jenis SSD	2,55	
6	Penyerapan air	3,20%	Max. 5%
7	Kadar air	2,35%	-



Gambar 1. Grafik Gradasi Agregat Halus Zona III (Pasir agak Halus)

Berdasarkan hasil pengujian, agregat halus dari pasir Lubuk Alung dinyatakan layak digunakan sebagai bahan campuran beton. Pasir ini termasuk dalam zona III (pasir agak halus) dengan nilai modulus kehalusan butir 2,68 sesuai SNI 03-1968-1990. Grafik gradasi agregat halus (pasir) zona III diperlihatkan pada Gambar 1.

Hasil uji zat organik menunjukkan warna no.2 pada alat tintometer, artinya kadar zat organik masih dalam batas maksimum no.3. Kandungan lumpur yang lolos saringan No.200 sebesar 4,40%, hampir mendekati batas maksimum 5% (SNI 03-4142-1996). Berat isi pasir sebesar 1,532 gr/cm³, melebihi standar minimal 1,2 gr/cm³ sesuai SNI 03-4804-1998. Berat jenis agregat halus sebesar 2,55 dan penyerapan air 3,20%, memenuhi ketentuan SNI 03-1969-1990. Selain itu, kadar air yang diperoleh sebesar 2,35% dengan metode uji SNI-03-1971-1990.

Agregat kasar

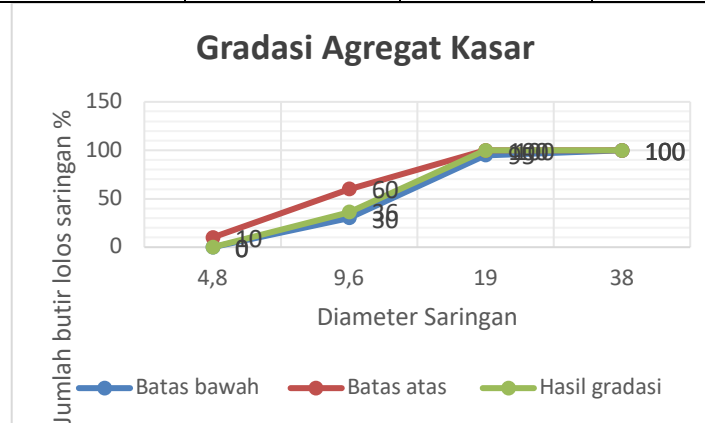
Tabel 2. Hasil Pemeriksaan Sifat Fisis Agregat Kasar

No	Jenis Pemeriksaan	Hasil		Spesifikasi
		Batu Koral	Limbah Beton	
1	Gradasi	FM = 6,88 Ukuran butiran max. 40 mm	FM = 6,93 Ukuran butiran max. 40 mm	6,5– 8,5 Ukuran butiran max. 40 mm
2	Lolos saringan no.200	0,48%	-	Max. 1%
3	Berat Isi	1,34 gr/cm ³	1,08 gr/cm ³	Min. 1,2 gr/cm ³
4	Berat jenis <i>apparent</i>	2,91	2,53	Min. 2,3
	Berat jenis kering (<i>dry basis</i>)	2,73	2,43	
	Berat jenis SSD	2,79	2,47	
5	Penyerapan Air	2,15%	1,73%	Max. 5%

6	Pemeriksaan Keausan	24%	32%	Max.30%
7	Kadar air	1,27%	2,83%	-

Tabel 3. Hasil Gradasi Analisa Saringan Agregat Kasar

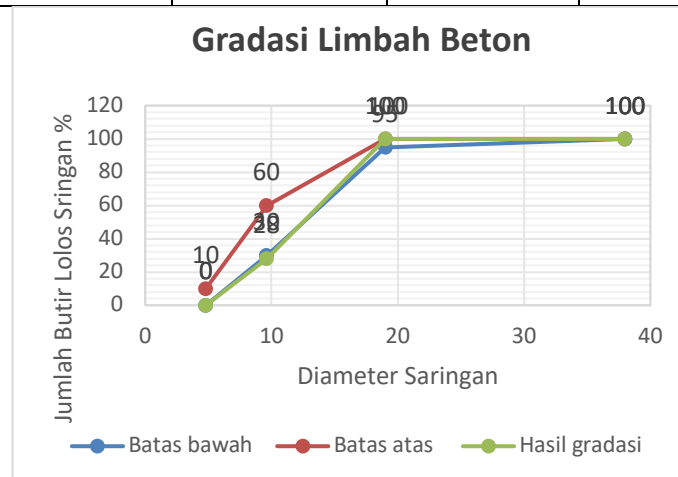
Ukuran saringan	Batas bawah	Batas atas	Hasil gradasi
4,8	0	10	0
9,6	30	60	36
19	95	100	100
38	100	100	100



Gambar 2. Grafik Gradasi Split ukuran maximum 40 mm (SNI 03-2834-2000)

Tabel 4. Hasil Gradasi Analisa Saringan Agregat Kasar (Limbah Beton)

Ukuran saringan	Batas bawah	Batas atas	Hasil gradasi
4,8	0	10	0
9,6	30	60	28
19	95	100	100
38	100	100	100



Gambar 3. Grafik Gradasi Split Ukuran Maximum 40mm (SNI 03-2834-2000)

Pemeriksaan Berat Jenis Semen

Dari pengujian yang dilakukan didapatkan bahwa nilai berat jenis semen yang akan digunakan sebagai bahan beton adalah $3,571 \text{ gr/cm}^3$

Kebutuhan Bahan Campuran

Tabel 5. Kebutuhan bahan campuran 1m^3 beton

No	Jenis material	Jumlah
1	Air	206,47 lt
2	Semen	275,36 kg
3	Agregat halus	1055,74 kg
4	Agregat kasar	823,90 kg

Berdasarkan hasil perencanaan campuran, diperoleh kebutuhan masing-masing material untuk menghasilkan 1 m^3 beton, dapat dilihat dalam Tabel 5. Berdasarkan hasil perencanaan campuran beton dengan substitusi limbah Beton, diperoleh kebutuhan masing-masing material untuk pembuatan 4 benda uji ditunjukkan dalam Tabel 6.

Tabel 6. Kebutuhan bahan dengan campuran limbah beton untuk 4 benda uji beton

Variasi campuran limbah beton	Semen (kg)	Agregat kasar (kg)	Agregat halus (kg)	Air (liter)	Limbah Beton (kg)
0%	5,84	17,40	22,40	4,38	0
13%	5,84	15,21	22,40	4,38	2,01
23%	5,84	13,46	22,40	4,38	3,56
37%	5,84	11,01	22,40	4,38	5,72

Slump Beton

Hasil pengujian slump ditunjukkan pada dalam Tabel 7.

Tabel 7. Slump beton

No	Variasi campuran limbah Beton	Slump (cm)
1	0%	5
2	13%	6
3	23%	6,5
4	37%	7

Dari hasil uji slump terlihat bahwa nilai slump tertinggi terdapat pada campuran dengan limbah beton 10% yaitu 6 cm. Nilai slump pada campuran tanpa limbah beton (0%) adalah 5 cm, kemudian naik menjadi 6 cm pada 10%, lalu turun menjadi 6,5 cm pada 23% dan 7 cm pada 35%.

Perubahan nilai slump ini menunjukkan bahwa penambahan limbah beton memengaruhi tingkat keenceran (workability) adukan beton. Pada variasi 10%, adukan menjadi lebih mudah dikerjakan, sedangkan pada variasi 23% dan 37%, adukan mulai lebih kaku dibandingkan variasi 10%.

Jika dibandingkan dengan rekomendasi nilai slump untuk beton massa yang berada pada kisaran 2,5–5 cm, campuran 0% berada tepat di batas atas, sedangkan variasi 10%, 23%, dan 37% cenderung melebihi nilai yang dianjurkan.

Dari hasil uji slump terlihat bahwa nilai slump tertinggi terdapat pada campuran dengan limbah Beton 13% yaitu 6 cm. Nilai slump pada campuran tanpa limbah Beton (0%) adalah 5 cm, kemudian naik menjadi 6 cm pada 13%, lalu turun menjadi 6,5 cm pada 23% dan 7 cm pada 37%.

Perubahan nilai slump ini menunjukkan bahwa penambahan limbah Beton memengaruhi tingkat keenceran (workability) adukan beton. Pada variasi 13%, adukan menjadi lebih mudah dikerjakan, sedangkan pada variasi 23% dan 37%, adukan mulai lebih kaku dibandingkan variasi 13%.

Jika dibandingkan dengan rekomendasi nilai slump untuk beton massa yang berada pada kisaran 2,5–5 cm, campuran 0% berada tepat di batas atas, sedangkan variasi 13%, 23%, dan 37% cenderung melebihi nilai yang dianjurkan.

Berat Isi Beton

Hasil pengujian berat isi beton dapat dilihat dalam Tabel 8.

Tabel 8. Berat isi beton

No	Variasi campuran limbah Beton	Berat isi beton (t/m ³)
1	0%	2,40
2	13%	2,43
3	23%	2,41
4	37%	2,45

Hasil pengujian berat isi beton menunjukkan bahwa nilai berat isi bervariasi antara 2,40 t/m³ hingga 2,45 t/m³. Pada campuran 0% limbah Beton, berat isi beton sebesar 2,40 t/m³ yang menjadi acuan beton normal. Penambahan 13% limbah Beton meningkatkan berat isi menjadi 2,43 t/m³, sedangkan pada 23% limbah Beton berat isi sedikit menurun menjadi 2,41 t/m³. Pada campuran 37% limbah Beton, berat isi kembali meningkat hingga mencapai 2,45 t/m³, yang merupakan nilai tertinggi dari semua variasi. Hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan limbah Beton dalam jumlah tertentu dapat membuat beton menjadi lebih padat sehingga berat isinya meningkat.

Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton pada umur 3 hari dilakukan untuk mengetahui mutu awal beton dan memastikan campuran yang digunakan telah sesuai dengan rancangan. Hasil pengujian kuat tekan beton umur 3 hari ditunjukkan dalam Tabel 9.

Tabel 9. Kuat tekan beton umur 3 hari (trial mix)

No. Sampel	Luas penampang (mm ²)	Beban tekan (N)	Kuat tekan (MPa)	Kuat tekan estimasi umur 28 hari	Kuat tekan rata – rata (MPa)
1	17671,5	180000	10,19	23,14	22,98
2		190000	10,75	24,43	
3		183000	10,36	23,53	
4		162000	9,17	20,83	

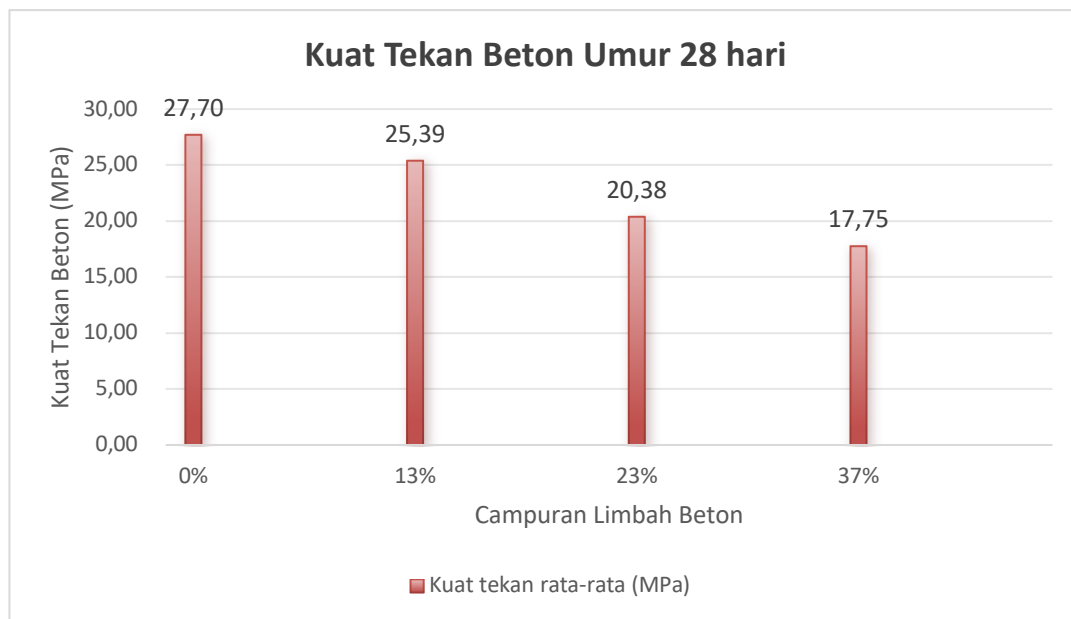
Hasil dari trial mix beton umur 3 hari diperoleh kuat tekan beton estimasi umur 28 hari menggunakan faktor 0,44 adalah rata-rata sebesar 22,98 MPa, mencapai kuat tekan rencana 20 MPa.

Hasil pengujian kuat tekan beton pada umur 28 hari ditunjukkan dalam Tabel 10. dan pada Gambar 4.

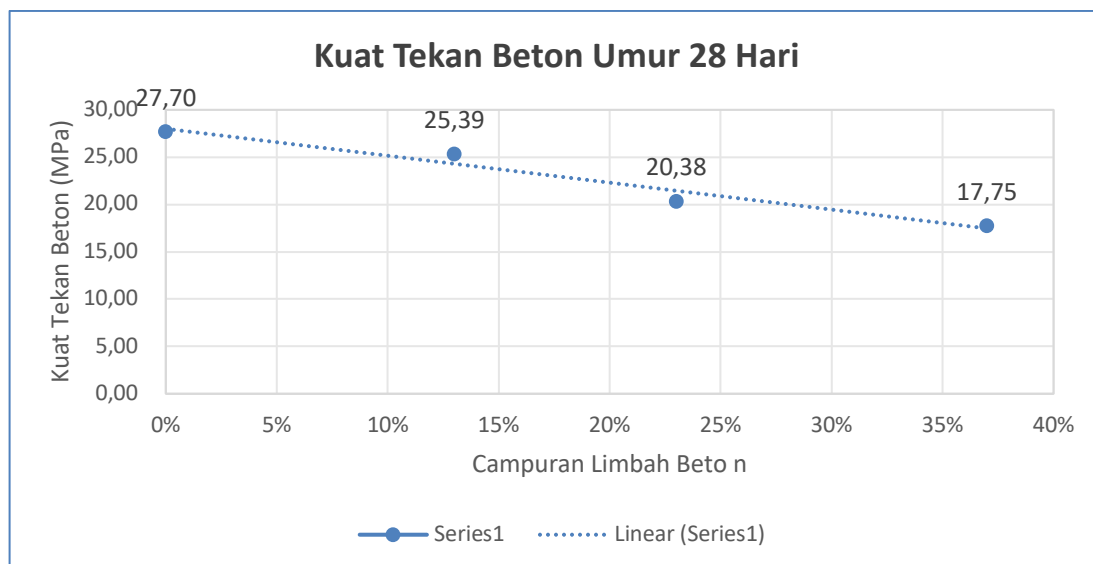
Tabel 10. Kuat tekan beton umur 28 hari

Variasi campuran limbah beton	No. Sampel	Beban tekan (N)	Kuat tekan (MPa)	Kuat tekan rata-rata (MPa)
0%	1	498000	28,18	27,70
	2	488000	27,62	
	3	480000	27,16	
	4	492000	27,84	
13%	1	478000	27,04	25,39
	2	473000	26,76	
	3	418000	23,65	

	4	426000	24,1	
23%	1	370000	20,93	20,38
	2	362000	20,48	
	3	355000	20,08	
	4	354000	20,03	
37%	1	329000	18,61	17,75
	2	340000	19,24	
	3	246000	13,92	
	4	340000	19,24	



Gambar 4. Diagram hubungan variasi campuran limbah beton dan kuat tekan beton



Gambar 5. Grafik hubungan variasi campuran limbah beton dan kuat tekan beton

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan, campuran 0% limbah beton, kuat tekan rata-rata yang diperoleh adalah 27,70 MPa. Pada campuran 13% limbah beton, diperoleh kuat tekan sebesar 25,39 MPa, terjadi penurunan sebanyak 8,3%% dari beton normal. Pada campuran 23% limbah beton diperoleh kuat tekan sebesar 20,38 MPa, terjadi penurunan 26,4% dari beton normal. Penurunan kuat tekan beton disebabkan karena adanya perbedaan sifat fisik limbah beton berbeda dengan koral. Berat isi limbah beton hanya 1,08 gr/cm³, lebih

ringan dibanding koral 1,39 gr/cm³. sehingga adukan menjadi kurang optimal dan ikatan semen dengan agregat tidak terlalu kuat. Berat jenis limbah beton lebih rendah, sehingga cenderung membuat beton lebih berpori dan butuh air lebih banyak.

Pada campuran 37% limbah beton diperoleh kuat tekan sebesar 17,75 MPa, terjadi penurunan 35,9% dari beton normal. Hal ini terjadi karena jumlah limbah beton yang lebih banyak membuat susunan agregat lebih tidak seimbang, mengisi sehingga beton menjadi lebih berongga menyebabkan kekuatan beton semakin menurun.

D. Penutup

Hasil penelitian menunjukkan bahwa beton normal (0% limbah beton) memiliki kuat tekan rata-rata 27,70 MPa. Pada variasi 13%, 23%, dan 37 % limbah beton, diperoleh kuat tekan berturut-turut sebesar 25,39 MPa, 20,38 MPa, dan 17,75 MPa. Persentase optimum pencampuran koral dengan limbah Beton diperoleh pada campuran 13%. Penggunaan limbah beton memberikan pengaruh terhadap kuat tekan beton. Pada penggunaan 13% diperoleh kuat tekan beton 25,39 Mpa , dimana nilai kuat tekan menurun sebanyak 8,35% dari kuat tekan beton normal (27,70 MPa), tetapi masih dibatas aman karena kuat tekan yang diperoleh masih diatas kuat tekan beton rencana (20,75 MPa). Pada campuran 23% diperoleh kuat tekan beton 20,38 Mpa dan mengalami penurunan sebanyak 26,34% dan kuat tekan pada campuran 23% merupakan titik balik dimana kuat tekan yang diperoleh sudah dibawah kuat tekan beton rencana (20,75 Mpa) sehinggana pada campuran ini beton sudah dikatakan tidak aman untuk digunakan. Pada penggunaan 30% diperoleh kuat tekan 17,75 MPa, mengalami penurunan 35,91% dan beton pada campuran ini sudah tidak layak digunakan karena kuat tekan yang diperoleh dibawah kuat tekan beton rencana (20,75 Mpa). Hal ini menunjukkan bahwa limbah beton dapat digunakan sebagai pengganti koral maksimalnya adalah 13%-20%. Dengan adanya metode pencampuran ini dapat mengurangi penggunaan agregat alam dan mendukung pemanfaatan limbah industri.

Daftar Pustaka

- Bobi, S. (2021). *Pengaruh Penggunaan Limbah Beton Sebagai Substitusi Agregat Kasar Pada Campuran Beton 10%-20%-30% Terhadap Kuat Tekan Beton K-250* (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat).
- Patah, D., & Dasar, A. (2022). Pengaruh Limbah Beton Sebagai Pengganti Agregat Kasar Pada Kekuatan Beton. *JTT (Jurnal Teknologi Terpadu)*, 10(2), 158-163.
- Dewi, E. (2023). Pemanfaatan Limbah Hasil Pengujian Beton Pada Proyek Bypass (Bil) Mandalika Sebagai Pengganti Sebagian Agregat Kasar Beton Normal. *Jurnal Handasah*, 3(1).
- Standar Nasional Indonesia (2019) 'Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung', *Sni 2847-2019*, (8), p. 720.
- Junaidi, A. (2017). Daur Ulang Limbah Pecahan Beton Sebagai Pengganti Agregat Kasar Pada Campuran Beton. *Bearing: Jurnal Penelitian dan Kajian Teknik Sipil*, 4(1), 5-15.
- Tjokrodimulyo, K. 2007. *Teknologi Beton*. Gramedia. Yogyakarta
- Ishaq, M., Nasmirayanti, R., & Trinanda, A. Y. (2020). Pengaruh Limbah Beton sebagai Pengganti Agregat Kasar terhadap Kuat Tekan Beton. *Civil Engineering Collaboration*, 34-40.
- Zakirah, R., Abdullah, A., & Amalia, Z. (2023). Pemanfaatan Limbah Beton Sebagai Pengganti Agregat Kasar Pada Kekuatan Beton. *Journal of The Civil Engineering Student*, 5(4), 337-343.
- SNI 15-2049-2004 (2004) Semen Portland, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- SNI 03-2847-2002 (2002), Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- SNI 7656:2012 (2012) Tata Cara Untuk Pemilihan Beton Normal, Beton Berat, Beton Massa, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- SNI 03-2834-2000 (2000) Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.

- SNI 03-2493-2011 (2011), Tata Cara Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton Di laboratorium, Badan Standarisasi nasional, Jakrta.
- SNI 1974-2011 (2011), Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- SNI 03-4142-1996 (1996), Metode Pengujian Jumlah Bahan dalam Agregat yang Lolos Saringan 200 (0,075mm), Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- SNI 03-1969-1990 (1990), Metode pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- SNI 03-1971-1990 (1990), Metode Pengujian Kadar Air Agregat, Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 1972:2008 (2008), Cara uji slump beton, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta