

PENGARUH LIMBAH GYPSUM SEBAGAI SUBSTITUSI SEMEN TERHADAP KUAT TEKAN BETON

Ardiansyah Putra Basir¹, A. Sulfanita², Abd. Muis B³

¹Universitas Muhammadiyah Parepare

email: ardiansyahputra011100@gmail.com

^{2,3}Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Parepare

ABSTRAK

Penggunaan limbah gypsum sebagai bahan substitusi semen merupakan inovasi dalam teknologi beton ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya pengaruh substitusi sebagian semen dengan limbah gypsum terhadap *workability* dan kuat tekan beton. Metode penelitian ini menggunakan metode eksperimen yang dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan Universitas Muhammadiyah Parepare. Variasi substitusi limbah gypsum yang digunakan adalah 5%, 10%, dan 15% dari berat semen. Pengujian *workability* dilakukan dengan uji slump, pengujian kuat tekan dilakukan pada umur 14 dan 28 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa substitusi limbah gypsum berpengaruh terhadap *workability* beton, dimana nilai slump test menurun seiring dengan peningkatan persentase limbah gypsum. Pada beton normal tanpa limbah gypsum, nilai slump test adalah 91,0 mm, menurun menjadi 88,0 mm pada substitusi 5%, 85,0 mm pada substitusi 10%, dan 65,3 mm pada substitusi 15%. Untuk kuat tekan, hasil optimal diperoleh pada substitusi 5% limbah gypsum dengan nilai 25,48 MPa pada umur 14 hari dan 29,06 MPa pada umur 28 hari, lebih tinggi dibandingkan beton normal. Substitusi 10% masih menunjukkan hasil yang memadai dengan kuat tekan 23,59 MPa pada umur 14 hari dan 26,42 MPa pada umur 28 hari. Namun, substitusi 15% memberikan dampak negatif dengan kuat tekan hanya mencapai 18,68 MPa pada umur 14 hari dan 22,08 MPa pada umur 28 hari.

Kata kunci : Limbah gypsum, substitusi semen, *workability*, kuat tekan.

@2021 Penerbit : Fakultas Teknik Universitas Pasifik Morotai

1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beton merupakan bahan bangun yang paling utama digunakan pada struktur konstruksi. Dimana memiliki beberapa campuran yaitu agregat kasar, agregat halus, air, dan semen, dengan mengikuti perkembangan zaman era globalisasi ini maka diperlukan peningkatan kualitas konstruksi seperti kuat tekan dan kuat tarik belah beton, ada banyak cara dan salah satunya adalah dengan menambahkan bahan tambah dan mensubstitusikan bahan tambah dengan campuran beton [1].

Berdasarkan data dari International Energy Agency (IEA), industri semen bertanggung jawab atas sekitar 7% dari total emisi karbon global. Selain itu, produksi semen juga membutuhkan energi yang tinggi, sekitar 2-3 GJ per

ton semen. Hal ini menunjukkan bahwa industri semen memberikan kontribusi yang signifikan terhadap dampak lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan alternatif bahan substitusi semen yang dapat mengurangi konsumsi semen dan emisi karbon, serta menurunkan kebutuhan energi dalam proses produksi. Salah satu bahan yang memiliki potensi adalah limbah gypsum, yang perlu dikaji lebih lanjut pengaruhnya terhadap kuat tekan beton [2].

Gypsum adalah mineral alami yang terdiri dari kalsium sulfat dihidrat ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Mineral ini memiliki sifat yang lunak, mudah dibelah, serta larut dalam air tetapi tidak larut dalam alkohol atau asam asetat. Gypsum banyak digunakan dalam industri konstruksi dan bahan bangunan, seperti pembuatan semen, plester, dan papan gipsium (drywall). Selain itu, gypsum juga mengandung unsur-unsur penting seperti kalsium, sulfur, dan air kristal, yang dapat mempengaruhi sifat-sifat beton ketika digunakan sebagai substitusi semen [3].

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Namrah & Abd. Muis B. (2022) yang menggunakan abu ampas kopi sebagai substitusi semen dengan persentase 4%, 8%, dan 12% dengan bahan tambah no drop plaston sebesar 400 Mililiter per sak semen. Hasil pengujian menunjukkan pada usia 28 hari, beton normal memiliki kuat tekan 25,478 MPa, variasi 4% sebesar 26,987 MPa, variasi 8% sebesar 2,548 MPa, dan variasi 12% sebesar 1,604 MPa. [4].

1.2 Rumusan Masalah

Dari uraian di atas dapat diambil rumusan masalah dari penelitian ini sebagai berikut:

- 1) Berapa besar pengaruh substitusi sebagian semen dengan limbah gypsum terhadap workability?
- 2) Berapa besar pengaruh substitusi sebagian semen dengan limbah gypsum terhadap kuat tekan beton?

1.3 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan beberapa manfaat sebagai berikut:

- 1) Memberikan informasi mengenai pengaruh substitusi semen dengan limbah gypsum terhadap kuat tekan beton.
- 2) Meningkatkan nilai ekonomis dan mengurangi dampak lingkungan akibat limbah gypsum melalui pemanfaatannya sebagai bahan substitusi semen dalam pembuatan beton.
- 3) Dapat berkontribusi pada upaya pengurangan penggunaan sumber daya alam dan energi dalam industri konstruksi melalui penggunaan material alternatif berbasis limbah. Sekaligus mereduksi timbunan limbah yang berpotensi menurunkan kualitas lingkungan.

2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beton

Beton merupakan bahan bangunan yang paling utama digunakan pada struktur konstruksi. Dimana memiliki beberapa campuran yaitu agregat kasar, agregat halus, air, dan semen, dengan mengikuti perkembangan zaman era globalisasi ini maka diperlukan peningkatan kualitas konstruksi seperti kuat tekan dan kuat tarik belah beton, ada banyak cara dan salah satunya adalah dengan menambahkan bahan tambah dan mensubstitusikan bahan tambah dengan campuran beton [1].

Beton diperoleh dengan cara mencampurkan semen, air, dan agregat dengan atau tanpa bahan tambahan (*admixture*) tertentu. Material pembentuk beton tersebut dicampurkan merata dengan komposisi tertentu menghasilkan suatu campuran yang plastis sehingga dapat dituangkan dalam cetakan untuk dibentuk sesuai keinginan. Campuran tersebut bila dibiarkan akan mengalami pengerasan sebagai akibat reaksi kimia antara semen dan air yang berlangsung selama jangka waktu yang panjang atau dengan kata lain campuran beton akan bertambah keras sejalan dengan umurnya [5].

2.2 Gypsum

Gypsum merupakan bahan galian yang terbentuk dan air tanah yang mengandung ion-ion sulfat dan sulfida. Gypsum ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) adalah bahan yang biasa ditambahkan pada proses pembuatan semen. Penggunaan bahan tambah berwarna putih ini diharapkan dapat menambah daya kuat tekan campuran dalam batako [6].

Sifat fisik gypsum sebagai berikut:

- 1) Kuat tekan yang cukup baik, meskipun tidak sekuat beton. Kekuatan tekan gypsum dapat ditingkatkan dengan proses pengolahan dan penambahan aditif.
- 2) Tahan terhadap api hal ini dikarenakan gypsum mengandung air kristal yang akan menguap saat terkena panas, sehingga dapat menyerap panas dan memperlambat laju kebakaran.
- 3) Mudah diproses dan dibentuk menjadi berbagai bentuk, seperti papan gypsum, plester, dan semen gypsum.
- 4) Ramah Lingkungan karena dapat diperoleh dari sumber daya alam yang terbarukan dan mudah didaur ulang.

Tabel 1. Unsur penyusun gypsum

Unsur	Simbol	Persentase Massa
Kalsium	Ca	23,27%
Sulfur	S	18,62%
Oksigen	O	43,64%
Hidrogen	H	4,47%

2.3 Kuat Tekan

Kuat tekan beton merupakan sifat yang paling penting dalam beton keras dan umumnya dipertimbangkan dalam perencanaan campuran beton. Kuat tekan beton umur 28 hari berkisar antara 10-65 Mpa. Untuk struktur beton bertulang pada umumnya menggunakan beton dengan kekuatan berkisar 17-30 Mpa, sedangkan untuk beton prategang berkisar 30-45 Mpa. Untuk keadaan dan keperluan struktur khusus, beton ready mix sanggup mencapai nilai kuat tekan 62 Mpa dan untuk memproduksi beton kuat tinggi tersebut umumnya dilaksanakan dengan pengawasan ketat dalam laboratorium [7].

Menurut SNI 1974-2011 [8] mengenai Cara Uji Kuat Tekan Beton, perhitungan kuat tekan beton untuk benda uji berbentuk silinder ditetapkan dengan persamaan sebagai berikut:

$$f'_c = \frac{P}{A}$$

Keterangan:

F^c = Kuat tekan beton (kg/cm^2)

P = Beban maksimum (kg)

A = Luas penampang (cm^2)

3 METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian kuantitatif, yaitu penelitian yang dilakukan dengan mengumpulkan data melalui beberapa pengujian kemudian mendapatkan hasil kesimpulan dalam bentuk angka, data hasil penelitian dianalisis sesuai dengan prosedur pengujian laboratorium. Penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimental. Menggunakan 4 (empat) variasi campuran dengan komposisi limbah gypsum yang berbeda sebagai bahan substitusi parsial semen. Variasi campuran yang digunakan adalah beton normal sebagai kontrol (0%), dan tiga variasi campuran dengan substitusi limbah gypsum masing-masing sebesar 5%, 10%, 15%. Metode eksperimental digunakan untuk mengetahui nilai kuat tekan dengan menggunakan alat Mesin uji tekan di Laboratorium Struktur dan Bahan Universitas Muhammadiyah Parepare.

3.2 Lokasi dan Waktu

Lokasi pembuatan benda uji, pemeliharaan, dan pengujian dilaksanakan di Laboratorium Struktur dan Bahan Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Parepare. Dan waktu penelitian ini dilakukan selama 7 (tujuh) bulan, mulai pada bulan Agustus 2024 sampai dengan Februari 2025.

3.3 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

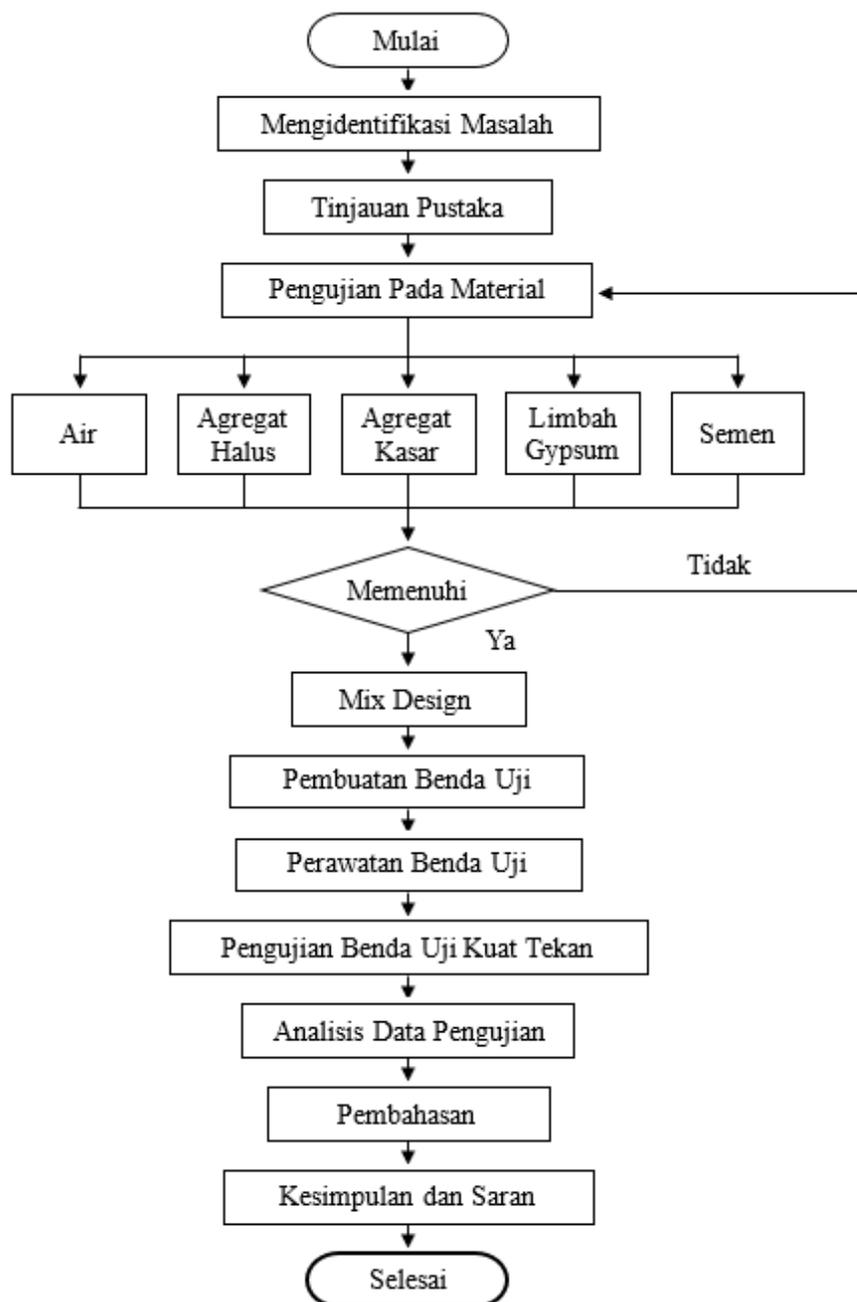
- 1) Saringan dengan nomor berturut-turut 4,75 mm (No. 4), 2,40 mm (No. 8), 1,2 mm (No. 16), 0,60 mm (No. 30), 0,30 mm (No. 50), 0,15 mm (No. 100), No. 200 yang dilengkapi dengan tutup pan dan alat penggetar untuk mengetahui gradasi agregat halus (pasir).
- 2) Saringan dengan nomor berturut-turut No. $\frac{3}{4}$, No. $\frac{1}{2}$, No. $\frac{3}{8}$, No. 4, No. 8, No. 16, No. 30, No. 50, No. 100, No. 200 yang dilengkapi dengan tutup pan dan alat penggetar untuk mengetahui gradasi agregat kasar (kerikil).
- 3) Timbangan digunakan untuk menimbang bahan susun adukan beton.
- 4) Gelas ukur digunakan untuk mengukur banyaknya air yang digunakan dalam pembuatan beton.
- 5) Piknometer dengan kapasitas 500 gr digunakan untuk mencari B_j agregat halus.
- 6) Jangka sorong digunakan untuk mengukur semua dimensi benda uji.
- 7) Penggaris digunakan untuk mengukur semua dimensi benda uji.
- 8) Oven digunakan untuk mengeringkan agregat pada pengujian kadar air, B_j , dan gradasi agregat.
- 9) Mesin aduk beton digunakan untuk mengaduk bahan penyusun beton.
- 10) Mesin uji tekan digunakan untuk menguji kuat tekan beton.

3.4 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah Semen Bosowa (40 kg) atau Semen Tipe I.
- 2) Agregat yang digunakan dalam penelitian ini adalah agregat kasar dan agregat halus.
- 3) Air yang digunakan dalam penelitian ini adalah air tanah dari sumur dalam pada laboratorium Struktur dan Bahan Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Parepare.
- 4) Bahan substitusi yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah gypsum.

3.5 Diagram Alir



Gambar 1. Diagram alir penelitian

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

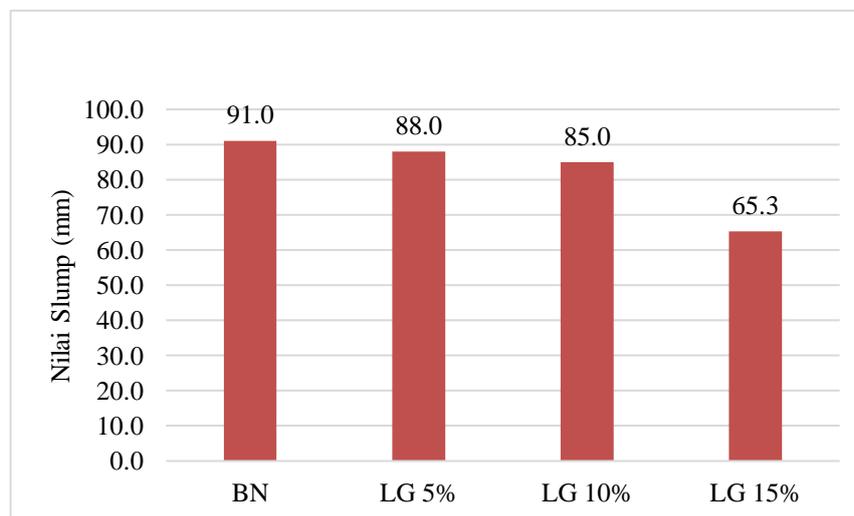
4.1 Nilai Slump

Hasil pemeriksaan slump test digunakan untuk melihat perubahan kadar air campuran beton. Semakin rendah nilai slump, semakin kental beton tersebut, dan proses pemadatan atau pekerjaan beton akan semakin sulit dan memakan waktu.

Tabel 2. Hasil pengujian nilai slump test

Variasi	Titik			Rata-rata (mm)	ket
	1	2	3		
	(mm)	(mm)	(mm)		
BN	93	89	91	91,0	9
LG 5%	87	86	91	88,0	7
LG 10%	85	84	86	85,0	6
LG 15%	64	65	67	65,3	5

Berdasarkan tabel 2 diatas memberikan penjelasan tentang perbandingan nilai Slump test antara masing-masing variasi. Dimana pada keempat variasi beton yang didapatkan nilai Slump Test yang memenuhi slump rencana dengan grafik sebagai berikut:



Gambar 2. Perbandingan nilai slump pada setiap variasi

Berdasarkan gambar 2 dapat dilihat bahwa campuran beton normal memiliki nilai 91,0 mm, menunjukkan *workability* yang baik. Pada campuran limbah gypsum 5%, menurun menjadi 88,0 mm, masih tergolong baik tetapi menunjukkan penurunan dibandingkan beton normal. Untuk campuran limbah gypsum 10%, menurun menjadi 85,0 mm, dan pada campuran limbah gypsum 15% turun signifikan menjadi 65,3 mm. Penggunaan limbah gypsum 5% dan 10% masih dalam batas toleransi, namun pada 15% terjadi penurunan yang sangat signifikan, yang menunjukkan bahwa penggunaan limbah gypsum dalam jumlah tinggi dapat mengganggu *workability* beton.

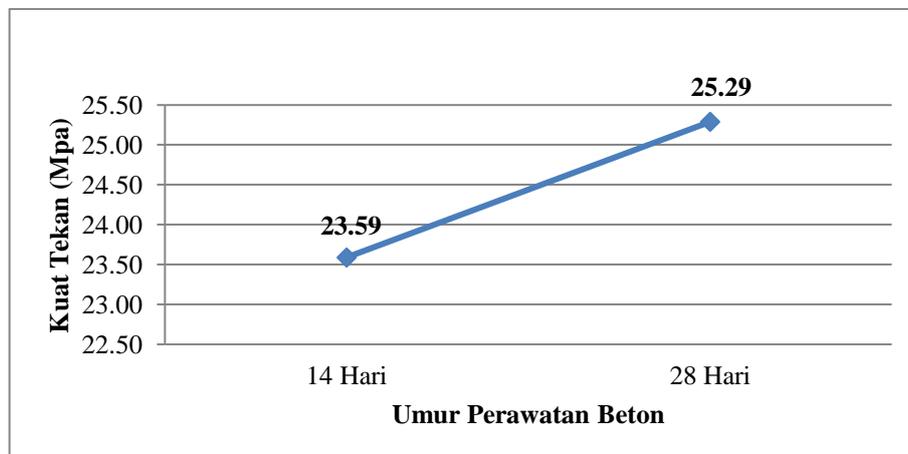
4.2 Kuat Tekan

Setelah melakukan pembuatan dan perawatan benda uji, selanjutnya dilakukan uji kuat tekan terhadap benda uji. Pengujian kuat tekan dilakukan pada saat benda uji berumur 14 hari dan 28 hari dengan sebanyak 24 sampel yang terdiri dari 4 variasi campuran yaitu beton normal, Limbah Gypsum 5%, Limbah Gypsum 10% dan Limbah Gypsum 15%. Untuk masing-masing variasi campuran disiapkan 6 sampel silinder dengan ukuran benda uji 150 x 300 mm. Adapun dari hasil pengujian kuat tekan yang diperoleh sebagai berikut:

Tabel 3. Rekan hasil kuat tekan beton normal

No	Umur	Berat (Kg)	Beban (Kn)	Kuat Tekan $f'c$ (Mpa)
1	14	11,92	417	23,59
2	28	12,05	447	25,29

Terdapat dua sampel uji beton normal dengan silinder 150 x 300 mm, kuat tekan rata-rata 23,59 Mpa selama 14 hari, dan 25,29 Mpa selama 28 hari.



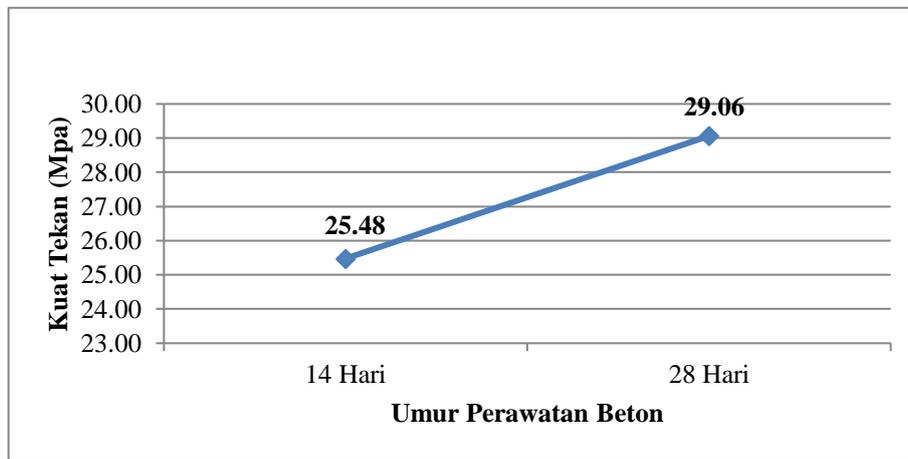
Gambar 3. Grafik pengujian kuat tekan beton normal

Pada gambar diatas beton normal mengalami peningkatan 1,7 Mpa dari 14 hari ke 28 hari.

Tabel 4. Rekan hasil kuat tekan beton LG 5%

No	Umur	Berat (Kg)	Beban (Kn)	Kuat Tekan $f'c$ (Mpa)
1	14	11,77	450	25,48
2	28	11,82	513	29,06

Terdapat dua sampel uji beton normal dengan silinder 150 x 300 mm, kuat tekan rata-rata 25,48 Mpa selama 14 hari, dan 29,06 Mpa selama 28 hari.



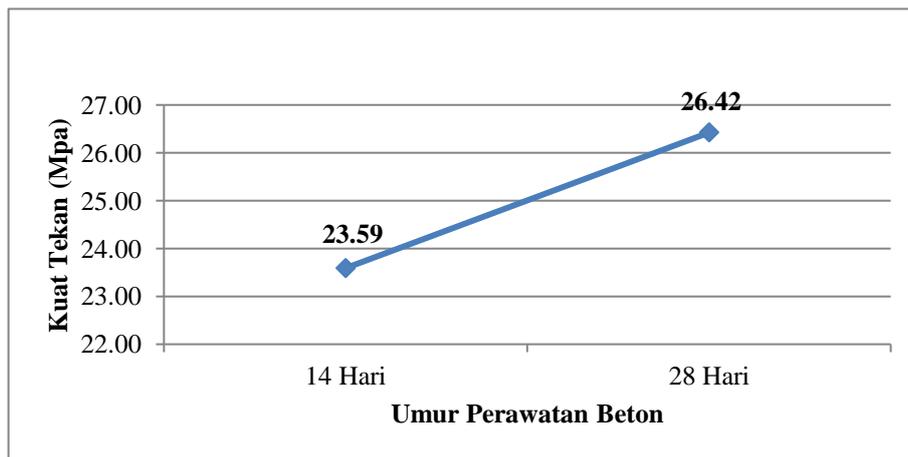
Gambar 4. Grafik pengujian kuat tekan LG 5%

Pada gambar diatas beton dengan penambahan limbah gypsum 5% mengalami peningkatan 3,58 Mpa dari 14 hari ke 28 hari.

Tabel 5. Rekan hasil kuat tekan beton LG 10%

No	Umur	Berat (Kg)	Beban (Kn)	Kuat Tekan $f'c$ (Mpa)
1	14	11,67	417	23,59
2	28	11,95	467	26,42

Terdapat dua sampel uji beton normal dengan silinder 150 x 300 mm, kuat tekan rata-rata 23,59 Mpa selama 14 hari, dan 26,42 Mpa selama 28 hari.



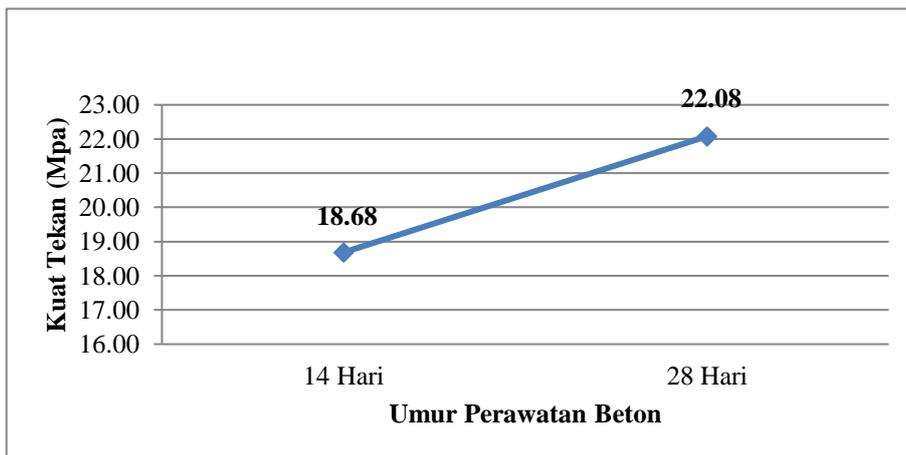
Gambar 5. Grafik pengujian kuat tekan LG 10%

Pada gambar diatas beton dengan penambahan limbah gypsum 10% mengalami peningkatan 2,83 Mpa dari 14 hari ke 28 hari.

Tabel 6. Rekan hasil kuat tekan beton LG 15%

No	Umur	Berat (Kg)	Beban (Kn)	Kuat Tekan $f'c$ (Mpa)
1	14	11,77	330	18,68
2	28	11,79	390	22,08

Terdapat dua sampel uji beton normal dengan silinder 150 x 300 mm, kuat tekan rata-rata 18,68 Mpa selama 14 hari, dan 22,08 Mpa selama 28 hari.



Gambar 6. Grafik pengujian kuat tekan LG 15%

Pada gambar diatas beton dengan penambahan limbah gypsum 15% mengalami peningkatan 3,40 Mpa dari 14 hari ke 28 hari. Berikut adalah grafik gabungan pengaruh penambahan limbah gypsum terhadap kuat tekan beton.



Gambar 7. Grafik gabungan penambahan limbah gypsum terhadap kuat tekan beton

Secara keseluruhan, ini menunjukkan bahwa penambahan limbah gypsum hingga 5% dapat memberikan efek positif terhadap kuat tekan beton, terutama pada periode 28 hari.

5 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, substitusi sebagian semen dengan limbah gypsum memberikan pengaruh signifikan terhadap kuat tekan beton. Substitusi 5% limbah gypsum menunjukkan hasil optimal, dengan kuat tekan mencapai 25,48 MPa pada umur 14 hari dan 29,06 MPa pada umur 28 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi kadar substitusi limbah gypsum, semakin rendah kuat tekan beton yang dihasilkan. Tren ini terlihat dari penurunan nilai kuat tekan dari substitusi 5% ke 10%, dan penurunan lebih tajam pada substitusi 15%, yang menunjukkan hubungan terbalik antara persentase substitusi dengan kuat tekan beton. Pada kadar substitusi 10%,

kuat tekan beton masih menunjukkan hasil memadai dengan nilai 23,59 MPa pada umur 14 hari dan 26,42 MPa pada umur 28 hari. Sebaliknya, substitusi 15% limbah gypsum memberikan dampak negatif dengan kuat tekan hanya mencapai 18,68 MPa pada umur 14 hari dan 22,08 MPa pada umur 28 hari. Penelitian ini menunjukkan bahwa limbah gypsum dapat dimanfaatkan sebagai bahan substitusi semen dalam pembuatan beton, dengan pembatasan kadar substitusi tidak melebihi 10%. Substitusi 5% memberikan hasil terbaik, sementara substitusi di atas 10% perlu dihindari karena berdampak negatif pada kuat tekan beton.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. V. Wagio, J. Tanijaya, and D. Sandy, "Penggunaan Limbah Gypsum dan Limbah Karbit Sebagai Substitusi Semen Terhadap Campuran Beton," *Paulus Civ. Eng. J.*, vol. 5, no. 1, pp. 161–173, 2023.
- [2] C. S. I. IEA, "Technology Roadmap Low-Carbon Transition in the Cement Industry," *Fr. Geneva, Switzerland. IEA, Paris.* [Google Sch., 2018.
- [3] D. Aquilano, M. Bruno, and S. Ghignone, "Gypsum: From the Equilibrium to the Growth Shapes—Theory and Experiments," *Minerals*, vol. 14, no. 11, 2024, doi: 10.3390/min14111175.
- [4] Namrah and A. Muis, "Pengaruh Abu Ampas Kopi Dengan Bahan Tambah No Drop Plaston Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Belah Beton," *J. Karajata Eng.*, vol. 2, no. 1, pp. 58–63, 2022, doi: 10.31850/karajata.v2i1.1599.
- [5] A. M. Neville and J. J. Brooks, *Concrete technology*, vol. 438. Longman Scientific & Technical England, 1987.
- [6] I. D. Permana, "Pemanfaatan Limbah Gypsum Board Sebagai Pengganti Sebagian Semen Terhadap Kuat Tekan Batako," 2018, *UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA*.
- [7] I. Dipohusodo, "Struktur Beton Bertulang, PT," *Gramedia Pustaka Utama, Jakarta*, 1999.
- [8] Badan Standardisasi Nasional, "Cara uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder," *Badan Standardisasi Nasional, Jakarta*, 1974, [Online]. Available: <https://www.academia.edu/download/57886647/SNI-1974-2011-.pdf>