



PENGARUH PENAMBAHAN EPOXY DAN SERAT LOGAM TERHADAP KUAT TEKAN DAN KUAT TARIK BETON

M. Alfalah Andrean, Revianty Nurmeyliandari*, Marguan Fauzi
Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Indo Global Mandiri

*Corresponding Author, Email : revianty@uigm.ac.id

ABSTRAK

Material konstruksi yang digunakan secara luas yang dikenal karena keunggulannya, daya tahan serta kemudahannya dalam pembentukan. Namun seiring dengan perkembangan teknologi dan meningkatnya kebutuhan akan material yang lebih kuat dan tahan lama, penambahan bahan tambahan seperti epoxy dan serat logam pada beton mulai diperkenalkan untuk meningkatkan kuat tekan dan tarik beton. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui efek penambahan 2% epoxy dan serat logam dalam jumlah yang bervariasi (2%, 4%, dan 6%) pada kekuatan tekan pada 7, 14, dan 28 hari, serta kekuatan tarik penambahan 2% epoxy dan serat logam dalam jumlah yang bervariasi (2%, 4%, dan 6%) pada kekuatan tekan pada 7, 14, dan 28 hari, serta kekuatan tarik. Penelitian ini dilakukan secara eksperimental dilakukan di Laboratorium Universitas Indo Global Mandiri (UIGM). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kekuatan tekan optimal sebesar 28,83 MPa dicapai dengan 2% epoxy pada 28 hari, sedangkan kekuatan tarik optimal sebesar 2,86 MPa dicapai dengan campuran serat logam 6% pada 28 hari. Kesimpulan adalah penggunaan resin epoxy dan serat logam dapat meningkatkan kekuatan tekan dan kekuatan Tarik beton.

Kata Kunci: Beton, Epoxy, Serat Logam.

ABSTRACT

A widely used construction material known for its superiority, durability and ease of formation. However, along with technological developments and the increasing need for stronger and more durable materials, the addition of additives such as epoxy and metal fibers to concrete has been introduced to increase the compressive and tensile strength of concrete. The purpose of this study was to determine the effect of adding 2% epoxy and lpgam fiber in varying amounts (2%, 4%, and 6%) on the compressive strength at 7, 14, and 28 days, as well as the tensile strength of the addition of 2% epoxy and metal fiber in varying amounts (2%, 4%, and 6%) on the compressive strength at 7, 14, and 28 days, as well as the tensile strength. This research was conducted experimentally at the Indo Global Mandiri University Laboratory (UIGM). The results showed that the optimal compressive strength of 28.83 MPa was achieved with 2% epoxy at 28 days, while the optimal tensile strength of 2.86 MPa was achieved with 6% metal fiber mixture at 28 days. The conclusion is that the use of epoxy resin and metal fiber can increase the compressive and tensile strength of concrete.

Keywords: Concrete, Epoxy, Metal Fiber

PENDAHULUAN

Beton merupakan bahan konstruksi yang sering digunakan untuk berbagai keperluan seperti jalan, jembatan, bendungan, gedung, rumah, dan sebagainya. Untuk mencapai kekuatan maksimal beton, dibutuhkan waktu sekitar 28 hari (Djoko Setiyarto & Pradana, 2022). Limbah serat banner yang terus menumpuk menjadi salah satu masalah polusi lingkungan yang hingga kini belum sepenuhnya teratasi (Ghifari Nur et al., 2023). Untuk

mengatasi masalah ini, salah satu solusi yang diterapkan adalah memanfaatkan limbah serat banner sebagai bahan tambahan dalam campuran beton dalam penelitian ini. (Fadly, 2025)

Untuk membuat massa padat, gabungkan air, aditif, agregat halus dan kasar, dan semen Portland atau semen hidrolik lainnya (Hasanah et al., 2022). Massa padat dapat dibentuk dengan menggabungkan semen Portland atau semen hidrolik lainnya dengan air, agregat halus dan kasar, serta bahan tambahan. (Sianturi et al., 2023)

Selama jangka waktu 2020–2024, pemerintah Indonesia mengintensifkan upaya pembangunan infrastruktur karena penting bagi Indonesia untuk meningkatkan daya saingnya secara global. Pada tahun 2020, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat mendapat alokasi anggaran nasional sebesar 120.217,54 miliar rupiah. Pembangkit listrik tenaga air, pembangunan perumahan, perbaikan jalan dan jembatan, dan kegiatan pembangunan infrastruktur lainnya adalah beberapa program operasional pengelolaan sumber daya yang didanai oleh anggaran yang diberikan kepada Kementerian PUPR. (Pusat Data dan Teknologi Informasi Sekretariat Jenderal, Kementerian PUPR, 2021)

Epoxy memiliki pengaruh yang baik jika dimasukkan kedalam beton dan cocok untuk dimasukkan ke dalam beton (Alkhaly et al., 2021). Penelitian ini menyelidiki pengaruh perlakuan kimia pada serat dan menganalisis dampaknya terhadap kekuatan material komposit yang diperkuat dengan serat kelapa dan matriks epoksi (Zulkifli et al., 2020). Selain itu, epoxy resin menghasilkan panas selama proses reaksi, yang berfungsi mempercepat pengerasan beton dan memungkinkannya mencapai kekuatan tekannya yang ideal lebih cepat daripada semen (Arif et al., 2015). Namun, perlu diingat bahwa kekakuan beton dapat menurun meskipun kapasitas beban ultimit meningkat (Landaburu, 2016). Injeksi epoxy resin pada beton kubus menunjukkan hasil yang baik dalam pengujian kekuatan tekan pada umur 7, 12, dan 21 hari (Nalini et al., 2017).

METODE PENELITIAN

Metodologi penelitian ini adalah eksperimental, dengan pengujian langsung dilakukan di Laboratorium Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Indo Global Mandiri. Rencana Konstruksi Mutu beton adalah F_c : 20 MPa. Ukuran silinder dengan diameter 10 cm dan tinggi 20 cm. Persentase optimum untuk penambahan serat logam yaitu 6% sedangkan persentase optimum untuk epoxy sebagai campuran adalah 2%. Pemeriksaan material yang menyeluruh dilakukan pada agregat halus, mencakup berbagai tes termasuk analisis kadar lumpur, penentuan berat isi, analisis saringan, penilaian berat jenis, dan evaluasi penyerapan air. Sebaliknya, pemeriksaan material agregat kasar melibatkan serangkaian tes yang berbeda, yaitu ayakan batu pecah, analisis kadar lumpur, dan penentuan berat isi split. Perancangan beton menurut SNI 03-28834-2000 digunakan untuk membuat rencana campuran beton normal. Total jumlah sampel kuat tekan dan kuat Tarik beton sebanyak 96 sampel benda uji. Dengan masing-masing kuat tekan beton sebanyak 72 sampel benda uji, sedangkan kuat tarik beton sebanyak 24 sampel benda uji. Seperti yang ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Jumlah sampel benda uji kuat tekan

Jumlah Sampel Benda Uji				
Kode	Pengujian Kuat Tekan			Jumlah Sampel
	7 Hari	14 Hari	28 Hari	
BN	3	3	3	9
BN + SL 2%	3	3	3	9
BN + SL 4%	3	3	3	9
BN + SL 6%	3	3	3	9
BN + E 2%	3	3	3	9
BN + E 2% + SL 2%	3	3	3	9
BN + E 2% + SL 4%	3	3	3	9
BN + E 2% + SL 6%	3	3	3	9
Total Jumlah Sampel Benda Uji				72

Tabel 2. Jumlah sampel benda uji kuat tarik

Jumlah Sampel Benda Uji		
Kode	Pengujian Kuat Tarik	Jumlah Sampel
	28 hari	
BN	3	3
BN + SL 2%	3	3
BN + SL 4%	3	3
BN + SL 6%	3	3
BN + E 2%	3	3
BN + E 2% + SL 2%	3	3
BN + E 2% + SL 4%	3	3
BN + E 2% + SL 6%	3	3
Total Jumlah Sampel Benda Uji		24

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pemeriksaan Analisis Saringan

Tabel 3 menunjukkan hasil dari pemeriksaan analisis saringan agregat halus. Berikut adalah rincian hasil pemeriksaan: Berdasarkan SNI 03-1750, nilai fineness modulus agregat halus berkisar antara 1,5 hingga 3,8. Hasil analisis saringan menunjukkan bahwa misalnya pada saringan 4.75 mm, 12.2 gram tertahan (2.44% tertahan, 97.56% lolos). kumulatif mencapai 500 gram pada pan. Table ini juga mencantumkan nilai fineness modulus sebesar 2.95 yang menunjukkan ukuran rata-rata partikel agregat.

Tabel 3. Hasil pemeriksaan analisis saringan agregat halus

Ukuran Saringan (mm)	Berat Tertahan (gr)	Jumlah Berat Tertahan (gr)	Jumlah	
			Tertahan	Lewat
4.75	12.2	12.2	2.44	97.56
2.36	49.8	62	12.42	87.58
1.18	52.2	114.2	22.88	77.12
0.3	189.8	493	60.90	39.10
0.15	193.3	304	99.62	0.38
0.075	1.9	497,3	99.84	0
pan	0.8	500	100.00	0
Fineness modulus=			2.95	

Tabel 4. Hasil pemeriksaan analisis saringan agregat kasar

No Saringan (mm)	Jumlah Berat Tertahan (gr)	Jumlah Berat Tertahan (gr)	Jumlah	
			Tertahan	Lewat
1.5	0	0	0.00	100
1	118.7	118.7	4.75	95.25
$\frac{3}{4}$	1018.2	1136.9	45.48	49.78
$\frac{1}{2}$	998.3	2135.2	85.41	14.59
$\frac{3}{8}$	309.4	2444.6	97.78	2.22
4	46.8	2491.4	99.66	0.344
			3.4	2494.8

Tabel 4 menunjukkan hasil pemeriksaan analisis saringan agregat kasar. Menurut pengujian saringan agregat kasar lolos untuk saringan 4 mm sebesar 0.344%, saringan 3/8 mm sebesar 2.22%, saringan $\frac{1}{2}$ mm sebesar 14.59%, saringan $\frac{3}{4}$ mm sebesar 49.78%, saringan 1 mm sebesar 95.25%, saringan 1.5 mm sebesar 100%, saringan nomor Pan adalah 0%. Hasil pengujian di atas menunjukkan bahwa agregat kasar pada pengujian ini memenuhi persyaratan modulus kehalusan sebesar 4.33. Berdasarkan ASTM C 33, syarat modulus kehalusan agregat kasar adalah kurang dari 7%.

Hasil pemeriksaan berat jenis

Tabel 5. Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus

Uraian	Observasi 1	Observasi 2
Berat benda uji kering	201.4	201.
Berat contoh k SSD (gr)	500	500
Berat piknometer + air + benda uji SSD (gr)	993.2	993.9
Berat piknometer + air (gr)	693.9	693.2
Berat contoh kering (gr)	490.4	490.4
<i>Apparent specific gravity</i>	2.65	2.59
<i>Bulk specific gravity</i> (kering)	2.50	2.46
<i>Bulk specific gravity</i> (SSD)	2.56	2.51
Persentase absorpsi air (%)	2.15%	1.96%
Rata-rata		
<i>Apparent specific gravity</i>	2.62	
<i>Bulk specific gravity</i> (kering)	2.48	
<i>Bulk specific gravity</i> (SSD)	2.53	
Persentase absorpsi air (%)	2.05%	

Tabel 5 menunjukkan hasil dari pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat halus. Berat jenis yang diperlukan untuk kondisi kering, SSD, dan semu berkisar antara 2,4 dan 2,7 gram per cm³, menurut ASTM C (128, 2015), dengan nilai rata-rata 2.48; 2.53; dan 2.62 masing-masing. Sedangkan nilai persentase absorpsi air sebesar 2.05.

Tabel 6. Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Kasar

Uraian	Observasi 1	Observasi 2
Berat benda uji kering	5000	5000
Berat benda uji kondisi permukaan jenuh di udara (B)	5039.4	5221.7
Berat benda uji kondisi permukaan jenuh di air (C)	2960	3389
<i>Bulk specific gravity</i> (kering)	2.40	2.73
<i>Apparent specific gravity</i>	2.42	2.85
<i>Bulk specific gravity</i> (SSD)	2.45	3.10
Persentase absorpsi air (%)	0.79	4.43
Rata-rata		
<i>Apparent specific gravity</i>	2.64	
<i>Bulk specific gravity</i> (kering)	2.57	
<i>Bulk specific gravity</i> (SSD)	2.78	
Persentase absorpsi air (%)	2.61%	

Tabel 6 menunjukkan hasil pengujian untuk tiga jenis berat jenis: berat jenis kondisi kering, berat jenis SSD, dan berat jenis semu. Nilai berat jenis kondisi kering harus sama dengan berat jenis SSD, dengan nilai rata-rata 2.57, 2.78, dan 2.64, dengan nilai penyerapan 2,61%. Berdasarkan ASTM C 128, berat jenis yang diharapkan berkisar antara 2,4 dan 2,7 gr/cm³.

Hasil pemeriksaan kadar lumpur agregat halus

Tabel 7 Hasil pemeriksaan kadar lumpur agregat halus

Pengujian	Tinggi Pasir (V ₁)	Tinggi Lumpur (V ₂)	Kadar Lumpur (%)	Kadar Lumpur Rata-rata
Observasi 1	195	5	200	2.50
Observasi 2	194.5	5.5	200	2.75
Rata-rata (%)			2.63	

Menurut Tabel 7, sampel pertama dan kedua memiliki persentase kadar lumpur 200% dan nilai kadar lumpur dihitung menggunakan rata-rata pengujian, yang adalah 2.63%, sesuai dengan pedoman (ASTM C177, 1995) untuk kadar lumpur agregat halus maksimal 5%. Dengan demikian, pengujian kadar lumpur agregat halus di atas memenuhi standar spesifikasi.

Hasil pemeriksaan kadar air

Tabel 8. Hasil Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus

Deskripsi	Unit	Observasi 1	Observasi 2
Berat Pan (W ₁)	Gr	157.0	157.0
Berat Pan + Benda Uji (Sebelum dioven) (W ₂)	Gr	2659.0	2657.0
Berat Pan + Benda Uji (Setelah dioven) (W ₃)	Gr	2645.7	2632.0
Benda uji (Sebelum dioven) (W ₄ = W ₂ -W ₁)	Gr	2502.0	2500.0
Berat benda uji (Setelah dioven) (W ₅ = W ₃ -W ₁)	Gr	2488.7	2475.0
Kadar Air	%	0.5344	1.0101
Kadar Air Rata-rata	%	0.7723	

Hasil pemeriksaan kadar air agregat halus berdasarkan (ASTM C566, 1997) dan SNI 1971:2011 menunjukkan bahwa kadar air agregat halus berkisar antara 3%-5%, dengan nilai yang diperoleh 0.7723%, sehingga memenuhi syarat. Hasil dari pemeriksaan kadar air agregat halus agar diketahui pemeriksaannya ditunjukkan pada Tabel 8

Tabel 8. Hasil pemeriksaan kadar air agregat kasar

Deskripsi	Unit	Observasi 1	Observasi 2
Berat Pan (W1)	Gr	158.0	157.0
Berat Pan + Benda Uji (Sebelum dioven) (W2)	Gr	2658.0	2657.0
Berat Pan + Benda Uji (Setelah dioven) (W3)	Gr	2639.5	2640.7
Benda uji (Sebelum dioven) (W4 = W2-W1)	Gr	2500.0	2500.0
Berat benda uji (Setelah dioven) (W5 = W3-W1)	Gr	2481.5	2483.7
Kadar Air	%	0.7455	0.6563
Kadar Air Rata-rata	%	0.7009	

Berdasarkan tabel 8, hasil pemeriksaan kadar air agregat kasar dianggap memenuhi syarat karena hasil pemeriksaan kadar air pada agregat kasar menurut SNI 1971:2011 berkisar antara 3%-5%, dan nilai yang diperoleh sebesar 0.7009%

Hasil pemeriksaan berat isi

Tabel 9 Hasil Pemeriksaan Berat Isi Agregat Halus

Kode	Uraian	Satuan	Observasi I		Observasi II	
			Padat	Gembur	Padat	Gembur
A	Volume wadah	Ltr	0.00471	0.00471	0.00471	0.00471
B	Berat wadah	Kg	4.3311	4.3311	4.3288	4.3288
C	Berat wadah+ benda uji	Kg	6.2791	6.1399	6.1286	6.0704
D	Berat Benda uji (C-B)	Kg/Ltr	1.9480	1.8088	1.7998	1.7416
E	Berat volume (D/A)	Kg/Ltr	1318.37		1295.01	
F	Berat volume Rata Rata	Kg/Ltr	1306.69			

Berdasarkan tabel 9 dengan SNI 03-4804-2022 agregat halus yang digunakan dalam pembuatan beton memenuhi standar berat volume efisien, yaitu minimal 1,200 Kg/Ltr. Berdasarkan pemeriksaan berat volume dalam keadaan gembur, agregat kasar mencapai 1306.69 Kg/Ltr, yang merupakan nilai yang lebih tinggi dari 1,200 gr/cm³.

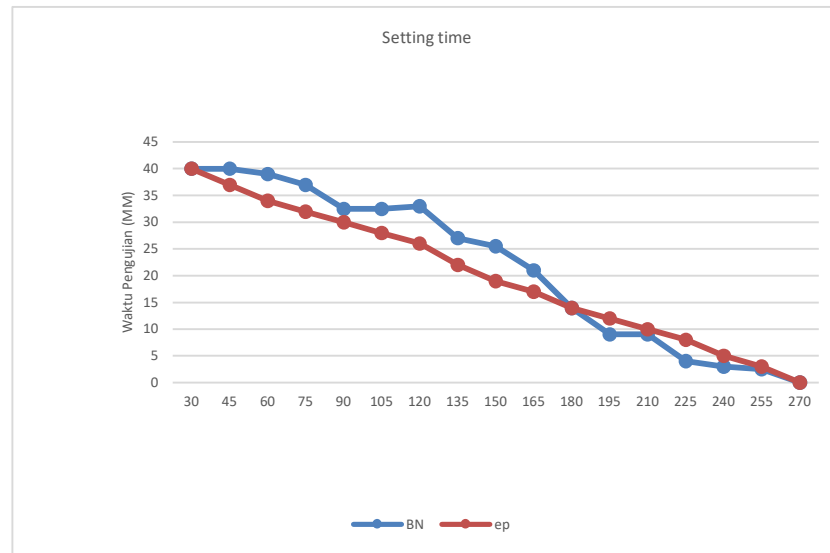
Tabel 10. Hasil Pemeriksaan Berat Isi Agregat Kasar

Kode	Uraian	Satuan	Observasi I		Observasi II	
			Padat	Gembur	Padat	Gembur
A	Volume wadah	Ltr	0.00471	0.00471	0.00471	0.00471
B	Berat wadah	Kg	4.3311	4.3311	4.3288	4.3288
C	Berat wadah+ benda uji	Kg	6.0550	5.8589	5.7599	5.5690
D	Berat Benda uji (C-B)	Kg/Ltr	1.7239	1.5278	1.4311	1.2402
E	Berat volume (D/A)	Kg/Ltr	1264.75		1202.64	
F	Berat volume Rata Rata	Kg/Ltr	1233.69			

Berdasarkan tabel 10 diatas, sesuai dengan SNI 03-4804-2022, sebelum adukan dimasukkan ke dalam cetakan silinder, beton diuji slump dengan kerucut Abrams. Ini dilakukan untuk mengetahui tingkat kelecakan adukan, yang memengaruhi proses pengerjaan dan kekuatan tekan beton. Hasil tes slump variasi adalah seperti yang ditunjukkan oleh grafik pada Gambar 2. Pengujian material menunjukkan bahwa beton campuran epoxy dan serat logam memiliki penyerapan air yang lebih besar daripada agregat halus. Namun, variasi beton normal memiliki nilai slump tertinggi, berat volume agregat efektif minimal 1,200 gr/cm³.

Berdasarkan pemeriksaan berat volume dalam keadaan gembur, agregat kasar mencapai 1233.69 Kg/Ltr, yang merupakan nilai yang lebih tinggi dari 1,200 gr/cm³. Oleh karena itu, agregat kasar yang digunakan dalam pembuatan beton memenuhi standar. Dapat dilihat pada tabel 9.

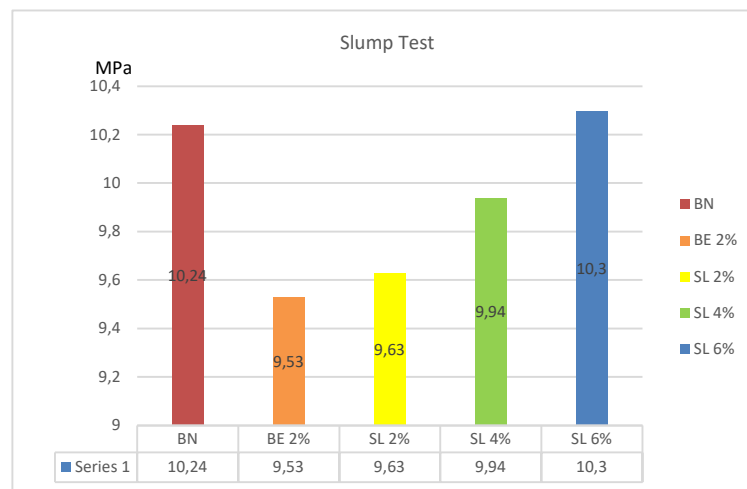
Setting time



Gambar 1. Setting time

Hasil pengujian menunjukkan perbedaan yang signifikan dalam waktu ikat awal dan akhir antara pasta semen biasa dan campuran epoxy 2%. Pasta Semen Normal: Waktu ikatan awal adalah 150 menit, dan waktu ikatan akhir adalah 270 menit. Pasta semen campuran dengan 2% epoxy: Waktu ikat awal: 135 menit dan waktu ikatan akhir 270 menit. Dimana informasi ini penting untuk mempertimbangkan penggunaan material dalam aplikasi konstruksi yang membutuhkan waktu setting yang berbeda.

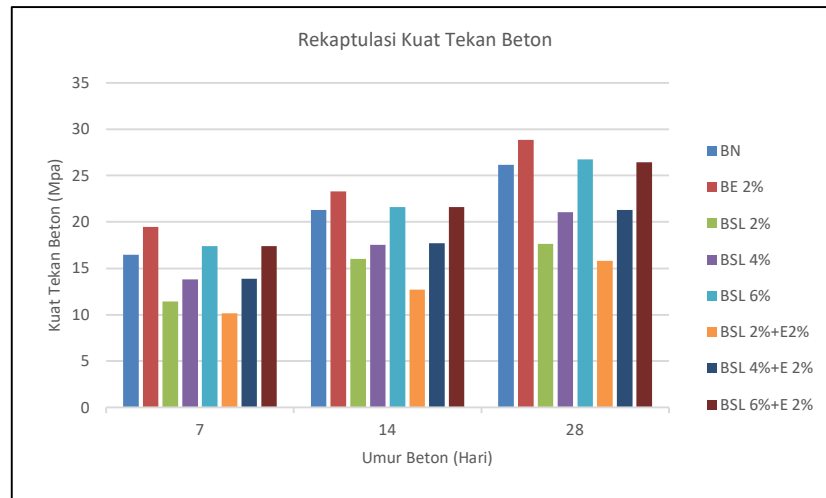
Slump test



Gambar 2. Slump test

Sebelum adukan dimasukkan ke dalam cetakan silinder, beton diuji slump dengan kerucut Abrams. Ini dilakukan untuk mengetahui tingkat kelecakan adukan, yang memengaruhi proses pengerjaan dan kekuatan tekan beton. Hasil tes slump variasi adalah seperti yang ditunjukkan oleh grafik pada Gambar 2. Pengujian material menunjukkan bahwa beton campuran epoxy dan serat logam memiliki penyerapan air yang lebih besar daripada agregat halus. Namun, variasi beton normal memiliki nilai slump tertinggi.

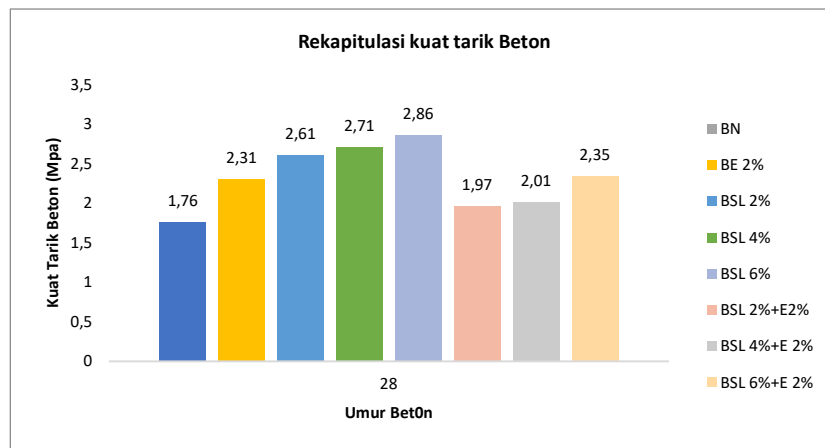
Hasil pengujian kuat tekan beton



Gambar 3. Rekapitulasi Kuat Tekan Beton

Dalam penelitian ini, penggunaan serat logam dan epoxy sebagai bahan tambah dalam campuran beton. Campuran adukan beton terdiri dari batu pecah dan pasir, dengan variasi penambahan serat logam (2%, 4%, dan 6%) dan epoxy (2%). Pengujian dilakukan pada umur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari untuk kedua variasi, kuat tekan optimum yang dihasilkan adalah 26.45 mpa.

Hasil pengujian kuat tarik beton



Gambar 4. Rekapitulasi Kuat Tarik Beton

Pada penambahan serat logam (2%, 4%, dan 6%) bersama dengan epoxy (2%) menunjukkan peningkatan kuat tarik beton. Kuat tarik optimum yang dihasilkan adalah 2.86 MPa.

KESIMPULAN

Dalam penelitian ini, beton diuji kekuatan tekan dan kekuatan tariknya pada berbagai umur, terutama pada umur 7, 14 dan 28 hari. Pada umur 28 hari, kekuatan tekan tertinggi mencapai 26,45 MPa dengan variasi 6%, dan kekuatan tarik beton dengan serat logam 6% mencapai 2,35 MPa.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM 128. (2015). *Standard Test Method for Standard Test Method for Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Fine Aggregate*. 2015, 1–6. www.astm.org.
- Alkhaly, Y. R., Panondang, C. N., & Zulfahmi, Z. (2021). Kuat Tekan Beton Polimer Berbahan Abu Vulkanik Gunung Sinabung Dan Resin Epoksi. *Teras Jurnal : Jurnal Teknik Sipil*, 5(2), 125–132. <https://doi.org/10.29103/tj.v5i2.14>
- Arif, J., Riakara Husni, H., & Sebayang, S. (2015). Pengaruh Resin Epoksi Terhadap Mortar Polimer Ditinjau dari Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah, Daya Serap Air dan Scanning Electron Microscope. *Jrsdd*, 3(3), 2303–2314.
- ASTM C177. (1995). C117-95. *Standard Test Method for Materials Finer than 75- μ m (No. 200) Sieve in Mineral*. *Annual Book of ASTM Standards*, 14(200), 4.
- ASTM C566. (1997). *Método de Ensayo Normalizado para Determinar el Contenido de Humedad Total Evaporable de los Áridos por Secado*. 04, 2–4. www.astm.org
- Djoko Setiyarto, Y., & Pradana, D. (2022). Pengaruh Penggunaan Zat Epoxy Terhadap Kuat Tekan Beton Normal. 3(April). *CRANE : Civil Engineering Research Journal* <https://ojs.unikom.ac.id/index.php/crane>
- Fadly, I. (2025). Analisis sifat mekanis beton dengan bahan tambah limbah banner. xx, 1–8.
- Ghifari Nur, M. A., Priskasari, E., & Aditama, V. (2023). Pemanfaatan Limbah Banner Atau Spanduk Berbahan Dasar Pvc Yang Digunakan Sebagai Bahan Tambah Material Serat Untuk Beton Mutu Rendah Pada Umur 28 Hari. *Student Journal SONDIR*, X(X), 0–8.
- Hasanah, E. R., Gunawan, A., & Afrizal, Y. (2022). Pengaruh Penambahan serat Kulit Pinang dan Epoxy Resin terhadap Kuat Tarik Belah Beton. *Educational Building Jurnal Pendidikan Teknik Bangunan Dan Sipil*, 8(1), 22–28.
- Sianturi, S. H. H., Hutabarat, L. E., & Setiyadi, S. (2023). Pengaruh Penambahan Zat Epoxy Resin dan Polypropylene Fiber Mesh (PFM) Terhadap Kuat Lentur Beton. *Science Tech: Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi*, 9(2), 105-115.

- Landaburu, J. (2016). *Pengaruh Penambahan Abu Serabut Kelapa Dan Sikacim Concrete Additive Terhadap Kuat Tekan Beton*. 1–23.
- Nalini, S., Annapurani, M., & Sivaranjani, S. (2017). *Experimental study on epoxy injection on concrete*. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, 8(12), 227–234.
- Zulkifli, Dharmawan, I. B., & Anhar, W. (2020). *Analisa pengaruh perlakuan kimia pada serat terhadap kekuatan impak charpy komposit serat sabut kelapa bermatriks epoxy*. *Jurnal Polimesin*, 18(1), 47–52.



Jurnal Deformasi is licensed under
a Creative Commons Attribution-Sharealike 4.0 International License