SENTRI:
Jurnal Riset Ilmiah
ejournal.nusantaraglobal.ac.id/index.php/sentri

Vol. 5, No. 10, 2026
e-ISSN: 2963-1130
pp. 5490-5499

Analisis Perbandingan Kuat Tekan Kolom Beton Tulangan Konvensional Dengan Beton Tulangan Gfrp (Glass Fiber Reinforced Polymer) Sebagai Tulangan Utama

Muhamad Heldan wicaksono[1*], Gazi Al Gifani[2*], Muhammad Latif[3]
[1,2,3]teknik Sipil Universitas Semarang

*Corresponding Author's e-mail: yuanaade46@gmail.com, ghazialgifani321@gmail.com, muhammadlatif@usm.ac.id

Article History:

Received: August 15, 2026
Revised: September 08, 2026
Accepted: October 29, 2026

Keywords:

Concrete column, Compressive strength, GFRP reinforcement, Steel reinforcement, Reinforced concrete

Abstract: *Columns are structural elements that transfer axial loads to the foundation, so the type of reinforcement used strongly determines structural performance. Conventional steel reinforcement is susceptible to corrosion, especially in aggressive environments. Glass Fiber Reinforced Polymer (GFRP) is an alternative because it is corrosion resistant. However, research that directly compares it with steel under the same testing conditions in Indonesia remains limited. This study aims to determine and compare the axial compressive strength of concrete columns reinforced with BJTS-42 steel and concrete columns reinforced with GFRP as the main reinforcement. The study was conducted experimentally at the laboratory of PT. Kembar Jaya Mandiri Mulya, Demak. The test specimens were cylindrical columns measuring 150 mm × 300 mm with a design concrete strength (fc') of 25 MPa. The main reinforcement consisted of D10 deformed steel bars and D10 GFRP bars. Compressive strength tests were carried out at 14, 21, and 28 days, with normal concrete cylinders used as quality control. The test results were also compared with the theoretical nominal capacities based on SNI 2847:2019 for steel and ACI 440.11-22 for GFRP.*

Copyright © 2026, The Author(s).

This is an open access article under the CC–BY-SA license

How to cite: Wicaksono, M. H., Al Gifani, G., & Latif, M. (2026). Analisis Perbandingan Kuat Tekan Kolom Beton Tulangan Konvensional Dengan Beton Tulangan Gfrp (Glass Fiber Reinforced Polymer) Sebagai Tulangan Utama. *SENTRI: Jurnal Riset Ilmiah*, *5*(10), 5490–5499. https://doi.org/10.55681/sentri.v5i10.7380

PENDAHULUAN

Kolom merupakan elemen struktur penting dalam bangunan yang berfungsi menyalurkan beban dari balok dan pelat menuju pondasi. Kegagalan pada kolom dapat memengaruhi kestabilan struktur secara keseluruhan sehingga pemilihan jenis tulangan menjadi bagian penting dalam perencanaan bangunan sesuai standar yang berlaku. Selama ini, baja konvensional banyak digunakan sebagai tulangan beton karena memiliki sifat daktail. Namun, baja rentan mengalami korosi, terutama pada lingkungan agresif, seperti kawasan pesisir, daerah dengan paparan zat kimia, dan lingkungan dengan kelembapan tinggi. Korosi dapat mengurangi luas penampang efektif tulangan, menurunkan kapasitas

struktural, serta menyebabkan pengelupasan selimut beton (*spalling*) (Mulyadi & Walujodjati, 2022; Anjani & Walujodjati, 2022).

Salah satu alternatif untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah *Glass Fiber Reinforced Polymer* (GFRP), yaitu material komposit berbasis serat kaca yang memiliki ketahanan terhadap korosi, rasio kekuatan terhadap berat yang tinggi, serta sifat nonkonduktif dan nonmagnetik. Penerbitan standar ACI 440.11-22 yang mengatur penggunaan tulangan GFRP pada struktur beton turut mendorong pengembangan material ini untuk elemen kolom (Khanh et al., 2025). Kajian Alsuhaibani et al. (2024) terhadap publikasi tahun 1988–2024 menunjukkan peningkatan penelitian mengenai penggunaan GFRP pada kolom beton. Kontribusi tulangan GFRP terhadap kapasitas tekan kolom dilaporkan berkisar antara 5–40%, bergantung pada konfigurasi penampang dan rasio tulangan. Meskipun demikian, karakteristik GFRP berbeda dari baja karena bersifat linier elastis hingga mencapai keruntuhan tanpa mengalami deformasi plastis, sehingga perilaku keruntuhannya cenderung lebih getas (Khorramian & Sadeghian, 2020).

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa kolom beton bertulangan GFRP berpotensi memiliki kapasitas tekan aksial yang sebanding dengan kolom bertulangan baja. Alsuhaibani et al. (2024) melaporkan bahwa pada beberapa konfigurasi pengujian, kolom dengan tulangan GFRP mampu mencapai kapasitas tekan yang setara atau lebih tinggi dibandingkan kolom bertulangan baja. Namun, perbedaan karakteristik kedua material tersebut masih memerlukan pengujian lebih lanjut untuk mengetahui kinerja masing-masing dalam kondisi yang setara. Di Indonesia, penelitian yang secara langsung membandingkan kuat tekan aksial kolom beton bertulangan baja dan GFRP melalui pengujian dengan kondisi yang sama masih terbatas. Oleh karena itu, diperlukan penelitian eksperimental untuk memperoleh data mengenai kinerja kedua jenis tulangan tersebut sebagai dasar pertimbangan dalam penerapan GFRP pada konstruksi beton di Indonesia.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan membandingkan kuat tekan aksial kolom beton bertulangan baja BJTS-42 dan GFRP pada beton dengan kuat tekan rencana sebesar 25 MPa (fc' = 25 MPa) melalui pengujian laboratorium. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai perbedaan kapasitas tekan aksial kedua jenis tulangan serta menjadi bahan pertimbangan dalam pemilihan material tulangan untuk elemen kolom beton.

LANDASAN TEORI

1.1 Beton

Beton merupakan material konstruksi yang tersusun dari semen, agregat halus, agregat kasar, dan air. Kualitas beton dipengaruhi oleh mutu bahan, perbandingan air dan semen, serta proses perawatan (curing). Beton memiliki kuat tekan yang baik, tetapi kemampuan menahan tarik relatif rendah sehingga membutuhkan tulangan.

1.2 Material Penyusun Beton

Material penyusun beton terdiri atas semen sebagai bahan pengikat, agregat halus dan kasar sebagai pengisi, serta air untuk proses hidrasi semen. Perbandingan dan kualitas bahan tersebut memengaruhi kekuatan serta mutu beton yang dihasilkan.

1.3 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton merupakan kemampuan beton menahan beban tekan hingga mengalami keruntuhan. Pengujiannya dilakukan dengan memberikan beban pada benda uji sampai mencapai beban maksimum.

1.4 Kolom Beton Bertulang

Kolom beton bertulang merupakan elemen struktur yang berfungsi menyalurkan beban bangunan ke fondasi. Kolom dapat menerima beban aksial maupun kombinasi beban lainnya. Kekuatan kolom dipengaruhi oleh mutu beton, luas penampang, serta jenis dan jumlah tulangan yang digunakan.

1.5 Tulangan Baja BJTS-42 dan GFRP

Baja BJTS-42 merupakan tulangan yang memiliki kuat leleh sekitar 420 MPa dan bersifat daktail, tetapi rentan terhadap korosi. Sementara itu, Glass Fiber Reinforced Polymer (GFRP) merupakan tulangan berbahan serat kaca dan resin yang ringan serta tahan korosi. Namun, GFRP memiliki modulus elastisitas lebih rendah dan cenderung mengalami keruntuhan secara getas.

1.6 Kapasitas Tekan Aksial Kolom

Kapasitas tekan aksial kolom dipengaruhi oleh kuat tekan beton dan kontribusi tulangan. Pada kolom bertulangan baja, kapasitas nominal dihitung berdasarkan kontribusi beton dan baja. Sementara itu, pada kolom bertulangan GFRP, perhitungan mempertimbangkan kontribusi beton dan karakteristik tekan tulangan GFRP. Kedua jenis tulangan tersebut perlu dibandingkan untuk mengetahui perbedaan kapasitas tekan aksial kolom beton.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen laboratorium untuk membandingkan kuat tekan aksial kolom beton bertulangan baja BJTS-42 dan Glass Fiber Reinforced Polymer (GFRP). Penelitian dilaksanakan di Laboratorium PT Kembar Jaya Mandiri Mulya dengan mutu beton rencana sebesar 25 MPa. Benda uji berbentuk silinder berdiameter 150 mm dan tinggi 300 mm, menggunakan tulangan utama baja BJTS-42 atau GFRP berdiameter 10 mm serta sengkang baja berdiameter 6 mm.

Jumlah benda uji sebanyak 25 buah, terdiri atas 11 kolom bertulangan baja, 11 kolom bertulangan GFRP, dan 3 silinder beton normal tanpa tulangan sebagai benda uji kontrol. Campuran beton direncanakan mengacu pada SNI 7656:2012 dengan nilai slump 10 ± 2 cm dan ukuran maksimum agregat kasar 19 mm. Bahan yang digunakan meliputi semen Portland, agregat halus, agregat kasar, air, tulangan baja BJTS-42, dan GFRP.

Pembuatan benda uji diawali dengan penimbangan bahan sesuai rancangan campuran, perakitan tulangan, pencampuran beton, dan pengujian slump. Beton kemudian dicetak, dipadatkan, dan dibiarkan mengeras sebelum cetakan dilepas. Selanjutnya, benda uji menjalani proses perawatan (curing) untuk menjaga kelembapan beton sebelum pengujian. Pengujian kuat tekan aksial dilakukan menggunakan Compression Testing Machine (CTM) dengan pembebanan secara bertahap hingga benda uji mengalami keruntuhan. Beban maksimum, regangan tulangan, pola retak, dan mode keruntuhan dicatat sebagai data penelitian.

Data primer diperoleh dari proses pembuatan, perawatan, dan pengujian benda uji, sedangkan data sekunder berasal dari buku, jurnal ilmiah, serta standar SNI dan ACI yang relevan. Analisis dilakukan dengan menghitung kuat tekan beton kontrol, kapasitas tekan nominal kolom, serta rasio perbandingan beban maksimum rata-rata antara kolom bertulangan GFRP dan baja. Hasil pengujian kemudian dibandingkan untuk mengetahui perbedaan kapasitas tekan aksial, pola retak, dan karakteristik keruntuhan kedua jenis kolom.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Uji Tarik Tulangan Baja dan GFRP

Data kuat tarik tulangan baja dan Glass Fiber Reinforced Polymer (GFRP) pada penelitian ini merupakan data sekunder. Tim peneliti tidak melakukan pengujian tarik terhadap batang tulangan, sehingga nilai pada tabel berikut tidak dinyatakan sebagai hasil pengujian laboratorium penelitian ini. Data diperoleh dari standar SNI yang relevan untuk tulangan baja serta informasi spesifikasi teknis GFRP dari PT. Kuria Bar.

Tabel 1 Tabel Uji Tarik Tulangan Baja dan GFRP (Sekunder)

Parameter	Tulangan Baja BJTS-42	Tulangan GFRP
Tegangan tarik ultimate (MPa)	420–560	480–1000
Tegangan leleh (MPa)	420	Tidak memiliki titik leleh; perilaku linier elastis
Modulus elastisitas (GPa)	200	50–60
Regangan ultimate (%)	Sekitar 12 (daktail)	1,2–2,0 (relatif getas)

Sumber: SNI 2052:2024 dan PT.Kuria Bar

Data tersebut menunjukkan bahwa baja memiliki perilaku leleh dan regangan yang relatif lebih besar, sedangkan GFRP bersifat linier elastis hingga mencapai kondisi ultimit. Nilai-nilai ini digunakan sebagai data acuan dalam pembahasan karakteristik tulangan, bukan sebagai hasil pengujian tarik yang dilakukan oleh tim peneliti. Perbandingan harus dibaca dengan memperhatikan spesifikasi produk dan ketentuan standar yang menjadi sumber masing-masing nilai.

2. Agregat Halus

Dalam penelitian ini, pengujian agregat halus (pasir) dilakukan dengan tujuan untuk memperoleh data teknis yang diperlukan sebagai dasar dalam penyusunan Job *Mix Design* campuran beton. Data yang dihasilkan dari pengujian agregat halus dapat dilihat pada Tabel 4.1

Tabel 2 Data Uji Berat Jenis Agregat Halus

Keterangan	Notasi	Hasil
Berat Contoh SSD	A	500 gram
Berat Contoh Kering Oven	B	494 gram
Berat Picnometer + Air (Kalibrasi)	C	645 gram
Berat Picnometer + air + Contoh	D	957 gram
Berat jenis (bulk)	B/(C+A-D)	2628 kg/m^3

Berat jenis permukaan jenuh (SSD)	A/(C+A-D)	2660 kg/m^3
Berat jenis semu (Apparent)	A/(C+B-D)	2747 kg/m^3
Penyerapan (Absorption)	((A-B)/B) x 100%	1,21 %

Sumber: Data Lab. PT. Kembar Jaya Mandiri Mulya, 2026

Berat jenis agregat halus merupakan salah satu parameter penting dalam pengujian agregat halus yang menunjukkan perbandingan antara massa agregat padat terhadap massa udara dengan volume yang sama pada kondisi suhu yang sama. Parameter ini digunakan sebagai indikator mutu agregat halus karena berpengaruh terhadap karakteristik lainnya, seperti kemampuan menyerap air serta kekuatan beton yang dihasilkan dengan menggunakan agregat halus tersebut.

3. Rekapitulasi Rancangan Mix Desain

Berikut adalah rekapitulasi rancangan mix design yang akan digunakan dalam pembuatan benda uji beton normal.

Tabel 4. 3 Rekapitulasi Rancangan Mix Design

Parameter	Nilai	Satuan
Agregat Halus		
- Berat Jenis Permukaan Jenuh (SSD)	2660	
- Penyerapan (Absorption)	1,21	
- Berat Isi	1508	Kg/m³
- Kadar Air	3,072	
- Modulus Halus Butir (MHB)	2,61	Pasir Sedang
- Kadar Lumpur	-	
Agregat Kasar (10-20 mm)		
- Berat Jenis Permukaan Jenuh (SSD)	2703	
- Penyerapan (Absorption)	1,39	
- Berat Isi	1633	Kg/m³
- Kadar Air	2,03	
- Modulus Halus Butir (MHB)	7,83	Agregat Kasar
- Kadar Lumpur	-	
Rancangan Campuran Beton		
- Kuat tekan yang direncanakan	250	Kg/cm² (fc' 20 MPa)
- Jenis semen	Semen Gresik	Type I

- Jenis agregat kasar	Batu Pecah Eks Batang	
- Jenis agregat halus	Pasir Eks Merapi	
- Ukuran agregat maksimal	20	mm
- Slump	10 ± 2	cm
- Kadar air bebas	205	Kg/m³
- Rasio air semen (w/c)	0,69	
- Kadar semen	297,101	Kg/m³
- Berat jenis semen	3,15	
- Berat agregat kasar	1066,02	Kg/m³
- Berat awal beton segar	2345	Kg/m³
- Berat agregat halus	821,17	Kg/m³
Proporsi Campuran Beton Normal Per 5 Sampel		
- Semen	8,17	Kg
- Pasir (Agregat Halus)	22,595	Kg
- Batu Pecah 10-20 mm (Agregat Kasar)	29,315	Kg
- Air	4,4	Liter

Sumber: Data Lab. PT. Kembar Jaya Mandiri Mulya, 2026.

4. Hasil Kuat Tekan Beton Normal

Berikut adalah hasil pengujian kuat tekan beton normal (tanpa penambahan serat sisal) pada umur 14, 21, dan 28 hari:

Tabel 4 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Normal

No	Kode Benda Uji	Tanggal Pembuatan	Tanggal Pengujian	Umur (Hari)	Ukuran Benda Uji (mm)	Berat (Kg)	Kuat Tekan (kN)	Kuat Tekan (MPa)
1	BTN 1	08/09/2026	22/09/2026	14	150x300	12,565	300	16,96
2	BTN 2	08/09/2026	29/09/2026	21	150x300	12,480	430	24,43
3	BTN 3	08/09/2026	06/10/2026	28	15x0300	12,385	450	25,56

Sumber: Data Lab. PT. Kembar Jaya Mandiri Mulya, 2026.

Nilai kuat tekan BTN pada umur 28 hari sebesar 25,56 MPa menjadi acuan mutu beton aktual (fc') yang digunakan dalam seluruh perhitungan kapasitas teoritis kolom. Nilai ini melampaui target rencana fc' = 25 MPa, sehingga mutu beton yang dihasilkan dinyatakan memenuhi persyaratan perencanaan.

5. Hasil Pengujian Kuat Tekan Aksial Kolom

Dalam hasil ini yaitu merangkum seluruh data primer hasil pengujian kuat tekan aksial kolom, mencakup kode benda uji, tanggal pengecoran dan pengujian, umur beton saat diuji, dimensi penampang, berat benda uji, gaya tekan maksimum (Pu), serta nilai kuat tekan aksial aktual (fc',kolom) yang dihitung menggunakan Persamaan 13.

Tabel 5 Tabel Kuat Tekan Kolom Tulangan Baja

No	Kode Benda Uji	Tanggal Cor	Tanggal Uji	Umur (Hari)	Ukuran (mm)	Berat (kg)	Gaya Tekan Maks. (kN)	fc' (MPa)
1	BTB 1	08/09/2026	22/09/2026	14	150×300	13,095	410	23,19
2	BTB 2	08/09/2026	22/09/2026	14	150×300	13,150	360	20,36
3	BTB 3	08/09/2026	22/09/2026	14	150×300	12,855	420	23,75
4	BTB 1	08/09/2026	29/09/2026	21	150×300	13,495	510	28,97
5	BTB 2	08/09/2026	29/09/2026	21	150×300	13,155	480	27,27
6	BTB 3	08/09/2026	29/09/2026	21	150×300	12,975	450	25,56
7	BTB 1	08/09/2026	06/10/2026	28	150×300	13,410	550	31,25
8	BTB 2	08/09/2026	06/10/2026	28	150×300	13,090	510	28,97
9	BTB 3	08/09/2026	06/10/2026	28	150×300	13,080	500	28,40
10	BTB 4	08/09/2026	06/10/2026	28	150×300	13,305	530	30,11
11	BTB 5	08/09/2026	06/10/2026	28	150×300	13,250	510	28,97

Sumber: Data Hasil Pengujian Laboratorium PT. Kembar Jaya Mandiri Mulya Yang Diolah Penulis, 2026

6. Perbandingan Kuat Tekan dan Validasi Kapasitas Teoritis

Perbandingan kuat tekan antara BTB dan BTG pada umur 28 hari serta validasi terhadap kapasitas nominal teoritis yang dihitung menggunakan SNI 2847:2019 dan ACI 440.11-22 disajikan pada Tabel 4.13. Nilai fc' = 25,56 MPa dari pengujian BTN umur 28 hari digunakan sebagai parameter beton aktual dalam seluruh perhitungan.

Kapasitas nominal kolom baja (SNI 2847:2019 Pasal 22.4.2.1):

$$Pn = 0{,}85 \times fc' \times (Ag - Ast) + fy \times Ast \quad \text{..... (Persamaan 2)}$$

Pembahasan

Hasil pengujian menunjukkan bahwa beton kontrol pada umur 28 hari mencapai kuat tekan sebesar 25,56 MPa atau 102,24% dari mutu rencana 25 MPa. Hasil ini menunjukkan bahwa mutu beton yang dihasilkan telah memenuhi target perencanaan. Pada umur yang sama, kolom beton bertulangan baja (BTB) memiliki kuat tekan rata-rata sebesar 29,54 MPa, sedangkan kolom beton bertulangan GFRP (BTG) mencapai 27,27 MPa. Selisih keduanya sebesar 2,27 MPa, dengan kuat tekan BTG mencapai 92,31% dari BTB. Hasil tersebut menunjukkan bahwa BTB memiliki kuat tekan rata-rata lebih tinggi, meskipun perbedaannya relatif kecil pada kondisi benda uji yang digunakan.

	Gaya (kN)	fc' (MPa)	Gaya (kN)	fc' (MPa)	Gaya (kN)	fc' (MPa)
BTN	300	16,96	430	24,43	450	25,56
BTB	396	22,43	480	27,27	520	29,54
BTG	390	22,06	440	25	480	27,27

Perkembangan kuat tekan kedua kelompok benda uji menunjukkan peningkatan seiring bertambahnya umur beton. Kuat tekan BTB meningkat dari 22,43 MPa pada umur 14 hari menjadi 29,54 MPa pada umur 28 hari, atau naik sebesar 31,70%. Sementara itu, kuat tekan BTG meningkat dari 22,06 MPa menjadi 27,27 MPa, atau naik sebesar 23,60%. Hasil ini menunjukkan bahwa kedua kelompok mengalami peningkatan kekuatan, dengan kenaikan yang lebih besar pada BTB. Namun, penyebab perbedaan tersebut belum dapat dipastikan tanpa pengujian tambahan.

Perbandingan kapasitas aktual dengan kapasitas teoritis menunjukkan bahwa gaya tekan rata-rata BTB sebesar 520 kN mencapai 1,571 kali kapasitas rencana sebesar 330,88 kN. Sementara itu, gaya tekan rata-rata BTG sebesar 480 kN mencapai 1,958 kali kapasitas rencana sebesar 245,11 kN. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kapasitas aktual kedua

kelompok melampaui nilai teoritis yang digunakan, dengan selisih relatif lebih besar pada BTG. Temuan ini mengindikasikan bahwa persamaan perhitungan yang digunakan untuk GFRP memberikan prediksi kapasitas yang lebih konservatif pada benda uji penelitian ini.

Secara keseluruhan, GFRP berpotensi menjadi alternatif tulangan utama pada kolom beton, terutama pada lingkungan yang membutuhkan ketahanan terhadap korosi. Kuat tekan rata-rata BTG sebesar 27,27 MPa atau 92,31% dari BTB menunjukkan adanya perbedaan kapasitas antara kedua jenis tulangan. Meskipun demikian, kelayakan GFRP sebagai pengganti baja tidak dapat ditentukan hanya berdasarkan kuat tekan. Evaluasi lebih lanjut perlu mempertimbangkan perilaku keruntuhan, regangan, lekatan tulangan dengan beton, serta aspek desain dan ketentuan standar yang berlaku.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, kolom beton bertulangan baja konvensional dan GFRP menunjukkan perbedaan kapasitas tekan pada umur pengujian yang berbeda. Pada umur 28 hari, kolom bertulangan baja memiliki kuat tekan rata-rata sebesar 29,54 MPa dengan gaya tekan rata-rata 520 kN, sedangkan kolom bertulangan GFRP mencapai 27,27 MPa dengan gaya tekan rata-rata 480 kN. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kuat tekan rata-rata kolom bertulangan GFRP sekitar 7,69% lebih rendah dibandingkan kolom bertulangan baja. Dengan demikian, pada kondisi dan konfigurasi benda uji dalam penelitian ini, kolom beton bertulangan baja konvensional menghasilkan kuat tekan rata-rata yang lebih tinggi daripada kolom bertulangan GFRP.

DAFTAR REFERENSI

1. Alsuhaibani, E., Alturki, M., Alogla, S. M., Alawad, O., Alkharisi, M. K., Bayoumi, E., & Aldukail, A. (2024). Compressive and Bonding Performance of GFRP-Reinforced Concrete Columns. *Buildings*, *14*(4). https://doi.org/10.3390/buildings14041071
2. Anam, M. K., Amir, F., & Sutrisno, M. (2024). Perbandingan Kapasitas Kolom Beton Bertulang Berdasarkan Variasi Bentuk Sengkang dengan Analisis Finite Element Method. *REKONSTRUKSI TADULAKO: Civil Engineering Journal on Research and Development*, 9–16. https://doi.org/10.22487/renstra.v5i1.621
3. Anjani, W. S., & Walujodjati, E. (2022). Pengaruh Korosi Tulangan Terhadap Panjang Penyaluran pada Beton. *Jurnal Konstruksi*, *20*(2), 311–320. https://doi.org/10.33364/konstruksi/v.20-2.1214
4. Didik, I., Mabui, S. S., & Raidyarto, A. (2022). *TEKNOLOGI BETON*.
5. Fahri, M., Misdalena, F., & Kesumawati Yacub, V. (2025). Pengaruh Jenis Air Perawatan terhadap Kuat Tekan Beton pada Usia 28 Hari. *Jurnal Konstruksi*, *23*(2), 259–265. https://doi.org/10.33364/konstruksi/v.23-2.2446
6. Irwansyah. (2024). *BUKU REFERENSI REKAYASA STRUKTUR BETON BERTULANG INOVASI DAN STUDI KASUS* (Vol. 2).
7. Juslianto, Edowinsyah, V. I. (2023). Pengaruh Penambahan Serat Daun Sisal (Agave Sisalana). *Jurnal Unitek*, *16*(1), 2023.

8. Khanh, T. Q., Kobbert, J., & Singer, T. (2025). *Metadata of the chapter that will be visualized in SpringerLink Signaling Devices*. https://doi.org/10.1007/978-3-658-45276-6_30
9. Khorramian, K., & Sadeghian, P. (2020). Experimental Investigation of Short and Slender Rectangular Concrete Columns Reinforced with GFRP Bars under Eccentric Axial Loads. *Journal of Composites for Construction*, *24*(6), 1–65. https://doi.org/10.1061/(asce)cc.1943-5614.0001088
10. Mulyadi, A. A., & Walujodjati, E. (2022). Pengaruh Korosi Tulangan Secara Alami pada Balok Beton Bertulang Terhadap Kuat Lentur dan Geser. *Jurnal Konstruksi*, *20*(2), 299–310. https://doi.org/10.33364/konstruksi/v.20-2.1213
11. Priastiwi, ST. MT., Y. A., Wibowo, H., Puwanto, P., Hidayat, A., Ulayya, I., & Carita, N. (2024). The influence of Sea Water on Compressive Strength, Permeability, and Geopolymer Concrete Microstructure with Fly ash and White Soil as a Substitute for Cement. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, *30*(1), 65–74. https://doi.org/10.14710/mkts.v30i1.63604
12. Putera, B. H., & Prasetyo, P. E. (2024). *Pengaruh Glass Fiber Reinforced Polymer (GFRP) Terhadap Kuat Lentur Beton*. *8*, 6–16.
13. Rajiman. (2022). *Agregat beton:Substitusi Pasir Besi dalam Agregat Halus dengan Agregat Kasar Batu Basalt Scoria*.
14. Ramosta, B. (2023). *kolom + (Plus-shaped column) dan kolom persegi untuk tiap luasan, semakin besar. Semakin besar rasio tulangan maka selisih nilai P*. *15*(2), 154–163.
15. Rusnani, Enita, Tukidi, & Haryanto, E. (2022). Journal of scientech research and development. *Journal of Scientech Research and Development*, *3*(1), 24–32. https://idm.or.id/JSCR/index.php/JSCR/article/view/14