Journal of Innovative and Creativity
Journal Homepage: https://joecy.org/index.php/joecy
e-mail: journaljoecy@gmail.com

Faculty of Education
University of Pahlawan Tuanku Tambusai
ISSN 2775-771X (Online)
ISSN 2962-570X (Printed)
6 (1) 2026, Page: 3758-3764

Analisis Jenis, Penyebab, dan Penanganan Defect Beton pada Struktur Bangunan Gedung

Sherly Nuari[1], Rico Trisno[2]
[1,2]Program Studi Pendidikan Profesi Insinyur, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang, Indonesia
Corresponding Author: Sherly Nuari, e-mail: sherlynuari@gmail.com

Published: Januari, 2026

ABSTRAK

Pekerjaan struktur beton pada proyek gedung masih rentan mengalami berbagai jenis *defect* yang berpotensi menurunkan mutu, durabilitas, dan kinerja struktur apabila tidak ditangani secara tepat. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi jenis *defect* beton yang terjadi pada struktur gedung, menganalisis faktor penyebabnya, serta mengevaluasi dampak dan metode penanganan yang diterapkan di lapangan. Penelitian menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif dengan metode studi kasus pada empat proyek gedung. Pengumpulan data dilakukan melalui observasi lapangan, dokumentasi visual, pengukuran, dan wawancara teknis dengan tim proyek. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *defect* beton yang dominan meliputi retak, keropos, *honeycomb*, *overpouring*, geripis, sambungan plin tidak rata, dan sisa material. Penyebab utama *defect* berasal dari ketidaksesuaian pelaksanaan pekerjaan, khususnya pada tahap pemadatan beton, pemasangan bekisting, proses curing, dan pengawasan mutu. Dampak *defect* tidak hanya memengaruhi kualitas visual bangunan, tetapi juga berpotensi menurunkan durabilitas dan kinerja struktur. Metode perbaikan seperti *patching*, *grouting*, dan *injection* terbukti efektif dalam mengatasi *defect* sesuai karakteristiknya, namun memerlukan tambahan biaya dan waktu pelaksanaan. Penelitian ini menegaskan bahwa pencegahan melalui peningkatan kualitas pelaksanaan dan pengendalian mutu merupakan strategi paling efektif dalam meminimalkan terjadinya *defect* beton pada proyek gedung.

Kata Kunci: Defect Beton, Struktur Beton, Mutu Konstruksi, Proyek Gedung, Pengendalian Mutu

© The Author(s). 2021 Open Access This article is licensed under a Creative Commons Atibution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. To view a copy of this licence, visit http://creativecommons.org/licenses/by/4.0

PENDAHULUAN

Beton merupakan material utama yang paling luas digunakan dalam konstruksi bangunan gedung karena memiliki kekuatan tekan yang tinggi, daya tahan yang baik terhadap lingkungan, serta fleksibilitas dalam pembentukan elemen struktural (Nurhadi, 2025). Keandalan struktur beton tidak hanya ditentukan oleh perencanaan dan perhitungan struktur, tetapi sangat dipengaruhi oleh mutu pelaksanaan pekerjaan di lapangan, mulai dari tahap persiapan material, pengecoran, pemadatan, hingga perawatan beton (curing) (Arman et al., 2025; Supriani & Islam, 2019). Ketidaksesuaian pada salah satu tahapan tersebut berpotensi menimbulkan ketidaksempurnaan atau *defect* pada elemen struktur beton.

Standar nasional maupun internasional, seperti SNI 2847:2019 dan ACI 318, menegaskan bahwa kinerja dan umur layan struktur beton sangat bergantung pada mutu material dan ketepatan metode pelaksanaan (Habirun, 2023; Permata, 2025). Namun demikian, dalam praktik konstruksi di lapangan, berbagai kendala teknis dan non-teknis masih sering terjadi. Kendala tersebut antara lain keterbatasan pengawasan, kualitas bekisting yang kurang memadai, kesalahan metode pengecoran, pemadatan yang tidak optimal, serta proses curing yang tidak dilakukan sesuai prosedur. Kondisi ini menyebabkan munculnya berbagai jenis *defect* beton yang dapat diamati setelah pembongkaran bekisting.

Beberapa *defect* beton yang umum dijumpai pada proyek gedung meliputi retak (*crack*), keropos, *honeycomb* atau beton berpori, *overpouring* atau perubahan deformasi, geripis pada permukaan beton, sambungan plin yang tidak rata, serta adanya sisa material yang menempel pada permukaan beton

(Saputra et al., 2014). Secara visual, *defect* tersebut menurunkan kualitas estetika bangunan. Lebih jauh, apabila *defect* terjadi pada elemen struktural utama dan tidak ditangani dengan tepat, kondisi tersebut berpotensi menurunkan durabilitas, mempercepat terjadinya korosi tulangan (Angst, 2018; Habibie et al., 2023), dan pada kasus tertentu dapat memengaruhi kinerja struktural bangunan.

Hasil inspeksi mutu pada beberapa proyek gedung menunjukkan bahwa *defect* beton tidak hanya bersifat sporadis, tetapi cenderung berulang dengan pola penyebab yang relatif serupa (Gunawan et al., 2005; Harisantoso & Azizul Hakim, 2021; Yunita & Sutandi, 2024). Hal ini mengindikasikan perlunya kajian yang lebih sistematis mengenai hubungan antara jenis *defect*, penyebab terjadinya, dampak yang ditimbulkan, serta metode penanganan yang tepat berdasarkan karakteristik *defect* tersebut. Kajian semacam ini penting sebagai dasar pengambilan keputusan teknis di lapangan dan sebagai referensi peningkatan mutu pelaksanaan pekerjaan beton pada proyek sejenis.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi jenis-jenis *defect* beton yang terjadi pada struktur bangunan gedung, menganalisis faktor-faktor penyebabnya berdasarkan kondisi pelaksanaan di lapangan, serta mengevaluasi dampak dan metode penanganan yang diterapkan. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi praktis bagi pelaksana proyek, tim *quality control*, dan praktisi konstruksi dalam upaya meminimalkan terjadinya *defect* beton serta meningkatkan mutu dan keberlanjutan struktur beton pada proyek gedung.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif dengan metode studi kasus pada beberapa proyek gedung. Pendekatan ini dipilih karena penelitian bertujuan untuk menggambarkan secara sistematis kondisi nyata *defect* beton yang terjadi di lapangan, menganalisis penyebabnya, serta mengevaluasi metode penanganan yang diterapkan tanpa melakukan pengujian laboratorium atau perhitungan struktural secara mendalam. Objek penelitian adalah elemen struktur beton pada proyek bangunan gedung yang telah melalui tahap pengecoran dan pembongkaran bekisting. Elemen struktur yang diamati meliputi kolom, balok, pelat lantai, dan tangga. Penelitian dilakukan pada empat proyek gedung, yaitu proyek pembangunan gedung perkantoran, rumah susun, dan fasilitas kesehatan yang berada pada wilayah Papua Selatan dan Papua Barat Daya. Pada saat inspeksi dilakukan, progres pekerjaan struktur berada pada kisaran 60–70%, sehingga kondisi permukaan beton masih dapat diamati secara jelas sebelum tertutup oleh pekerjaan arsitektural.

Jenis *defect* beton yang dikaji dalam penelitian ini meliputi retak (*crack*), keropos, *honeycomb* atau beton berpori, *overpouring* atau perubahan deformasi, geripis, sambungan plin tidak rata, serta sisa material pada permukaan beton. Kriteria *defect* ditentukan berdasarkan pengamatan visual, pengukuran dimensi, serta acuan standar teknis yang berlaku, seperti toleransi lebar retak berdasarkan ACI Committee 224R dan toleransi dimensi elemen struktur sesuai SNI. Sebagai contoh, lebar retak diukur menggunakan *crack scale*, dengan batas toleransi sebesar 0,3 mm untuk struktur dengan kondisi kelembapan sedang dan tanpa pengaruh korosi. Ringkasan jenis *defect* dan kriteria pengamatannya disajikan secara konseptual dalam Tabel 1, yang mengelompokkan *defect* berdasarkan karakteristik visual dan dampak potensial terhadap mutu struktur.

Pengumpulan data dilakukan melalui beberapa teknik yang saling melengkapi, yaitu observasi lapangan, dokumentasi, pengukuran, dan wawancara teknis. Observasi lapangan dilakukan secara langsung pada elemen struktur beton untuk mengidentifikasi keberadaan *defect* dan menilai kondisi permukaan serta kesesuaian dimensi. Setiap *defect* yang ditemukan didokumentasikan dalam bentuk foto dan dicatat lokasi serta jenisnya. Pengukuran dilakukan untuk *defect* yang berkaitan dengan dimensi dan retak, menggunakan alat ukur seperti meteran, *waterpass*, dan *crack scale*. Selain itu, wawancara semi-terstruktur dilakukan dengan pihak-pihak yang terlibat langsung dalam pelaksanaan proyek, seperti *quality control*, *site engineer*, dan pelaksana lapangan. Wawancara ini bertujuan untuk memperoleh informasi pendukung mengenai metode pengecoran, kondisi bekisting, nilai slump beton, serta proses curing yang diterapkan.

Data yang telah dikumpulkan dianalisis secara deskriptif dengan tahapan sebagai berikut: (1) mengklasifikasikan *defect* berdasarkan jenisnya, (2) menganalisis faktor penyebab *defect* berdasarkan hasil observasi dan informasi teknis dari lapangan, (3) mengevaluasi dampak *defect* terhadap mutu, durabilitas, dan estetika struktur, serta (4) mengkaji metode penanganan yang diterapkan dengan mengacu pada standar dan panduan teknis seperti SNI dan ACI. Hasil analisis disajikan dalam bentuk

uraian naratif yang didukung oleh tabel dan ilustrasi konseptual. Misalnya, Tabel 1 menyajikan rekapitulasi hubungan antara jenis *defect*, penyebab, dampak, dan metode penanganannya, sedangkan ilustrasi lapangan digunakan untuk memperjelas karakteristik masing-masing *defect* beton yang ditemukan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambaran Umum Temuan Defect Beton

Hasil observasi lapangan pada empat proyek gedung menunjukkan bahwa pekerjaan struktur beton masih menghadapi berbagai permasalahan mutu yang ditandai dengan munculnya *defect* pada elemen struktural utama, yaitu kolom, balok, pelat lantai, dan tangga. Jenis *defect* yang teridentifikasi meliputi retak (*crack*), keropos, *honeycomb* atau beton berpori, *overpouring* atau perubahan deformasi, geripis pada permukaan beton, sambungan plin yang tidak rata, serta sisa material yang menempel pada permukaan beton. Dokumentasi visual lapangan yang ditampilkan pada Gambar 1 dan 2 menunjukkan bahwa *defect* tersebut umumnya teridentifikasi setelah pembongkaran bekisting, ketika kondisi permukaan beton dapat diamati secara langsung. Pola kemunculan *defect* cenderung berulang pada area tertentu, terutama pada sudut kolom, pertemuan balok–kolom, area tangga, serta pelat lantai dengan luas permukaan terbuka yang besar. Temuan ini mengindikasikan bahwa *defect* beton tidak terjadi secara acak, melainkan berkaitan erat dengan metode pelaksanaan pekerjaan beton di lapangan.



Gambar 1. *Defect* Beton *Overpouring* dan Sambungan Tidak Rata



Gambar 2. *Defect* Geripis pada Beton dan *Defect* Sisa Material pada Beton

Distribusi Defect pada Elemen Struktur

Berdasarkan hasil observasi lapangan, *defect* beton ditemukan pada seluruh elemen struktur utama dengan karakteristik yang berbeda-beda. Keropos dan *honeycomb* lebih dominan ditemukan pada kolom dan balok, sedangkan retak lebih sering terjadi pada pelat lantai. Sementara itu, *overpouring*,

geripis, sambungan plin tidak rata, dan sisa material tersebar pada berbagai elemen struktur, terutama pada area dengan tingkat ketelitian pekerjaan yang rendah. Perbedaan distribusi *defect* ini berkaitan dengan karakteristik masing-masing elemen struktur. Pelat lantai yang memiliki permukaan terbuka luas lebih rentan mengalami retak akibat penyusutan beton dan proses *curing* yang tidak optimal. Sebaliknya, kolom dan balok memiliki kepadatan tulangan yang lebih tinggi, sehingga membutuhkan metode pemadatan beton yang lebih cermat untuk mencegah terbentuknya keropos dan *honeycomb*. Temuan ini sejalan dengan prinsip pelaksanaan beton bertulang yang menekankan pentingnya penyesuaian metode kerja terhadap karakteristik elemen struktur (Kalantari & Kianoush, 2024; Pratama & Walujodjati, 2023; Strukova et al., 2025).

Analisis Penyebab Defect Beton

Analisis penyebab *defect* menunjukkan bahwa faktor dominan berasal dari tahap pelaksanaan pekerjaan beton di lapangan. Retak pada beton umumnya disebabkan oleh penyusutan beton (*shrinkage*), proses *curing* yang tidak konsisten, serta adanya pembebanan awal sebelum beton mencapai kuat tekan rencana. Pada beberapa kasus, perbedaan temperatur lingkungan juga berkontribusi terhadap timbulnya retak, khususnya pada pelat lantai. Keropos dan *honeycomb* terutama disebabkan oleh pemadatan beton yang tidak optimal, penggunaan vibrator yang kurang efektif, serta kebocoran bekisting yang menyebabkan mortar keluar saat pengecoran. Kondisi ini ditunjukkan secara visual pada Gambar 3 dan 4, di mana *defect* banyak ditemukan pada sudut elemen dan area dengan akses pemadatan terbatas. Selain itu, penuangan beton dari ketinggian berlebih dan terjadinya segregasi material turut meningkatkan risiko terbentuknya *honeycomb*. *Defect overpouring* dan perubahan deformasi bentuk beton berkaitan erat dengan kualitas dan ketepatan pemasangan bekisting. Bekisting yang tidak cukup kaku atau tidak presisi mengalami deformasi akibat tekanan beton segar, sehingga dimensi elemen yang tercetak tidak sesuai dengan gambar kerja. Sementara itu, geripis pada permukaan beton, sambungan plin yang tidak rata, serta sisa material lebih banyak disebabkan oleh kurangnya kebersihan bekisting, penggunaan *release agent* yang tidak merata, dan lemahnya pengawasan mutu sebelum pengecoran dilakukan.



Gambar 3. *Honeycomb* / Beton Berpori



Gambar 4. Keropos pada Beton

Dampak Defect Beton terhadap Mutu dan Kinerja Struktur

Dampak *defect* beton terhadap mutu dan kinerja struktur bervariasi tergantung pada jenis dan tingkat keparahannya. Retak dengan lebar di bawah batas toleransi umumnya tidak memengaruhi kapasitas struktur secara langsung, namun berpotensi menurunkan durabilitas beton karena menjadi jalur masuk air dan zat agresif yang dapat mempercepat proses korosi tulangan. Evaluasi lebar retak dalam penelitian ini mengacu pada kriteria toleransi yang ditunjukkan pada Gambar 5. Retak dengan lebar melebihi batas toleransi memerlukan penanganan khusus karena berpotensi memengaruhi kinerja struktural dan umur layanan bangunan. Keropos dan *honeycomb* memberikan dampak yang lebih serius karena mengurangi kepadatan beton dan luas penampang efektif elemen struktur, sehingga meningkatkan risiko degradasi beton dan penurunan kekuatan jangka panjang. Sementara itu, *overpouring* dan sambungan plin yang tidak rata lebih dominan berdampak pada aspek geometrik dan konstruktabilitas. *Defect* tersebut dapat mengganggu pemasangan elemen lanjutan serta meningkatkan kebutuhan pekerjaan perbaikan. Dari sudut pandang manajemen proyek, keberadaan *defect* beton menyebabkan tambahan biaya dan waktu pelaksanaan akibat pekerjaan perbaikan (*repair*), serta menurunkan kualitas estetika bangunan, terutama pada elemen beton yang terekspos.



Gambar 5. *Crack Scale*

Evaluasi Metode Penanganan Defect Beton

Evaluasi terhadap metode penanganan menunjukkan bahwa pendekatan perbaikan yang diterapkan di lapangan telah disesuaikan dengan jenis dan tingkat keparahan *defect*. Retak ringan umumnya ditangani dengan metode *patching* atau *sealing*, sedangkan retak struktural ditangani menggunakan metode *injection* atau *pressure grouting*. Keropos dan *honeycomb* diperbaiki melalui kombinasi metode *chipping*, *patching*, dan *grouting* menggunakan material *non-shrink*. Ringkasan hubungan antara jenis *defect*, faktor penyebab, dampak terhadap mutu dan kinerja struktur, serta metode penanganan dan pencegahannya disajikan dalam Tabel 1. Tabel tersebut menunjukkan bahwa meskipun metode perbaikan mampu mengembalikan fungsi dan tampilan struktur, langkah pencegahan melalui peningkatan kualitas pelaksanaan pekerjaan dan pengawasan mutu tetap menjadi faktor paling efektif dalam meminimalkan terjadinya *defect* beton pada proyek gedung.

Tabel 1. Rekapitulasi Jenis Defect, Penyebab, Dampak, dan Metode Penanganan

Jenis *Defect*	Penyebab	Dampak	Metode Penanganan	Pencegahan
Retak (*Crack*)	Penyusutan beton, *curing* tidak optimal, beban awal, perubahan temperatur	Menurunkan durabilitas, potensi korosi tulangan, penurunan kapasitas struktur	*Patching*/*sealing* (<0,3 mm), *injection*/*grouting* (>0,3 mm)	Curing sesuai SOP, kontrol beban awal
Keropos	Pemadatan tidak optimal, bekisting bocor, akses pengecoran terbatas	Beton tidak padat, penurunan kekuatan, potensi korosi tulangan jika terekspose	*Patching* atau *grouting*/*injection*	Pemadatan merata, bekisting rapat
Honeycomb / Berpori	Pemadatan kurang, segregasi, bekisting tidak rapat, tinggi jatuh beton berlebih	Penurunan kapasitas struktur dan durabilitas, potensi korosi tulangan jika terekspose	*Chipping & patching, injection* bila perlu	Kontrol penuangan beton dan vibrator
Overpouring / Deformasi	Bekisting tidak kuat, pemasangan tidak presisi	Dimensi tidak sesuai rencana, pemborosan material, gangguan pemasangan elemen lain	*Chipping & patching*	Pemeriksaan kekuatan bekisting & elevasi
Geripis	Bekisting kotor/kasar, tidak kuat, *release agent* tidak merata	Menurunkan kualitas visual dan *finishing*	*Chipping & patching*	Bekisting bersih, *release agent* merata
Sambungan plin / tidak rata	Bekisting tidak presisi, kontrol pengecoran kurang	Gangguan estetika dan menghambat pekerjaan arsitektural	*Chipping & patching*	Pengukuran dan Pemeriksaan kekuatan bekisting
Sisa material	Bekisting tidak dibersihkan, *housekeeping* buruk	Gangguan estetika dan menghambat pekerjaan selanjutnya, penurunan kapasitas struktur	*Chipping & patching*	*Housekeeping* dan pengawasan

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa pekerjaan struktur beton pada proyek gedung masih rentan terhadap berbagai jenis *defect*, terutama retak, keropos, *honeycomb*, *overpouring*, geripis, sambungan plin tidak rata, dan sisa material. *Defect* tersebut sebagian besar disebabkan oleh ketidaksesuaian metode pelaksanaan di lapangan, khususnya pada aspek pemadatan beton, pemasangan bekisting, proses curing, dan pengawasan mutu. Keberadaan *defect* beton tidak hanya menurunkan kualitas visual bangunan, tetapi juga berpotensi memengaruhi durabilitas dan kinerja struktur apabila tidak ditangani secara tepat. Metode perbaikan yang diterapkan terbukti efektif untuk mengatasi *defect* sesuai karakteristiknya, namun tetap menimbulkan konsekuensi tambahan berupa biaya dan waktu pelaksanaan. Hasil penelitian ini memiliki implikasi praktis yang kuat bagi pelaksanaan proyek konstruksi gedung. Temuan penelitian menegaskan pentingnya pengendalian mutu yang ketat pada setiap tahapan pekerjaan beton, mulai dari persiapan bekisting hingga curing. Selain itu, penelitian ini dapat menjadi referensi bagi tim *quality control* dan praktisi konstruksi dalam mengidentifikasi *defect* secara dini serta menentukan metode penanganan yang sesuai dengan standar teknis yang berlaku.

Penelitian ini memiliki keterbatasan karena bersifat deskriptif dan tidak disertai dengan pengujian laboratorium untuk mengevaluasi kuat tekan beton setelah perbaikan. Selain itu, penelitian tidak melakukan analisis numerik terhadap pengaruh *defect* terhadap kapasitas struktural elemen beton. Objek penelitian juga terbatas pada proyek gedung dengan karakteristik tertentu, sehingga hasil penelitian belum tentu sepenuhnya mewakili kondisi proyek konstruksi lainnya. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengombinasikan studi lapangan dengan pengujian laboratorium dan analisis struktural guna memperoleh pemahaman yang lebih komprehensif mengenai dampak *defect* beton terhadap kinerja struktur. Selain itu, penerapan sistem inspeksi mutu yang lebih terstandarisasi, peningkatan pelatihan tenaga kerja lapangan, serta penguatan peran *quality control* perlu dilakukan untuk mencegah terulangnya *defect* serupa pada proyek konstruksi gedung di masa mendatang.

DAFTAR PUSTAKA

Angst, U. M. (2018). Challenges and opportunities in corrosion of steel in concrete. *Materials and Structures*, *51*(1), 4. https://doi.org/10.1617/s11527-017-1131-6

Arman, U. D., Sari, A., & Chairi, M. (2025). Prosedur Pengendalian Mutu Struktur Beton Teknologi Precast Pembangunan Rumah Susun Sumatera Barat. *Jurnal Rivet*, *4*(02), 66–72. https://doi.org/10.47233/rivet.v4i02.1789

Gunawan, K., Munaf, D. R., & Siahaan, F. T. (2005). Mekanisme Perawatan Dan Perbaikan Struktur Beton Bertulang Dengan Pendayagunaan Abu Terbang. *Jurnal Inovisi*, *4*(2), 77–90.

Habibie, M., Hasan, M., & Fonna, S. (2023). Efek Korosi Baja Tulangan Terhadap Kinerja Struktur Tipikal Pertokoan di Banda Aceh. *Al Qalam: Jurnal Ilmiah Keagamaan Dan Kemasyarakatan*, *17*(4), 2240–2252. https://doi.org/10.35931/aq.v17i4.2364

Habirun, A. N. (2023). Studi Ketahanan Elemen Struktur Kolom Gedung Perkantoran Dengan Usia Layan 40 Tahun. *Rang Teknik Journal*, *6*(1), 196–200. https://doi.org/10.31869/rtj.v6i1.3930

Harisantoso, B., & Azizul Hakim, E. (2021). Kegagalan Pencapaian Mutu Beton Akibat Tidak Maksimalnya Metode Pelaksanaan. *Seminar Keinsinyuran Program Studi Program Profesi Insinyur*, *1*(2), 651–657. https://doi.org/10.22219/skpsppi.v2i1.4370

Kalantari, S. M., & Kianoush, M. R. (2024). Advances and applications of the strut-and-tie method in reinforced concrete design: A state-of-the-art review. *Structures*, *69*, 107327. https://doi.org/10.1016/j.istruc.2024.107327

Nurhadi, A. (2025). Analisis Kekuatan Struktur Beton Bertulang Menggunakan Material Tambahan Abu Terbang (Fly Ash). *Journal of Engineering and Technological Science*, *1*(1), 24–32.

Permata, S. (2025). Evaluasi Lendutan Balok Beton Bertulang Dengan Pendekatan Matematis: Penerapan Teori Euler–Bernoulli terhadap Batas Kemampuan Layan. *Jurnal Ilmiah Poli Rekayasa*, *20*(2), 67–74. https://doi.org/10.30630/jipr.20.2.392

Pratama, R., & Walujodjati, E. (2023). Evaluasi Perilaku Struktur Gedung Beton Bertulang dengan Metode Elemen Hingga Proyek Pembangunan Banten Islamic Center. *Jurnal Konstruksi*, *21*(2), 187–195.

Saputra, A. G., Taran, R., Sudjarwo, P., & Buntoro, J. (2014). Identifikasi Penyebab Kerusakan Pada Beton Dan Pencegahannya. *Jurnal Dimensi Pratama Teknik Sipil*, *3*(2), 1–7.

Strukova, Z., Kozlovska, M., & Tazikova, A. (2025). Improvement of Concrete Construction Work Performance Through Employment of Lean Logistics Principles. *Engineering Reports*, *7*(1), 1–14. https://doi.org/10.1002/eng2.13067

Supriani, F., & Islam, M. (2019). Pengaruh Metode Perlakuan dalam Perawatan Beton terhadap Kuat Tekan dan Durabilitas Beton. *Inersia, Jurnal Teknik Sipil*, *9*(2), 47–54. https://doi.org/10.33369/ijts.9.2.47-54

Yunita, T., & Sutandi, A. (2024). Penyebab Kegagalan Konstruksi Beton (Studi Kasus: Proyek Konstruksi X di Jakarta Selatan. *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, *7*(2), 393–414. https://doi.org/10.24912/jmts.v7i2.25035