

Penilaian Visual & Keretakan pada Struktur Beton Bertulang (Checkpoint Pertamina Ru Vi Balongan)

Tia Setia Ningsih^{1*}, Lutfi Marantika², Sumarman³

^{1,2,3}Universitas Swadaya Gunung Jati, Cirebon, Indonesia

Corresponding Author's e-mail: tianingsih212@gmail.com

ARMADA
JURNAL PENELITIAN MULTIDISIPLIN

e-ISSN: 2964-2981

ARMADA : Jurnal Penelitian Multidisiplin

<https://ejournal.45mataram.ac.id/index.php/armada>

Vol. 04, No. 07 Juli, 2026

Page: 2840-2849

DOI:

<https://doi.org/10.55681/armada.v4i7.3098>

Article History:

Received: Mei 13, 2026

Revised: Juni 08, 2026

Accepted: Juli 18, 2026

Abstract: Rigid pavement in areas subjected to high traffic loads is vulnerable to cracking, which may reduce concrete quality during its service life. This study aims to evaluate cracking conditions and concrete quality based on compressive strength and hammer tests, as well as to analyse the relationship between the two methods. A quantitative descriptive method was employed through visual inspection, analysis of 2023 compressive strength test data, and hammer testing conducted in 2026 at eight points across four zones in the heavy-vehicle parking area of the Pertamina RU VI Balongan Checkpoint, Indramayu Regency. The hammer test results indicated compressive strengths ranging from 22.0 to 36.2 MPa, equivalent to concrete grades K-224.33 to K-369.13. Only points A2, C1, and C2 met or exceeded the specified K-300 grade. Zone D was the most critical, with the lowest concrete quality and highest cracking level. The two methods showed a positive but weak relationship, with $R^2 = 0.2219$. Therefore, hammer testing should be used for preliminary evaluation alongside visual inspection and compressive strength data.

Keywords : Rigid Pavement; Schmidt Hammer Test; Concrete Compressive Strength; Concrete Cracking; Structural Evaluation

Abstrak: Perkerasan kaku pada area dengan beban lalu lintas tinggi rentan mengalami keretakan yang dapat menurunkan mutu beton selama masa pelayanan. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi kondisi keretakan, mutu beton berdasarkan uji kuat tekan dan *hammer test*, serta hubungan antara kedua metode tersebut. Metode yang digunakan adalah deskriptif kuantitatif melalui inspeksi visual, analisis data uji kuat tekan beton tahun 2023, dan *hammer test* tahun 2026 pada delapan titik di empat zona area parkir kendaraan berat Checkpoint Pertamina RU VI Balongan, Kabupaten Indramayu. Hasil penelitian menunjukkan kuat tekan hasil *hammer test* sebesar 22,0–36,2 MPa atau setara K-224,33 hingga K-369,13. Hanya titik A2, C1, dan C2 yang memenuhi atau melampaui mutu rencana K-300, sedangkan titik lainnya berada di bawah standar. Zona D merupakan area paling kritis dengan mutu beton terendah dan tingkat keretakan tertinggi. Hubungan kedua hasil pengujian bersifat positif tetapi lemah dengan $R^2 = 0,2219$. *Hammer test* sesuai digunakan sebagai evaluasi awal dan perlu dipadukan dengan inspeksi visual serta uji kuat tekan.

Kata Kunci : Perkerasan Kaku, *Hammer Test*, Kuat Tekan Beton, Keretakan Beton, Evaluasi Struktur

PENDAHULUAN

Beton bertulang merupakan material konstruksi yang широко digunakan dalam teknik sipil karena memiliki kuat tekan yang tinggi, durabilitas yang baik, serta kemampuan menahan beban layanan pada berbagai jenis struktur. Pada konstruksi jalan, khususnya perkerasan kaku (*rigid pavement*), pelat beton berperan dalam mendistribusikan beban lalu lintas ke lapisan di bawahnya secara lebih merata, sehingga stabilitas struktur dapat terjaga selama masa layan (Prasetya *et al.* 2024; Yudoprasetyo *et al.* 2024). Salah satu permasalahan yang umum terjadi pada perkerasan beton adalah keretakan. Keretakan ini dapat disebabkan oleh berbagai faktor, antara lain susut beton, perubahan temperatur, beban lalu lintas, serta kualitas material dan pelaksanaan konstruksi. Apabila tidak terkendali, retak dapat menjadi jalur masuk air dan zat agresif ke dalam beton, yang pada akhirnya mempercepat penurunan durabilitas dan kinerja struktur dalam jangka panjang (Nguyen 2024; Li, Dabarera, and Dao 2023).

Secara mekanis, keretakan terjadi ketika tegangan tarik yang timbul melebihi kapasitas tarik beton yang relatif rendah. Kondisi ini dapat dipicu oleh penyusutan (*shrinkage*), perubahan temperatur, maupun pembebanan berulang yang menyebabkan kelelahan (*fatigue*) pada beton. Selain itu, variasi temperatur dan kondisi regangan terkekang juga turut meningkatkan risiko terjadinya retak pada beton bertulang (Mahfuda, Siswosukarto, and Suhendro 2023). Penilaian kondisi beton umumnya diawali dengan inspeksi visual untuk mengidentifikasi jenis, pola, dan sebaran retakan. Namun, pendekatan ini belum cukup untuk menggambarkan kondisi struktural secara menyeluruh. Oleh karena itu, diperlukan pengujian material sebagai pelengkap. Salah satu metode yang sering digunakan adalah *non-destructive test* (NDT) dengan *hammer test*, yang dapat memberikan estimasi kuat tekan beton secara cepat tanpa merusak elemen struktur (Ma, Yasin, and Faizien 2022) (Prasetya *et al.* 2024).

Nilai *rebound number* yang diperoleh dari *hammer test* memiliki hubungan empiris dengan kuat tekan beton, sehingga dapat dimanfaatkan untuk memperkirakan mutu beton eksisting di lapangan (Sipil *et al.* 2025), (Tunc 2025). Metode ini juga sering digunakan sebagai langkah awal dalam evaluasi kondisi struktur sebelum dilakukan pengujian lanjutan (Prasetya *et al.* 2024). Objek penelitian ini adalah pelat beton pada perkerasan kaku yang difungsikan sebagai area parkir kendaraan berat di Checkpoint Pertamina RU VI Balongan, Kabupaten Indramayu. Berdasarkan pengamatan awal, ditemukan beberapa jenis keretakan, seperti *hairline crack*, *shrinkage crack*, *random crack*, dan *branch crack*, tanpa indikasi kerusakan struktural seperti *spalling* atau penurunan pelat. Berbagai penelitian sebelumnya telah mengkaji penyebab keretakan beton serta pemanfaatan *hammer test* sebagai metode *non-destructive test* untuk memperkirakan kuat tekan beton. Namun demikian, penelitian-penelitian tersebut umumnya masih membahas kedua aspek tersebut secara terpisah. Kajian yang mengintegrasikan hasil inspeksi visual terhadap jenis dan pola keretakan dengan hasil pengujian *hammer test* untuk mengevaluasi kondisi mutu beton pada perkerasan kaku eksisting masih relatif terbatas. Selain itu, penelitian pada area parkir kendaraan berat di kawasan industri dengan karakteristik pembebanan tinggi juga belum banyak dilaporkan. Oleh karena itu, masih terdapat kebutuhan penelitian yang mampu menghubungkan kondisi keretakan dengan mutu beton secara komprehensif sebagai dasar evaluasi kinerja dan penentuan strategi pemeliharaan perkerasan beton.

Kebaruan penelitian ini terletak pada pendekatan evaluasi kondisi perkerasan kaku melalui integrasi antara inspeksi visual terhadap karakteristik keretakan dan pengujian *hammer test* untuk menilai mutu beton eksisting secara *non-destruktif*. Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang umumnya hanya mengevaluasi mutu beton atau kondisi retak secara terpisah, penelitian ini menganalisis keterkaitan antara jenis keretakan yang terjadi dengan hasil estimasi kuat tekan beton pada pelat perkerasan kaku yang beroperasi sebagai area parkir kendaraan berat di lingkungan industri. Pendekatan tersebut diharapkan dapat memberikan metode evaluasi yang lebih komprehensif dalam mendukung penilaian kondisi struktur dan penyusunan strategi

pemeliharaan perkerasan beton. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi hubungan antara kondisi keretakan dengan mutu beton pada perkerasan kaku melalui kombinasi inspeksi visual dan pengujian *hammer test*. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan gambaran kondisi aktual struktur beton, serta menjadi dasar dalam penilaian kinerja dan perencanaan pemeliharaan perkerasan beton di lapangan.

TINJAUAN PUSTAKA

Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Perkerasan kaku (*rigid pavement*) merupakan jenis perkerasan jalan yang menggunakan beton semen sebagai lapisan utama dalam menahan beban lalu lintas. Struktur ini memiliki kekakuan yang tinggi sehingga mampu mendistribusikan beban secara lebih merata ke tanah dasar. Kinerja perkerasan kaku dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti mutu beton, ketebalan pelat, kondisi lingkungan, serta intensitas beban lalu lintas yang bekerja pada struktur tersebut (Prasetya *et al.* 2024) (Yudoprasetyo *et al.* 2024). Kinerja perkerasan kaku dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain mutu beton, ketebalan pelat, kualitas lapisan pondasi (*base course*), kondisi tanah dasar (*subgrade*), serta pengaruh temperatur lingkungan. Variasi temperatur dapat menyebabkan terjadinya *warping* dan *curling* pada pelat beton sehingga meningkatkan tegangan tarik yang berpotensi memicu keretakan apabila melebihi kapasitas beton (Mahfuda *et al.*, 2023). Selain itu, mutu beton yang baik menjadi salah satu faktor utama dalam menjaga kemampuan struktur menahan beban selama masa pelayanan (Triyulianti *et al.* 2025).

Beton Bertulang dan Mutu Beton

Beton bertulang merupakan material komposit yang menggabungkan beton dan baja tulangan sehingga mampu menahan gaya tekan maupun gaya tarik secara bersamaan. Beton memiliki kuat tekan yang tinggi tetapi kuat tarik yang relatif rendah, sehingga baja tulangan diperlukan untuk meningkatkan kapasitas struktur terhadap beban tarik maupun lentur (Teknologi, Maksimum, and Lentur 2025; Wahid *et al.* 2025). Mutu beton umumnya dinyatakan berdasarkan nilai kuat tekan hasil pengujian menggunakan Compression Testing Machine (CTM) pada benda uji silinder. Nilai kuat tekan tersebut menjadi indikator utama dalam menentukan apakah beton telah memenuhi mutu rencana yang ditetapkan. Karakteristik mekanik beton dipengaruhi oleh faktor air-semen, jenis agregat, metode pemadatan, proses curing, serta penggunaan bahan tambah (admixture) (Erliana *et al.* 2024).

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa penggunaan bahan tambah dapat meningkatkan performa mekanik beton. Penambahan serat baja pada beton Self Compacting Concrete (SCC) terbukti mampu meningkatkan kuat tekan, kuat tarik, dan kuat lentur apabila digunakan dalam proporsi yang sesuai (Penambahan, Baja, and Terhadap 2025). Penelitian lain juga menunjukkan bahwa penggunaan superplasticizer dapat meningkatkan workability sekaligus memperbaiki kapasitas lentur beton bertulang (Teknologi *et al.* 2023). Selain itu, penggunaan abu batu maupun limbah kaca sebagai bahan tambah juga dilaporkan mampu meningkatkan kepadatan dan kuat tekan beton pada komposisi tertentu (Teknologi *et al.* 2023) (Penambahan, Baja, and Terhadap 2025).

Keretakan Pada Beton

Keretakan merupakan salah satu bentuk kerusakan yang paling umum ditemukan (*shrinkage*), perubahan temperatur, pembebanan berulang (*fatigue*), serta ketidaksempurnaan dalam proses pelaksanaan konstruksi. Secara umum, retakan dapat diklasifikasikan menjadi beberapa jenis, seperti *hairline crack*, *shrinkage crack*, *random crack*, dan *branch crack* (Nguyen 2024; Li, Dabarera, and Dao 2023). Retakan yang bersifat non-struktural, seperti *hairline crack*, umumnya tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kekuatan beton. Namun, retakan yang berkembang lebih kompleks, seperti *random crack* dan *branch crack*, dapat mengindikasikan adanya penurunan kualitas beton, terutama jika dipengaruhi oleh beban dan kondisi lingkungan yang cukup berat (Mahfuda, Siswosukarto, and Suhendro 2023). Li, Dabarera, and Dao (2023) menjelaskan bahwa retak akan mulai berkembang apabila tegangan tarik akibat regangan yang tertahan telah melampaui kapasitas tarik beton. Apabila kondisi tersebut berlangsung secara terus-

menerus, retakan dapat berkembang menjadi jalur masuk air dan zat agresif yang mempercepat proses degradasi material beton.

Selain faktor material, korosi tulangan juga dapat mempercepat perkembangan retak pada beton bertulang. Korosi menyebabkan bertambahnya volume baja sehingga menimbulkan tekanan internal yang memicu retak memanjang pada selimut beton (Retak, Pola, and Balok 2023). Oleh karena itu, inspeksi visual menjadi tahapan awal yang penting dalam mengevaluasi kondisi struktur, baik untuk mengidentifikasi jenis retak maupun menentukan tingkat keparahan kerusakan (Thariq and Ziyad 2018). Perkembangan teknologi juga memungkinkan proses identifikasi retak dilakukan secara otomatis menggunakan metode *deep learning*. Pendekatan tersebut mampu meningkatkan efisiensi dan akurasi deteksi retak dibandingkan inspeksi manual, terutama pada struktur dengan area yang luas (Golding and Gharineiat 2022).

Inspeksi Visual Beton

Inspeksi visual merupakan tahap awal dalam evaluasi kondisi beton yang dilakukan dengan mengamati langsung permukaan struktur. Melalui metode ini, dapat diidentifikasi pola, lebar, dan distribusi retakan yang terjadi. Meskipun praktis dan cepat, inspeksi visual memiliki keterbatasan karena hanya menggambarkan kondisi permukaan dan belum mampu merepresentasikan kekuatan internal beton secara menyeluruh (Mahfuda, Siswosukarto, and Suhendro 2023).

Pengujian Non-Destructive Test (NDT) – Hammer Test

Metode Non-Destructive Test (NDT) digunakan untuk menilai kondisi beton tanpa merusak struktur. Salah satu metode yang umum digunakan adalah hammer test atau Schmidt hammer, yang bekerja berdasarkan prinsip pantulan (rebound) pada permukaan beton. Nilai rebound number yang diperoleh memiliki hubungan empiris dengan kuat tekan beton (Ma, Yasin, and Faizien 2022; Sipil et al. 2025). Akurasi hasil hammer test dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti karbonasi, kelembapan, umur beton, tekstur permukaan, serta jenis benda uji yang digunakan sebagai dasar kalibrasi (Prasetya et al. 2024). Oleh karena itu, beberapa penelitian mengembangkan grafik konversi baru agar estimasi kuat tekan menjadi lebih akurat, baik untuk benda uji kubus maupun silinder (Sipil et al. 2025). Penelitian lain menunjukkan bahwa hasil hammer test memiliki hubungan yang cukup baik dengan hasil uji kuat tekan beton apabila dilakukan sesuai prosedur dan dikombinasikan dengan metode evaluasi lainnya seperti Ultrasonic Pulse Velocity (UPV) (Hanif, Kurniawandy, and Yusa 2024) (Kairu et al. 2025). Selain itu, hubungan antara nilai pantul dan kuat tekan beton juga telah dikaji melalui pendekatan statistik sehingga meningkatkan keandalan interpretasi hasil pengujian (Tunc 2025). Pada praktik lapangan, hammer test sering digunakan bersama metode core drill sebagai bagian dari evaluasi kondisi struktur beton eksisting (Zulfikar and Zega n.d.).

Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton merupakan parameter utama dalam menentukan mutu beton. Nilai ini umumnya diperoleh melalui pengujian destruktif menggunakan Compression Testing Machine pada benda uji berbentuk silinder atau kubus. Dalam praktiknya, hasil hammer test sering dibandingkan dengan hasil uji tekan sebagai acuan untuk menilai tingkat akurasi metode non-destruktif dalam memperkirakan mutu beton di lapangan (Teknologi 2025).

Evaluasi Kondisi Struktur Beton

Evaluasi kondisi struktur beton sebaiknya tidak hanya didasarkan pada satu metode pengujian, tetapi dilakukan secara komprehensif melalui kombinasi inspeksi visual, pengujian non-destruktif, serta data hasil pengujian laboratorium. Pendekatan tersebut mampu memberikan gambaran kondisi aktual struktur yang lebih akurat sehingga keputusan pemeliharaan maupun perbaikan dapat dilakukan secara tepat (Yudoprasetyo et al. 2024). Apabila hasil evaluasi menunjukkan adanya penurunan mutu beton atau kerusakan lokal, tindakan perbaikan seperti injeksi epoksi (epoxy injection) maupun metode retrofitting dapat dipertimbangkan untuk mengembalikan kapasitas struktur dan memperpanjang umur layan beton (Haidir 2023). Selain itu, evaluasi berkala menggunakan hammer test juga dapat digunakan sebagai bagian dari program (H 2026).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif dengan pendekatan evaluatif untuk melihat hubungan antara kondisi keretakan dan mutu beton pada perkerasan kaku. Lokasi penelitian berada pada area parkir kendaraan berat di Checkpoint Pertamina RU VI Balongan, Kabupaten Indramayu, dengan luas segmen sekitar $60 \text{ m} \times 40 \text{ m}$. Objek yang ditinjau adalah pelat beton (rigid pavement) yang telah beroperasi kurang lebih selama tiga tahun. Pengumpulan data dilakukan dalam dua tahap. Tahap pertama berupa inspeksi visual untuk mengidentifikasi jenis, pola, dan sebaran retakan pada permukaan beton. Jenis retakan yang diamati meliputi hairline crack, shrinkage crack, random crack, dan branch crack. Tahap berikutnya adalah pengujian mutu beton menggunakan metode hammer test (Schmidt hammer). Pengujian dilakukan pada empat zona, dengan dua titik uji di setiap zona. Pada tiap titik, dilakukan 13 kali pukulan untuk memperoleh nilai rebound number yang lebih representatif. Nilai rata-rata yang diperoleh kemudian dikoreksi berdasarkan posisi pengujian, lalu dikonversi menjadi kuat tekan beton (f'_c) menggunakan grafik hubungan empiris. Data yang terkumpul dianalisis secara deskriptif dengan membandingkan nilai kuat tekan antarzona dan mengaitkannya dengan kondisi keretakan yang teridentifikasi. Dari analisis ini diharapkan terlihat kecenderungan hubungan antara tingkat keretakan dan mutu beton di lapangan.



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilaksanakan pada area parkir kendaraan berat di Checkpoint Pertamina RU VI Balongan, Kabupaten Indramayu, yang menggunakan konstruksi perkerasan kaku (*rigid pavement*). Area yang ditinjau memiliki luas sekitar $60 \text{ m} \times 40 \text{ m}$ dan telah beroperasi kurang lebih selama tiga tahun. Berdasarkan pengamatan lapangan, permukaan beton umumnya memiliki tekstur yang cukup kasar. Pada beberapa bagian, ditemukan berbagai jenis keretakan dengan sebaran yang tidak merata. Jenis retak yang teridentifikasi meliputi *hairline crack*, *shrinkage crack*, *random crack*, dan *branch crack*. Namun, selama pengamatan tidak ditemukan indikasi kerusakan struktural seperti *spalling* maupun penurunan pelat beton. Untuk mempermudah analisis, area penelitian dibagi menjadi empat zona pengamatan. Pembagian ini didasarkan pada perbedaan kondisi keretakan serta kemungkinan variasi distribusi beban yang bekerja. Masing-masing zona kemudian dianalisis melalui inspeksi visual dan pengujian *hammer test* guna melihat keterkaitan antara kondisi keretakan dan mutu beton.

Hasil Inspeksi Visual Keretakan

Tabel 1. Rekapitulasi Visual Inspeksi

No	Jenis Keretakan	Jumlah	Presentase (%)
1	Hairline Crack	6	30 %
2	Shrinkage Crack	3	15 %
3	Random Crack	5	25 %
4	Branch Crack	6	30 %
	Total	20	100 %

Berdasarkan hasil inspeksi visual pada seluruh zona penelitian, terlihat bahwa tingkat dan jenis keretakan pada permukaan beton bervariasi. Kondisi ini menunjukkan bahwa distribusi kerusakan tidak seragam dan memiliki karakteristik yang berbeda pada setiap zona. Pada Zona A, keretakan yang ditemukan relatif ringan dan didominasi oleh *hairline crack* serta *shrinkage crack*. Retakan yang muncul umumnya halus, dengan sebaran terbatas, sehingga kondisi beton pada zona ini masih dapat dikategorikan sebagai baik. Zona B menunjukkan tingkat keretakan yang lebih berkembang. Jenis retakan yang dominan adalah *random crack* dan *branch crack* dengan pola yang tidak beraturan. Pola ini mengindikasikan adanya pengaruh beban berulang, yang berpotensi menyebabkan penurunan kualitas beton secara bertahap. Pada Zona C, meskipun ditemukan retakan yang cenderung memanjang, tingkat kerusakannya masih relatif rendah. Retakan yang terjadi terlihat stabil dan tidak menunjukkan perkembangan yang signifikan, sehingga belum mengarah pada kerusakan struktural yang serius. Berbeda dengan zona lainnya, Zona D menunjukkan kondisi keretakan paling dominan. Retakan berupa *random crack* dan *branch crack* tersebar lebih luas, sehingga mengindikasikan kondisi beton yang lebih kritis dibandingkan dengan zona lain.

Hasil Pengujian *Hammer Test*

Tabel 2. Rekapitulasi Hasil Pengujian *Hammer Test*

Zona	Rebound Number (Rn)	Koreksi Grafik (Mpa)
A1	33,69	27,9
A2	34,15	30,5
B1	31,31	26
B2	32,69	28
C1	36,54	33,5
C2	38,85	36,2
D1	28,46	22,2
D2	28,31	22

Tabel 3. Hasil Konversi Nilai Mpa ke Mutu Beton

Zona	Mutu Beton (Mpa)	Mutu K (Kg/cm ²)
A1	27,9	284,50
A2	30,5	311,01
B1	26	265,12
B2	28	285,22

C1	33,5	341,60
C2	36,2	369,13
D1	22,2	226,37
D2	22	224,33

Berdasarkan hasil *hammer test* yang telah dikonversi menjadi kuat tekan beton (f'_c) dan mutu beton (K) pada delapan titik pengamatan, nilai rebound number (Rn) berkisar antara 28,31 hingga 38,85. Setelah dikoreksi menggunakan grafik konversi, diperoleh estimasi kuat tekan beton sebesar 22,0–36,2 MPa, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2. Nilai kuat tekan tertinggi diperoleh pada titik C2 sebesar 36,2 MPa, sedangkan nilai terendah terdapat pada titik D2 sebesar 22,0 MPa. Perbedaan nilai tersebut menunjukkan adanya variasi mutu beton pada setiap titik pengamatan. Selanjutnya, nilai kuat tekan hasil *hammer test* dikonversi ke dalam mutu beton (K) menggunakan faktor konversi $1 \text{ MPa} = 10,1972 \text{ kg/cm}^2$. Hasil konversi pada Tabel 3 menunjukkan bahwa mutu beton berada pada rentang K-224,33 hingga K-369,13. Titik A2, C1, dan C2 telah memenuhi bahkan melampaui mutu rencana K-300, dengan nilai masing-masing sebesar K-311,01, K-341,60, dan K-369,13. Sebaliknya, titik A1, B1, B2, D1, dan D2 masih berada di bawah mutu rencana, dengan nilai berkisar antara K-224,33 hingga K-285,22.

Secara umum, hasil pengujian menunjukkan bahwa mutu beton pada lokasi penelitian tidak bersifat homogen. Variasi nilai kuat tekan antar titik mengindikasikan adanya perbedaan kondisi beton pada setiap zona, yang kemungkinan dipengaruhi oleh kualitas pelaksanaan konstruksi, kondisi lingkungan selama masa pelayanan, maupun tingkat kerusakan yang berkembang pada struktur. Temuan ini menjadi dasar untuk menganalisis hubungan antara kondisi keretakan dengan mutu beton pada masing-masing zona pengamatan.

Perbandingan Hasil Uji Kuat Tekan Beton dan *Hammer Test*

Tabel 4. Tabel Perbandingan Kuat Tekan Beton dan *Hammer Test*

Zona	Uji Kuat Tekan (2023) (Kg/cm^2)	Hammer Test (2026)	Keterangan
A1	348,4	284,50	Menurun
A2	337,5	311,01	Menurun
B1	331,0	265,12	Menurun
B2	321,1	285,22	Menurun
C1	326,9	341,60	Meningkat
C2	361,4	369,13	Meningkat
D1	338,0	226,37	Menurun
D2	329,2	224,33	Menurun

Perbandingan hasil uji kuat tekan beton tahun 2023 dengan hasil *hammer test* tahun 2026 menunjukkan adanya perubahan mutu beton pada setiap titik pengamatan. Sebagaimana disajikan pada Tabel 4, sebagian besar titik mengalami penurunan nilai kuat tekan setelah beberapa tahun masa pelayanan. Penurunan tersebut terjadi pada titik A1, A2, B1, B2, D1, dan D2, sedangkan titik C1 dan C2 justru menunjukkan peningkatan nilai kuat tekan berdasarkan hasil estimasi *hammer test*. Penurunan paling signifikan terjadi pada titik D1 dan D2, di mana nilai kuat tekan hasil *hammer test* masing-masing sebesar K-226,37 dan K-224,33, lebih rendah dibandingkan dengan hasil uji kuat tekan tahun 2023. Kondisi ini mengindikasikan adanya penurunan kualitas beton pada zona tersebut selama masa pelayanan. Sebaliknya, titik C1 dan C2 menunjukkan nilai kuat tekan hasil *hammer test* yang sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan hasil pengujian awal, yaitu dari K-326,90 menjadi K-341,60 pada C1 dan dari K-361,40 menjadi K-369,13 pada C2.

Perbedaan hasil antara kedua metode pengujian tidak serta-merta menunjukkan perubahan kuat tekan beton secara absolut. Pengujian kuat tekan menggunakan Compression Testing Machine (CTM) merupakan metode destruktif yang dilakukan pada benda uji saat pelaksanaan konstruksi, sedangkan *hammer test* merupakan metode non-destruktif yang mengestimasi kuat tekan berdasarkan kekerasan permukaan beton eksisting. Oleh karena itu, hasil *hammer test* dapat dipengaruhi oleh kondisi permukaan beton, tingkat karbonasi, kelembapan, umur beton, serta keberadaan retak pada struktur. Secara keseluruhan, hasil perbandingan menunjukkan bahwa mutu beton pada lokasi penelitian mengalami variasi setelah beberapa tahun masa pelayanan. Meskipun sebagian titik masih menunjukkan mutu beton yang baik, penurunan yang terjadi pada beberapa titik, terutama di Zona D, mengindikasikan perlunya evaluasi lebih lanjut untuk memastikan kondisi struktur dan menentukan langkah pemeliharaan yang sesuai.

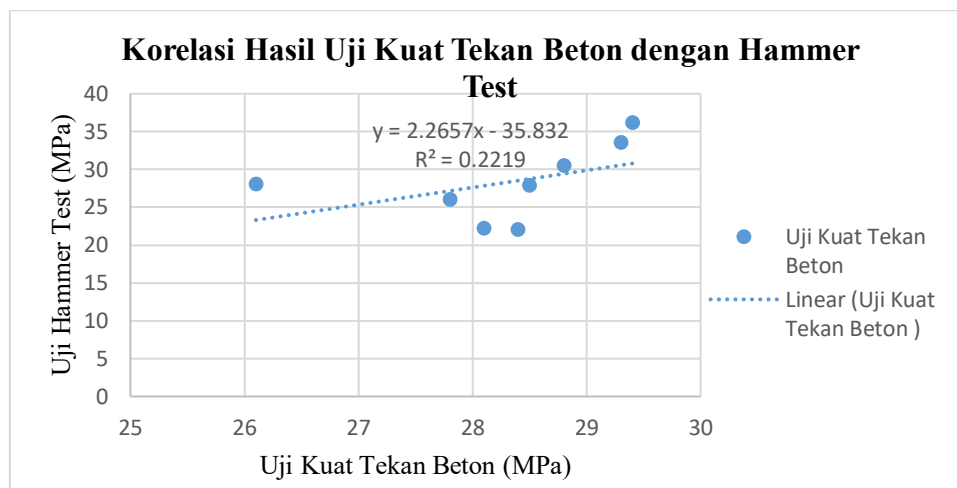
Analisis Korelasi Uji Kuat Tekan Beton Dengan *Hammer Test*

Analisis korelasi dilakukan untuk mengevaluasi hubungan antara hasil uji kuat tekan beton tahun 2023 dengan hasil *hammer test* tahun 2026 sebagai metode evaluasi mutu beton pada struktur yang telah beroperasi. Uji kuat tekan beton merupakan metode destruktif yang memberikan nilai kuat tekan secara langsung berdasarkan benda uji, sedangkan *hammer test* merupakan metode non-destruktif yang mengestimasi kuat tekan beton melalui nilai pantulan (*rebound number*) pada permukaan beton. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui tingkat hubungan antara kedua metode pengujian dalam mengevaluasi mutu beton setelah struktur mengalami masa pelayanan. Data yang dianalisis terdiri atas delapan titik pengujian, yaitu A1, A2, B1, B2, C1, C2, D1, dan D2. Hubungan antara kedua variabel dianalisis menggunakan diagram *scatter plot*, regresi linier sederhana, dan korelasi Pearson. Parameter yang digunakan meliputi persamaan regresi, koefisien korelasi (r), dan koefisien determinasi (R^2) untuk menggambarkan tingkat hubungan antara hasil uji kuat tekan beton dan *hammer test*.

Hasil analisis korelasi selanjutnya digunakan untuk menilai sejauh mana hasil *hammer test* mampu merepresentasikan mutu beton berdasarkan data uji kuat tekan, serta mengidentifikasi kemungkinan adanya faktor-faktor lain yang memengaruhi perbedaan hasil pengukuran pada kedua metode tersebut.

Tabel 5. Tabel Hasil Uji Kuat Tekan Beton (2023) dan *Hammer Test* (2026)

Data Uji Kuat Tekan Beton (MPa)	Data Hammer Test (MPa)
28,5	27,9
28,8	30,5
27,8	26
26,1	28
29,3	33,5
29,4	36,2
28,1	22,2
28,4	22



Gambar 2. Grafik Korelasi Hasil Uji Kuat Tekan Beton dengan Hammer Test

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, kondisi mutu beton pada area parkir kendaraan berat Checkpoint Pertamina RU VI Balongan menunjukkan variasi pada setiap titik pengujian. Hasil *hammer test* menghasilkan estimasi kuat tekan beton berkisar antara 22,0 MPa hingga 36,2 MPa, yang setelah dikonversi setara dengan mutu beton K-224,33 hingga K-369,13. Dari delapan titik pengujian, hanya titik A2, C1, dan C2 yang memenuhi atau melampaui mutu rencana K-300, sedangkan titik lainnya masih berada di bawah mutu yang direncanakan. Perbandingan antara hasil uji kuat tekan beton tahun 2023 dan *hammer test* tahun 2026 menunjukkan bahwa sebagian besar titik mengalami penurunan nilai kuat tekan, terutama pada Zona D, yang juga memiliki tingkat keretakan lebih tinggi dibandingkan zona lainnya. Namun demikian, beberapa titik di Zona C menunjukkan nilai *hammer test* yang lebih tinggi daripada hasil uji awal. Hal ini mengindikasikan bahwa hasil *hammer test* dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti kondisi permukaan beton, karbonasi, kelembapan, dan kondisi eksisting struktur, sehingga tidak dapat digunakan sebagai satu-satunya dasar untuk menentukan mutu beton.

Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa evaluasi kondisi struktur beton akan memberikan hasil yang lebih akurat apabila dilakukan melalui kombinasi inspeksi visual, pengujian non-destruktif (*hammer test*), dan data hasil uji kuat tekan beton. Pendekatan tersebut mampu memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai kondisi aktual struktur serta menjadi dasar dalam menentukan langkah pemeliharaan dan evaluasi lanjutan. Analisis korelasi menunjukkan bahwa hasil uji kuat tekan beton tahun 2023 dan hasil *hammer test* tahun 2026 memiliki hubungan positif dengan persamaan regresi linier $y = 2,2657x - 35,832$ dan koefisien determinasi $R^2 = 0,2219$. Nilai tersebut menunjukkan bahwa hanya sekitar 22,19% variasi hasil *hammer test* dapat dijelaskan oleh hasil uji kuat tekan beton, sedangkan sisanya dipengaruhi oleh faktor lain, seperti kondisi permukaan beton, karbonasi, kelembapan, umur beton, serta keberadaan keretakan pada struktur. Dengan demikian, hasil *hammer test* dapat digunakan sebagai metode evaluasi awal untuk memperkirakan kondisi mutu beton di lapangan, namun belum dapat menggantikan pengujian kuat tekan beton sebagai acuan utama dalam menentukan mutu beton. Oleh karena itu, evaluasi kondisi struktur beton sebaiknya dilakukan dengan mengombinasikan inspeksi visual, pengujian *hammer test*, dan data hasil uji kuat tekan agar diperoleh penilaian yang lebih akurat dan komprehensif.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan, data, fasilitas, dan bantuan selama pelaksanaan penelitian, khususnya kepada pihak Pertamina RU VI Balongan serta tim yang terlibat dalam inspeksi visual, pengujian *hammer test*, dan pengolahan data kuat tekan beton. Kontribusi dan kerja sama tersebut sangat berarti dalam penyelesaian penelitian mengenai evaluasi kondisi mutu beton pada area parkir kendaraan berat Checkpoint Pertamina RU VI Balongan.

DAFTAR PUSTAKA

- Erliana, Hilma et al. 2024. "Perbedaan Dimensi Benda Uji Terhadap Kuat Tekan Beton." 1: 11–18.
- Golding, Vaughn Peter, and Zahra Gharineiat. 2022. "Crack Detection in Concrete Structures Using Deep Learning."
- H, Fendi Ilham. 2026. "Kapasitas Nilai Kekuatan Tekan Beton Dengan Alat Hammer Test Dan Alat Ultrasonic Pulse Velocity (Upv) Jembatan Loa." 26(2): 582–92.
- Haidir, Lukman. 2023. "Analisa Retrofit Beton Pasca Kegagalan Dan Kelenturan Menggunakan Metode Injeksi Epoxy." 3(1): 31–36.
- Hanif, Ardian, Alex Kurniawandy, and Muhammad Yusa. 2024. "Evaluasi Kuat Tekan Beton Menggunakan UPV Dan Hammer Test." 1: 0–5.
- Kairu, Wilson M, Siphila W Mumanya, Kenneth D Njoroge, and Ian M Kaniu. 2025. "Application of Schmidt Hammer and Ultrasonic Pulse Velocity for Structural Integrity Assessment in Water Dams." *Journal of Infrastructure Preservation and Resilience*. <https://doi.org/10.1186/s43065-025-00123-5>.
- Li, Liang, Arosha Dabarera, and Vinh Dao. 2023. "Assessment of Cracking Risk of Concrete Due to Restrained Strain Based on Zero-Stress Temperature and Cracking Temperature." *Construction and Building Materials* 383(February): 131381. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.131381>.
- Ma, Faqih, Iskandar Yasin, and Zainul Faizien. 2022. "Studi Eksperimen Non-Destructive Test Dengan Metode Semi- Direct Pada Beton." 18(1).
- Mahfuda, Anno, Suprpto Siswosukarto, and Bambang Suhendro. 2023. "The Influence of Temperature Variations on Rigid Pavement Concrete Slabs." 9(May): 139–50.
- Nguyen, Van-hau. 2024. "An Investigation of Cracks Caused by Concrete Shrinkage and Temperature Differences in Common Reinforced Concrete Bridge Structures." 68: 242–54.
- Prasetya, Bagus et al. 2024. "Evaluasi Mutu Beton Dengan Metode Non-Destructive Test Pada Kolom Gedung Parkir Menara USM." 11(1): 40–45.
- Retak, Lebar, D A N Pola, and Retak Balok. 2023. "Pengaruh Tulangan Terkorosi Pada Defleksi, Kelengkungan, Lebar Retak Dan Pola Retak Balok Beton Bertulang." 17(3): 191–97.
- Thariq, Gedung, and B I N Ziyad. 2018. "INSPEKSI VISUAL RETAKAN PADA ATAP BETON." 3(1): 332–42.
- Triyulianti, Salsabilla et al. 2025. "S i l i t e K." 05(01): 95–100.
- Tunc, Esra Tugrul. 2025. "Relationship Between Schmidt Hammer Rebound Hardness Test and Concrete Strength Tests for Limestone Aggregate Concrete Based on Experimental and Statistical Study."
- Wahid, Muhammad Ishomuddin et al. 2025. "Mekanisme Keruntuhan Balok Beton Bertulang." 8(3): 685–96.
- Yudoprasetyo, Kohar, Yuyun Tajunnisa, R Buyung Anugraha, and Affandhie Suwandi. 2024. "Evaluasi Kondisi Struktur Terkini Dan Rekomendasi Perkuatan Pada Gedung Perkantoran Di Surabaya." 8(6).
- Zulfikar, Ahmad Rafly, and Berkas Cipta Zega. "Efektivitas Pengujian Kuat Tekan Beton Pada Spun Pile Dengan Metode Core Drill , Hammer Test , Dan Compressive Strength Test Di Pt Jaya Beton Indonesia." 1(1).