



INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research

Volume 5 Nomor 4 Tahun 2025 Page 1170-1178

E-ISSN 2807-4238 and P-ISSN 2807-4246

Website: <https://j-innovative.org/index.php/Innovative>

Evaluasi Kualitas Beton Struktur *Pier Head* Jalan Tol Km149 Padaleunyi, Bandung Menggunakan Metode *Ultrasonic Pulse Velocity*

Abdullah Azzam^{1✉}, Lenggogeni², Rezi Berliana Yasinta³

Universitas Negeri Jakarta

Email: abdullahazzam_1506521053@mhs.unj.ac.id^{1✉}

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kualitas beton pada struktur pier head jalan tol KM149 Padaleunyi, Bandung, dengan menggunakan metode Ultrasonic Pulse Velocity (UPV). UPV dipilih sebagai alat non-destruktif untuk mendeteksi retakan dan mengukur kualitas dan keseragaman beton. Pengujian dilakukan pada 10 titik sampel, dengan hasil menunjukkan kecepatan gelombang ultrasonik di bawah 3000 m/s, yang menandakan kondisi beton yang buruk dan tidak terintegrasi. Rata-rata kedalaman retak yang diukur adalah 36,55 mm, yang berpotensi memengaruhi stabilitas struktur. Berdasarkan temuan ini, perbaikan struktur menggunakan pengisi retakan berkualitas tinggi dan pemantauan rutin direkomendasikan untuk mencegah kerusakan lebih lanjut. Evaluasi struktur yang komprehensif juga diperlukan untuk memastikan struktur dapat menahan beban di masa mendatang. Penelitian ini memberikan wawasan tentang metode untuk mengevaluasi dan meningkatkan kualitas beton dalam proyek infrastruktur jalan.

Kata Kunci: *Ultrasonic Pulse Velocity, Kualitas Beton, Pier Head, Retak, Evaluasi Struktural*

Abstract

This study aims to evaluate the quality of concrete at the pier head structure of the toll road at KM149 Padaleunyi, Bandung, using the Ultrasonic Pulse Velocity (UPV) method. UPV was chosen as a non-destructive tool for crack detection and measuring the quality and uniformity of concrete. Testing was conducted on 10 sample points, with results indicating ultrasonic wave velocities below 3000 m/s, signifying poor and unintegrated concrete condition. The average measured crack depth was 36.55 mm, potentially impacting structural stability. Based on these findings, structural repairs using high-quality crack fillers and routine monitoring are recommended to prevent further damage. Comprehensive structural evaluations are also necessary to ensure the structure can support future loads. This research provides insights into methods for evaluating and improving concrete quality in road infrastructure projects.

Keywords: *Ultrasonic Pulse Velocity, Concrete Quality, Pier Head, Cracks, Structural Evaluation*

PENDAHULUAN

Struktur beton merupakan salah satu elemen penting dalam konstruksi bangunan yang memiliki peran signifikan dalam menjamin stabilitas, daya tahan, dan keamanan struktur secara menyeluruh. Beton dikenal sebagai material konstruksi yang memiliki kekuatan tinggi terhadap beban tekan, namun seiring berjalannya waktu dan terpapar oleh beban berulang serta pengaruh lingkungan, struktur beton dapat mengalami degradasi yang ditandai dengan munculnya keretakan. Menurut Neville (2012), meskipun beton tergolong sebagai material yang tahan lama, namun tetap memiliki keterbatasan terhadap gaya tarik dan perubahan kondisi eksternal yang dapat memicu keretakan serta menurunkan integritas struktur.

Keretakan pada beton tidak dapat diabaikan karena dapat berfungsi sebagai jalur masuk bagi air dan zat kimia agresif yang menyebabkan korosi pada tulangan baja, serta mempercepat kerusakan struktural secara keseluruhan. Mehta dan Monteiro (2014) menyatakan bahwa keretakan merupakan indikator awal dari penurunan kinerja beton dan berpotensi menjadi penyebab utama keruntuhan struktur jika tidak dilakukan tindakan pencegahan dan perbaikan. Evaluasi kondisi struktur beton harus dilakukan secara menyeluruh, tidak hanya berdasarkan lebar retakan yang tampak di permukaan, tetapi juga melibatkan pengukuran kedalaman dan penyebarannya di dalam massa beton.

Dalam konteks tersebut, metode pengujian non-destruktif menjadi solusi ideal untuk melakukan investigasi tanpa merusak struktur yang sedang diperiksa. Salah satu metode yang umum digunakan adalah Ultrasonic Pulse Velocity (UPV) atau yang secara komersial dikenal melalui alat seperti PUNDIT (Portable Ultrasonic Non-Destructive Digital Indicated

Tester). Menurut Andi M et al. (2019), metode ini sangat efektif dalam menentukan keseragaman, densitas, dan kualitas beton, serta dalam mendeteksi kedalaman dan lokasi retakan yang tidak terlihat secara kasat mata.

Prinsip kerja UPV dijelaskan oleh Malhotra dan Carino (2004) sebagai proses transmisi gelombang ultrasonik dari satu sisi beton dan pengukuran waktu tempuh hingga diterima di sisi lainnya. Semakin cepat gelombang merambat, maka semakin padat dan seragam struktur beton tersebut. Sebaliknya, jika terjadi perlambatan gelombang, hal itu menandakan adanya rongga, retakan, atau penurunan densitas pada beton. Popovics (1998) menambahkan bahwa kecepatan rambat gelombang ultrasonik sangat dipengaruhi oleh kondisi beton itu sendiri, termasuk kelembaban, suhu, serta adanya tulangan baja yang bisa menyebabkan bias dalam pengukuran.

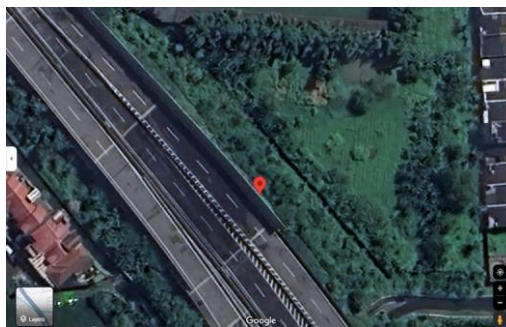
Selain itu, akurasi hasil pengujian UPV juga sangat dipengaruhi oleh parameter teknis seperti jarak antar transduser, kondisi permukaan beton, serta teknik kalibrasi alat sebelum pengujian. Menurut ACI Committee 228 (2003), keberhasilan metode ini dalam mendeteksi kerusakan struktural sangat tergantung pada pemahaman yang baik terhadap faktor-faktor yang memengaruhi propagasi gelombang dan interpretasi hasilnya secara cermat.

Oleh karena itu, penerapan metode UPV dalam evaluasi struktur beton eksisting sangat krusial untuk memperoleh informasi yang akurat mengenai kondisi internal beton. Hal ini menjadi dasar penting dalam pengambilan keputusan teknis terkait tindakan rehabilitasi, perkuatan, atau peremajaan struktur. Dengan pendekatan ini, pemeliharaan bangunan tidak hanya bersifat reaktif tetapi juga prediktif, sehingga dapat memperpanjang umur layanan struktur dan menjamin keselamatan penggunanya.

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

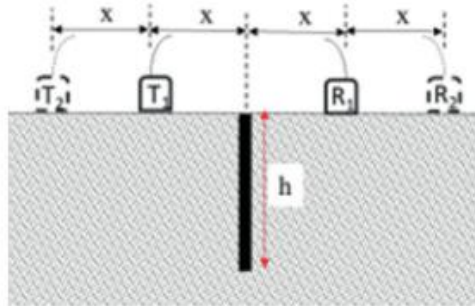
Penelitian ini dilaksanakan pada proyek perkuatan struktur infrastruktur jalan toll yang berlokasi di *exit* toll KM149 Padaleunyi, Bandung.



Gambar 1. Lokasi Pengujian

Pengumpulan Data

Dalam pengumpulan data, peneliti menggunakan metode kualitatif dengan mengumpulkan 10 titik retak pada lokasi penelitian dan pada setiap dilakukan 10 kali pembacaan data dengan alat UPV.



Gambar 2. Cara pengukuran kedalaman retak

Metode pelaksanaan pengujian UPV adalah sebagai berikut:

1. Persiapan permukaan beton

Sebelum dilakukan pengujian dipastikan permukaan beton bersih dari debu, kotoran atau lapisan lain yang dapat mempengaruhi transmisi gelombang ultrasonik. Jika permukaan beton tidak rata, pemerataan permukaan atau pengamplasan dapat dilakukan.

2. Kalibrasi alat

Hubungkan sensor ultrasonic dengan media kalibrasi dan lakukan kalibrasi alat untuk memastikan keakuratan alat.

3. Pelaksanaan pengujian

Tentukan titik-titik pengukuran di sepanjang struktur beton yang representase atau yang telah ditentukan. Berdasarkan standar yang berlaku terdapat tiga metode pengambilan pengukuran *pulse velocity*, *direct transmission*, *semi-direct transmission* dan *indirect/surface transmission*. Pastikan jarak antar sensor konsisten atau tercatat untuk setiap pengukuran. Tempatkan sensor ultrasonic pada titik pengukuran dan kirimkan sinyal ultrasonik. Gel ultrasonik harus diaplikasikan pada beton yang diuji pada setiap pengukuran. Rekam waktu tempuh gelombang ultrasonik antar sensor.

4. Analisis dan interpretasi hasil

Catat waktu tempuh sejak pengukuran sesuai dengan jaraknya. Hitung kecepatan ultrasonic menggunakan formula yang tepat sesuai dengan peralatan dan standar yang digunakan. Hasil analisis dapat digunakan untuk mengevaluasi kondisi beton, mendeteksi retakan atau ketidakseragaman serta pendekatan mutu beton.

Setiap titik bisa dihitung kedalaman retaknya dengan cara:

$$d = X \sqrt{\frac{4t_1^2 - t_2^2}{t_2^2 - t_1^2}}$$

Dimana d adalah kedalaman retakan (mm), t1 adalah waktu tempuh antara kedua sinyal untuk jarak X mm (ms), t2 adalah waktu tempuh antara kedua sinyal untuk jarak 2X mm (ms), dan X adalah jarak antara transmisi / receiver dengan retakan (mm).

Dan untuk kecepatan gelombang ultrasonik dapat dihitung dengan cara:

$$V = \frac{L}{t_1 - t_0}$$

Dimana V adalah kecepatan gelombang ultrasonik (m/s), L adalah jarak antara pemancar dan penerima (m), dan t1 – t0 adalah waktu tempuh antara kedua sinyal (s). Berdasarkan ASTM C597:2016, Dimana mutu beton dapat dihasilkan berdasarkan hasil UPV seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Mutu Beton Berdasarkan Nilai UPV

Pulse Velocity (m/s)	Mutu Beton
> 4000	Sangat Baik
3500 – 4000	Baik dengan kemungkinan terdapat sedikit porositas beton
3000 – 3500	Sedang dengan kemungkinan kehilangan integritas beton
< 3000	Buruk dan beton tidak terintegritas

HASIL DAN PEMBAHASAN

Retak beton infrastruktur jalan toll terjadi pada pelat, dan pier head. Pada penelitian ini ada 10 titik pengambilan data, yaitu pada seluruh bagian pier head jalan toll. Tiap titik pengujian ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Pengujian UPV

Dari hasil pengujian 10 titik pengujian kualitas beton menggunakan alat UPV, dihasilkan nilai rata rata dari setiap titik uji seperti Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji Kualitas Beton

Lokasi	Kode sample	Pulse Velocity
M12-8	T1	1920.00
M12-12	T2	1763.11
M13-10	T3	1632.78
M14-2	T4	1807.91
M14-7	T5	1536.94
M14-12	T6	2073.84
M15-8	T7	1968.16
M16-3	T8	1657.56
P15-10	T9	1588.18
P15-2	T10	1892.59

Dari hasil pengujian UPV (Ultrasonic Pulse Velocity) yang dilakukan untuk mengevaluasi kualitas beton, didapatkan nilai kecepatan rambat gelombang ultrasonik berada di bawah 3000 m/s. Menurut standar yang ditetapkan oleh ASTM C597 (2016), nilai kecepatan gelombang ultrasonik di bawah 3000 m/s menunjukkan bahwa beton berada dalam kategori kualitas rendah dan tidak homogen. Hal ini mengindikasikan bahwa beton mengalami degradasi struktural, baik berupa rongga udara, retakan mikroskopis, maupun kurangnya ikatan antara agregat dan pasta semen, yang berdampak pada menurunnya kekuatan dan daya tahan beton.

Kondisi ini ditemukan pada struktur pier head exit tol yang menjadi objek pengujian. Nilai kecepatan yang rendah mencerminkan adanya penurunan densitas dan integritas internal beton, sehingga menjelaskan kemungkinan besar terjadinya keretakan struktural. Seperti dijelaskan oleh Malhotra dan Carino (2004), rendahnya nilai UPV menunjukkan kemungkinan adanya celah atau disintegrasi dalam struktur, yang menjadi jalur bagi kerusakan lebih lanjut akibat penetrasi air, karbonasi, dan reaksi kimia lainnya.

Lebih lanjut, Mehta dan Monteiro (2014) menegaskan bahwa nilai UPV yang rendah berkorelasi erat dengan menurunnya modulus elastisitas dan kemampuan beton dalam mentransmisikan beban secara merata. Hal ini memperbesar risiko tegangan lokal yang menyebabkan keretakan permukaan maupun dalam. Oleh karena itu, data hasil pengujian ini memberikan dasar kuat bahwa kualitas beton pada pier head tersebut sudah memasuki

kondisi kritis dan memerlukan tindakan pemeliharaan atau perbaikan struktural segera guna menghindari potensi keruntuhan yang lebih besar.

Dengan demikian, UPV tidak hanya berfungsi sebagai metode deteksi awal, tetapi juga sebagai alat bantu diagnosis yang efektif dalam menilai kualitas dan integritas beton eksisting secara non-destruktif, yang dapat dijadikan acuan dalam pengambilan keputusan teknis terkait manajemen infrastruktur.

Pada tabel 3 dibawah ini ditunjukkan hasil dari rata rata kedalaman retak pada setiap titik uji yang dilakukan.

Tabel 3. Hasil Kedalam Retak Tiap Titik

Lokasi	Kode sample	Kedalam Retak (mm)	Lebar Retak (mm)
M12-8	T1	61.3	0.60
M12-12	T2	15.5	0.70
M13-10	T3	59.0	0.60
M14-2	T4	31.0	0.60
M14-7	T5	38.3	0.45
M14-12	T6	22.4	0.50
M15-8	T7	32.1	0.75
M16-3	T8	31.2	0.55
P15-10	T9	36.8	0.80
P15-2	T10	36.9	0.50

Dari hasil pengujian kedalaman retak pada beton dengan menggunakan alat UPV yang dilakukan pada 10 titik uji, dihasilkan rata rata kedalaman retak sedalam 36.55 mm.

Solusi Perbaikan

1. Perbaikan Struktur

Untuk retakan yang dangkal dan belum mencapai penguatan, gunakan pengisi retakan berkualitas tinggi agar dapat mencegah penetrasi air dan melemahnya struktur. Dengan demikian, *pier head* akan terlindungi dari pengaruh lingkungan dan mengurangi kerusakan lebih lanjut. Untuk retakan yang lebih dalam, di mana kedalaman retakan melebihi lapisan beton, pertimbangkan menggunakan bahan tambalan yang tepat untuk mengisi dan menutup retakan tersebut. Hal ini akan membantu memperbaiki permukaan *pier head* dan berfungsi sebagai perbaikan sementara hingga perbaikan besar dapat dilakukan.

2. Evaluasi Struktur

Lakukan evaluasi menyeluruh terhadap kapasitas struktural jalan yang dapat menanggung beban di area ini. Hal ini mungkin melibatkan eksplorasi infrastruktur untuk menentukan kondisinya agar dapat mendukung beban ke depannya. Jika terdapat kerusakan yang serius atau kapasitas beban terpengaruh menurut hasil evaluasi struktural, lakukan langkah-langkah perkuatan seperti menambah lapisan dasar, memperbaiki subgrade, atau memasang struktur pendukung. Jika kerapatan beton di lapangan rendah, disarankan untuk melakukan pengujian atau audit secara keseluruhan.

3. Pemantauan dan Pemeliharaan

Untuk area yang sudah ditambal, periksa secara rutin untuk memantau hasil dari perbaikan tersebut dan juga mendeteksi lebih awal kerusakan atau retakan baru.

Lakukan strategi pemeliharaan untuk mengatasi masalah baru dan meningkatkan keamanan jalan.

SIMPULAN

Penelitian yang dilakukan di lokasi proyek perkuatan struktur jalan tol pada KM149 Padaleunyi, Bandung, menunjukkan bahwa kualitas beton pada pier head berada dalam kondisi yang memprihatinkan. Hasil pengujian menggunakan Ultrasonic Pulse Velocity (UPV) menunjukkan kecepatan gelombang yang berada di bawah 3000 m/s, menandakan bahwa kualitas beton tergolong buruk dan tidak terintegritas. Rata-rata kedalaman retak yang terdeteksi adalah 36.55 mm, yang dapat mempengaruhi stabilitas struktural jika tidak segera ditangani.

Solusi yang diusulkan mencakup perbaikan struktur menggunakan bahan pengisi retakan berkualitas tinggi dan pengisian tambalan pada retakan dalam. Evaluasi menyeluruh dan strategi pemantauan berkala perlu dilakukan untuk mencegah kerusakan lebih lanjut dan menjaga keamanan struktur. Upaya ini diharapkan dapat memperpanjang masa pakai struktur dan meningkatkan keselamatan jalan tol di lokasi penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- American Concrete Institute (ACI) Committee 228. (2003). *Nondestructive Test Methods for Evaluation of Concrete in Structures (ACI 228.2R-03)*. Farmington Hills, MI: American Concrete Institute.
- Andi M., Rahmat, A., & Suharto, T. (2019). Evaluasi kondisi beton menggunakan metode non-destructive test (NDT). *Jurnal Teknik Sipil Terapan*, 7(1), 45–52.
- ASTM C597. (2016). *Test Method for Pulse Velocity Through Concrete*. ASTM International. <https://doi.org/10.1520/C0597-16>
- Baehaki, Andi, M., & Yohanes, G. R. (2019). Experimental study of crack depth measurement of concrete with ultrasonic pulse velocity (UPV). *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 673(1), 1–1. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/673/1/012047>
- Hafid, A., Rahayu, D. S., Teknologi, P., Keselamatan, D., Nuklir, R., & Selatan, T. (2020). Pengukuran kedalaman retak pada beton KH-IPSB3 menggunakan UPVT. *Vol. 24, Issue 1*.
- Malhotra, V. M., & Carino, N. J. (2004). *Handbook on Nondestructive Testing of Concrete* (2nd ed.). Boca Raton, FL: CRC Press.
- Mehta, P. K., & Monteiro, P. J. M. (2014). *Concrete: Microstructure, Properties, and Materials* (4th ed.). New York: McGraw-Hill Education.
- Neville, A. M. (2012). *Properties of Concrete* (5th ed.). Harlow, England: Pearson Education Limited.
- Popovics, S. (1998). *Strength and Related Properties of Concrete: A Quantitative Approach*. New York: Wiley.
- Wibowo, A., Suseno, H., Hasyim, M. H., Martin, R., Remayanti, C., & Prima, A. (2017). Crack depth measurement of reinforced concrete beams using UPV. Retrieved from <http://www.proceq.com>