

Analisis Deteksi Kedalaman Retak Pada Beton Menggunakan Metode UPV Testing (Studi Penelitian)

Darlina Tanjung¹, M Husni Malik Hasibuan², Marwan Lubis³, Rifdah Mufiidah Harahap⁴

¹⁻³Dosen Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Islam Sumatera Utara

⁴Mahasiswa Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Islam Sumatera Utara

Korespondensi Penulis : mufiidah.rifdah@gmail.com*

Abstract. *Non-destructive tests are currently widely used in evaluating the quality of concrete installed in the field. One NDT is using the Ultrasonic Pulse Velocity (UPV) method. In general, the use of UPV in concrete is to estimate concrete strength, determine the homogeneity of concrete and detect concrete damage, for example the presence of voids or cracks. This research is intended to determine the accuracy of UPV test results in detecting concrete cracks at several variations in crack depth. In this research, the UPV tool validation process was carried out by making 1 type of test object. Namely 1 beam specimen for testing crack depth (UPV) with 6 variations of artificial cracks where the artificial cracks are made using plywood. Each sample has been treated so that it can describe the crack depth according to the existing plan. In testing, it was found that the estimated crack depth in variation I was 33.2 mm deep, variation II was 18.8 mm deep, variation III was 104.4 mm deep, variation IV was 115.8 mm deep, variation V was 24.4 mm deep and variation VI 159.3 mm deep. And the average accuracy is 13.60%. The smaller the wave travel time, the smaller the crack depth, the smaller the wave emission and the longer the wave path to detect cracks. which means that the accuracy of UPV crack depth testing tends to decrease with the unevenness of the concrete surface.*

Keywords: *accuracy, crack depth, Non Destructive Test (NDT), Ultrasonic Pulse Velocity (UPV)*

Abstrak. Pengujian yang bersifat tidak merusak (Non Destructive Test), saat ini telah banyak digunakan dalam evaluasi kualitas beton terpasang di lapangan. Salah satu NDT adalah menggunakan metode Ultrasonic Pulse Velocity (UPV). Secara umum penggunaan UPV pada beton adalah untuk memperkirakan kekuatan beton, mengetahui homogenitas beton dan mendeteksi kerusakan beton, misal adanya rongga ataupun retak. Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui akurasi hasil uji UPV dalam mendeteksi retak beton pada beberapa variasi kedalaman retak. Pada penelitian ini proses validasi alat UPV dilakukan dengan pembuatan 1 jenis benda uji. Yaitu 1 buah benda uji balok untuk pengujian kedalaman retak (UPV) dengan 6 variasi retak buatan dimana retak buatan tersebut dibuat dengan menggunakan triplek. Pada masing-masing sampel telah diberi perlakuan sehingga dapat menggambarkan kedalaman retak sesuai rencana yang ada. Dalam pengujian didapatkan bahwa untuk estimasi kedalaman retak pada variasi I sedalam 33,2 mm, variasi II sedalam 18,8 mm, variasi III sedalam 104,4 mm variasi IV sedalam 115,8 mm, variasi V sedalam 24,4 mm dan variasi VI sedalam 159,3 mm. Dan rata-rata keakuratannya sebesar 13.60% . dalam waktu tempuh gelombang semakin kecil kedalaman retak maka pancaran gelombang semakin kecil dan mempengaruhi semakin panjangnya jalur gelombang untuk mendeteksi keretakan. yang berarti tingkat keakuratan pengujian kedalaman retak UPV cenderung berkurang seiring ketidakraataannya permukaan beton.

Kata kunci : akurasi, kedalaman retak, Non Destructive Test (NDT), Ultrasonic Pulse Velocity (UPV)

PENDAHULUAN

Beton merupakan material yang sering digunakan pada struktur bangunan. Salah satu alasannya adalah kemudahan dalam pengerjaan yang didukung dengan kekuatan yang tinggi. Dalam hal kekuatan, beton kuat menahan tekan tetapi lemah dalam menahan gaya tarik. Oleh

sebab itu, dalam banyak pekerjaan sipil, beton dikombinasikan dengan baja yang kuat menahan gaya tarik atau yang sering disebut beton bertulang.

Keretakan pada beton bisa disebabkan oleh berbagai faktor seperti beban berlebih, perubahan suhu, dan faktor lingkungan lainnya. Kedalaman keretakan adalah parameter kunci yang perlu diukur untuk menilai tingkat kerusakan beton dan mengambil langkah-langkah perbaikan yang diperlukan. Oleh karena itu, analisa yang akurat terhadap kedalaman keretakan sangat penting dalam pemeliharaan dan perbaikan struktur beton.

Metode Ultrasonic Pulse Velocity (UPV) merupakan salah satu metode non-destruktif yang umum digunakan untuk mengukur kedalaman keretakan pada beton. UPV adalah metode pengujian beton dengan cara menyalurkan gelombang ultrasonic ke dalam beton. Dengan cara tersebut, nantinya akan didapatkan waktu rambat gelombang yang dapat menggambarkan kedalaman retak dalam beton.

Penggunaan alat ini sangat menguntungkan, disamping penggunaannya yang tidak terlalu rumit alat ini juga tidak merusak beton yang diuji. Akan tetapi, alat UPV tetap perlu divalidasi agar dapat diketahui hubungan antara hasil yang didapatkan oleh alat tersebut dengan keadaan beton sebenarnya. Maka dari itu, penelitian ini bertujuan untuk menginvestigasi dan menganalisis efektivitas metode UPV dalam mendeteksi kedalaman keretakan pada sampel beton.

TINJAUAN PUSTAKA

1. Beton

Beton merupakan bahan konstruksi komposit yang didapatkan dari hasil pencampuran antara agregat kasar dan halus dengan pasta semen. Melalui reaksi kimia yang disebut dengan hidrasi, pasta semen yang melapisi permukaan agregat akan mengalami pengerasan dan membentuk material seperti batu. Kualitas dari pasta sangat ditentukan oleh karakteristik beton yang akan dibuat, namun sebaliknya, kekuatan dari pasta bergantung pada nilai rasio air dan semen (FAS). Beton dengan kualitas yang tinggi dihasilkan dari menurunkan angka FAS sebisa mungkin tanpa mengurangi nilai *workability* dari beton segar.

2. Metode Non-Destructive Testing (NDT)

Pengujian NDT, saat ini telah banyak digunakan dalam dunia sipil. Salah satu metode dari NDT adalah penggunaan *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV), yang digunakan untuk memperkirakan kekuatan beton, mendeteksi adanya retak, melihat homogenitas beton, ketebalan pelat baja, cacat las, ketebalan cat, dan lain-lain.

Prinsip metode UPV didasarkan pada kecepatan gelombang suara yang melintasi sebuah benda dengan bergantung kepada sifat elastis dan kepadatan benda tersebut. Adapun cara kerja UPV yaitu, *transmitter* (*transducer* pengirim) gelombang ultrasonik melewati benda dan ditangkap oleh *receiver* (*transducer* penerima) yang terletak sejauh L meter dari *transmitter*.

Non-destructive test bermakna bahwa pengujian beton dilakukan tanpa merusak benda uji tersebut. Pengujian ini dinilai lebih efisien karena dapat mengurangi adanya kegagalan struktur yang dapat terjadi karena dilakukannya *destructive test*, pada penelitian sebelumnya yang berjudul "Deteksi Cacat Pada Material Dengan Teknik Pengujian Tidak Merusak" membahas metode NDT dan didapatkan bahwasanya dalam melakukan pengujian NDT perlu diperhatikan diantaranya jenis material, jenis cacat, lokasi cacat dan ukuran cacat dari material tersebut agar dalam pengujian mendapatkan hasil yang optimal (Irwansyah, 2018). Biasanya *non-destructive test* digunakan untuk memeriksa bangunan eksisting yang akan dievaluasi. Dalam pelaksanaan pengujiannya, NDT memiliki berbagai macam metode. Untuk memeriksa kualitas beton struktural, metode yang sering digunakan adalah *Ultrasonic Testing* (UPV).

3. Ultrasonic Pulse Velocity (UPV)

Ultrasonic Pulse Velocity (UPV) Testing adalah salah satu metode *Non-Destructive Testing* (NDT) yang digunakan untuk memeriksa integritas dan kualitas beton atau bahan konstruksi lainnya. Metode ini mengukur kecepatan rambatan gelombang ultrasonik melalui material untuk mendeteksi keretakan, retakan, *void*, atau perubahan dalam struktur beton. UPV sangat berguna dalam inspeksi dan pemantauan struktur beton seperti jembatan, bangunan, pelat, dan elemen konstruksi lainnya.

Metode kecepatan *pulse ultrasonic* atau UPV telah berhasil digunakan untuk mengevaluasi kualitas dari beton selama lebih dari 60 tahun. Metode ini dapat digunakan untuk mendeteksi retak internal dan cacat lainnya termasuk perubahan dari beton seperti penurunan kualitas beton akibat lingkungan kimia yang agresif atau pembekuan dan pencairan (V.M Malhotra & N.J Carino, 2004).

METODE PENELITIAN

Metode Penelitian

Metode penelitian merupakan suatu cara atau langkah-langkah yang ditempuh untuk melaksanakan sebuah penelitian secara sistematis dan teknik pengumpulan data yang diperoleh dalam penelitian. Metode yang digunakan dalam penelitian adalah metode eksperimental

laboratorium, suatu pengujian yang dilakukan disuatu laboratorium yang disesuaikan dengan teori dan mendapatkan hasil data dalam penelitian.

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental laboratorium untuk mengumpulkan data dan menganalisisnya. Metode ini mencakup pembuatan beton, pengukuran UPV, dan pengukuran kedalaman retak pada beton.

Waktu dan Tempat Penelitian

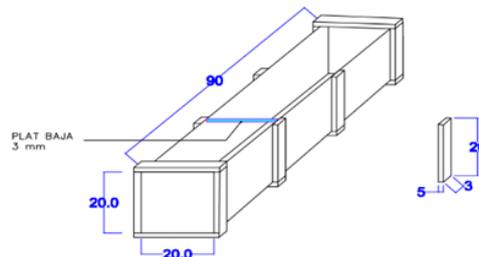
Tempat yang digunakan untuk penelitian adalah Laboratorium Teknologi Bahan Prodi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Sumatera Utara, Medan dan dimulai pada bulan September 2023 sampai selesai.

Rancangan Penelitian

Dalam penelitian ini dibuat benda uji menggunakan triplek dengan tebal 3 mm dengan ukuran 90 x 20 x 20 cm seperti pada gambar berikut:

Pengujian *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV)

Pengujian UPV dilakukan pada keenam benda uji balok. Pengujian ini dilakukan saat beton sudah mencapai umur 7 hari. Alat yang digunakan adalah *Nonmetal Ultrasonic Tester* dan 54 kHz *transducers* dengan menggunakan metode pengujian, metode tidak langsung (*indirect*). Metode tersebut dilakukan pada setiap sampel benda uji balok yang mana dengan kondisi kedalaman retak yang berbeda pada setiap sampel.



ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

1. Pengujian Estimasi Kedalaman Retak

Alat yang digunakan dalam pengujian UPV adalah *Nonmetal Ultrasonic Tester SY-6310* yang menggunakan salah satu metodenya yaitu *Crack Depth*, yaitu metode yang mengestimasi kedalaman retak pada beton berdasarkan *British Standart 1881-203*. Pengujian dilakukan sebanyak 4 kali percobaan pada masing- masing benda uji dengan 2 kali pengujian *Uncrak* dan 2 kali pengujian *Crack*. Berikut hasil pengujian kedalaman retak:

Tabel 1 : Hasil uji kedalaman retak

No.	Elemen Uji	Tipe Pengujian	Spasi Pengujian, b (mm)	Waktu Tempuh (μ s)		Estimasi Kedalaman Retak (mm)
				T1	T2	
1.	Sampel 1	Uncrack	75.0	45.5	98.0	33.2
		Crack		45.5	99.0	
2.	Sampel 2	Uncrack	75.0	45.5	89.0	18.8
		Crack		50.5	103.5	
3.	Sampel 3	Uncrack	75.0	49.0	67.5	104.4
		Crack		51.0	72.5	
4.	Sampel 4	Uncrack	75.0	63.5	102.5	115.8
		Crack		79.0	108.5	
5.	Sampel 5	Uncrack	75.0	53.0	75.0	24.4
		Crack		41.0	79.0	
6.	Sampel 6	Uncrack	75.0	48.5	87.5	159.3
		Crack		68.0	84.5	

Data hasil pengujian kedalaman retak menggunakan metode tidak langsung terhadap setiap sampel memperlihatkan nilai yang berbeda antar variasi, pada variasi II didapatkan nilai kedalaman yang terkecil dan nilai kedalaman yang terbesar pada variasi VI. Ini dapat dilihat adanya ketidakesuain hasil pada perencanaan yang ada, karena perencanaan pada variasi I dibuat kedalaman retak yang terkecil. Penyebab perbedaan yang terjadi pada hasil pengujian bisa saja terjadi karena bentuk permukaan beton yang tidak rata dan mulus. Karena pada saat pengetesan alat permukaan beton haruslah rata dan mulus agar pembacaan yang dilakukan oleh UPV bisa terbaca dengan baik.

2. Analisis Terhadap Nilai Kesalahan Relatif

Analisis ini penting dilakukan dalam rangka untuk mengetahui nilai perbandingan antar nilai estimasi UPV dengan nilai aktual kedalaman retak dalam bentuk persen dan juga bisa mengetahui keakuratan metode UPV.

Dengan menggunakan nilai-nilai hasil pengujian maka didapatkan nilai kesalahan relatif pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

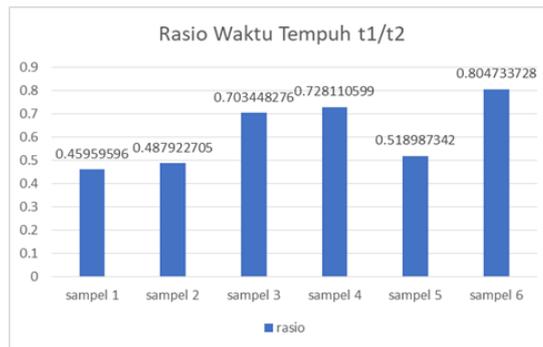
Tabel 2 Nilai Kesalahan Relatif

Benda Uji	Nilai Kesalahan Relatif (Keakuratan) (%)
Sampel 1	232.0
Sampel 2	6.0
Sampel 3	198.28
Sampel 4	189.50
Sampel 5	45.70
Sampel 6	145.07
Rata-rata	136.09

Dari data kesalahan relatif diatas, pada sampel 1, sampel 3, sampel 4, sampel 6 memiliki kesalahan relatif yang besar. Dan rata-rata keakuratannya sebesar 13.60% yang berarti tingkat keakuratan pengujian kedalaman retak UPV cenderung berkurang seiring ketidakrataannya permukaan beton, yang dimana diketahui bahwa saat pengujian langsung keadaan beton pada sampel 1, 3, 4 dan 6 tidak rata.

3. Analisis Waktu Tempuh Gelombang Terhadap Kedalaman Retak

Dalam memperkirakan kedalaman retak pada alat UPV, nilai waktu tempuh gelombang merupakan faktor utama dalam memberikan estimasi kedalaman retak karena hal ini kembali kepada teori bahwa untuk mengetahui jarak tempuh gelombang maka perlu adanya nilai kecepatan gelombang beserta waktu tempuh gelombangnya. Maka dari itu perlunya mengetahui nilai t_1/t_2 untuk mengetahui penyebab adanya ketidak-konsistenan waktu tempuh gelombang, selain itu juga berfungsi untuk mengetahui perbedaan waktu tempuh gelombang yang dirambatkan pada masing-masing variasi kedalaman retak. Dalam hal ini nilai rasio antara t_1 dengan t_2 dapat dilihat pada gambar 1



Gambar 1 Grafik hasil t_1/t_2 pada benda uji

Sumber: Microsoft Excel

Setelah memvisualisasikan data t_1/t_2 pada masing-masing sampel, terdapat hasil t_1/t_2 yang berbeda akibat adanya kedalaman retak. Hal tersebut dapat terjadi karena adanya perbedaan waktu tempuh gelombang yang disebabkan oleh perbedaan kedalaman pancaran gelombang yang dipengaruhi oleh kedalaman retak. Kedalaman tersebut otomatis akan mempengaruhi jalur gelombang yang mana semakin kecil kedalaman retak maka pancaran gelombang semakin kecil dan mempengaruhi semakin panjangnya jalur gelombang untuk mendeteksi keretakan.

Dalam kasus ini pada sampel 6 memiliki keretakan yang paling dalam dari sampel lainnya, sehingga waktu tempuh gelombang yang didapatkan semakin besar. Kedalaman retak tersebut juga berpengaruh terhadap kedua nilai waktu tempuh gelombang t_1 dan t_2 . Hal tersebut dapat menjadi alasan mengenai timbulnya perbedaan nilai t_1/t_2 terhadap kedalaman retak.

Selain kedalaman retak ada juga faktor yang mempengaruhi waktu tempuh gelombang, yaitu keadaan fisik benda uji seperti adanya rongga-rongga yang dapat berdampak pada waktu tempuh gelombang. Sebab adanya rongga memaksa gelombang untuk merambat disekeliling rongga tersebut sehingga proses tersebut menjadikan jalur gelombang bertambah panjang dari yang seharusnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis pada bab sebelumnya. Maka didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil penelitian menggunakan UPV ini didapatkan estimasi kedalaman retak pada variasi I sedalam 33,2 mm, variasi II sedalam 18,8 mm, variasi III sedalam 104,4 mm variasi IV sedalam 115,8 mm, variasi V sedalam 24,4 mm dan variasi VI sedalam 159,3 mm.
2. Dari hasil yang didapatkan pada setiap variasi efektivitas nilai aktual dan nilai pengujian didapatkan tidak sesuai.
3. rata-rata keakuratan yang didapat sebesar 13.60% yang berarti tingkat keakuratan pengujian kedalaman retak UPV cenderung berkurang seiring ketidakrataannya permukaan beton, yang dimana diketahui bahwa saat pengujian langsung keadaan beton pada sampel 1, 3, 4 dan 6 tidak rata.
4. Berdasarkan hasil kesalahan relatif, dapat diambil kesimpulan bahwa pada kesalahan relati terkecil dihasilkan pada sampel 2 sebesar 6% dan kesalahan relatif terbesar dihasilkan pada sampel 1 sebesar 232% ini membuktikan bahwa seberapa dalamnya retakan tidaklah mempengaruhi keakuratan alat UPV, yang mempengaruhi keakuratannya ialah keadaan fisik beton yang bagus atau tidak dan rata atau tidaknya permukaan beton agar gelombang dapat membaca dengan akurat.
5. Berdasarkan analisis waktu tempuh gelombang terdapat perbedaan waktu tempuh gelombang yang dipengaruhi oleh kedalaman retak dan adanya rongga pada beton. Dengan adanya perbedaan waktu tempuh gelombang tersebut dapat membantu dalam mencitrakan pola retak yang terjadi. Namun ada catatan bahwa apabila banyaknya rongga pada beton maka akan terjadi kegalatan pada pembacaan kedalaman retak sehingga berimbas pada ketidak akuratannya hasil pembacaan kedalaman retak pada UPV.

Saran

Setelah melakukan penelitian beserta beberapa analisis data, terdapat beberapa saran yang muncul untuk penelitian selanjutnya antara lain:

1. Permukaan benda uji yang akan diuji dengan alat UPV diusahakan sehalus mungkin sehingga pembacaan alat dapat lebih akurat.
2. Perlu diadakan penelitian lebih lanjut mengenai pengujian kedalaman retak dengan alat UPV dengan membandingkan *direct method* dan *Indirect method* untuk melihat keakuratan metodenya.
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengujian kedalaman retak berdasarkan mutu beton.
4. Perlu dikoreksi tentang metode pembuatan kedalaman retak rencana sehingga dapat dipastikan kedalaman retak rencana yang dibuat dapat sesuai dengan yang direnankan.
5. Lakukan proses pengecoran dengan cermat dan kondusif agar mengurangi terjadinya ketidaksesuaian hasil benda uji dengan perencanaan
6. perlunya memakai vibrator untuk meratakan beton pada saat beton di dalam bekisting agar mengurangi banyaknya rongga pada beton.

DAFTAR PUSTAKA

- British Standard Institution. (1991). Testing Concrete Part 203. Recommendations For Measurement Of Velocity Of Ultrasonic Pulses In Concrete. 1–23.
- Albertus Eky Y. (N.D.). Analisis Kerapatan Beton Dengan Menggunakan Cepat Rambat Dan Transmission Time Pada Alat Upv (Ultrasonic Pulse Velocity).
- Dwi Saputra, T., Budio, S. P., & Waluyohadi, I. (N.D.). Investigasi Rongga Dan Kedalaman Retak Pada Balok Beton Dengan Upe Dan Upv.
- Dyah Sulistyani R, & Sumaryanto. (2010). Pendeteksian Kedalaman Retak Beton Menggunakan Metode Ultrasonik. 1–5.
- Christin Remayanti N, Siti N, Edhi W & Naufal Rafif R. (2021). Analisis Hasil Pembacaan Retak Lurus Dan Miring Pada Beton Dengan Menggunakan Metode NDT (Non Destrutive Test). Laporan Penelitian Mandiri Kategori A, 1–18.
- Irwansyah. (2018). Deteksi Cacat Pada Material Dengan Teknik Pengujian Tidak Merusak. 2, 1–8.
- Lingasari, D. (2019). Memperkirakan Kedalam Retak Pada Beton Menggunakan Gelombang Ultrasonik. Jurnal Muara Sains, Teknologi, Kedokteran Dan Ilmu Kesehatan, 3 (1), 145.

Hardono S., Akbar I. (2022, March 1). www.Binamarga.pu.go.id, Kegunaan Gelombang Ultrasonik Dalam Bidang Teknik Sipil. Sumber : BINEKA, Vol.2 Edisi Oktober 2021.

Sulistiyani,D. (2010). Pendeteksian Kedalaman Retak Beton Menggunakan Metode Ultrasonik.

Madani Y. (2021). Pengaruh Intrusi Air Pada Beton Normal Terhadap Cepat Rambat Gelombang Dengan Metode Ultrasonic Pulse Velocity (UPV). 1–174.

Susilo H. (2023). Pengujian Ultrasonic Pulse Velocity (UPV Test) Estimasi Kedalaman Reta Proyek: Test Upv Pier 2 Jembatan Sei Wampu.