

MEMPERKIRAKAN KEDALAMAN RETAK PADA BETON MENGUNAKAN GELOMBANG ULTRASONIK

Dewi Linggasari¹

¹Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara Jakarta
Email: dewil@ft.untar.ac.id

Masuk: 08-05-2019, revisi: 06-08-2019, diterima untuk diterbitkan: 08-08-2019

ABSTRAK

Tulisan ini mendiskusikan penggunaan gelombang ultrasonik untuk memperkirakan kedalaman retak terbuka. Teknik yang digunakan sangat berguna dalam pekerjaan di lapangan. Metode pengukuran menggunakan dua metode acuan yaitu standard BS 1881 bagian 203 sebagai metode 1 dan manual buku pada alat PUNDIT CNS Electronics sebagai metode ke 2, dengan gambaran persamaan matematika untuk menentukan kedalaman retak terbuka. Gelombang ultrasonik bekerja didasarkan pada pengukuran waktu tempuh gelombang ultrasonik yang menjalar dalam struktur beton. Gelombang ultrasonik disalurkan dari pengirim yang ditempatkan dipermukaan beton melalui material beton menuju penerima dan waktu tempuh gelombang tersebut diukur oleh *Read-Out* unit dalam mikro detik. Sejumlah balok uji disiapkan dengan penandaan arah keretakan untuk pengukuran. Hasil pengujian menunjukkan kedua metode yang digunakan untuk mengukur kedalaman keretakan memiliki kesesuaian hasil antar satu terhadap yang lainnya.

Kata Kunci: Ultrasonik; kedalaman; keretakan; pengirim; penerima

ABSTRACT

This paper discusses the use of ultrasonic waves to estimate the depth of open cracks. The technique used is very useful in work in the field. The measurement method uses two reference methods namely standard BS 1881 section 203 as method 1 and the book manual on the PUNDIT CNS Electronics tool as the second method, with an overview of mathematical equations to determine the depth of open cracks. Ultrasonic waves work based on measurements of the travel time of ultrasonic waves that propagate in concrete structures. Ultrasonic waves are transmitted from the sender placed on the concrete surface through concrete material to the receiver and the wave travel time is measured by the Read-Out unit in micro seconds. A number of test beams were prepared by marking the direction of the crack for measurement. The test results show that the two methods used to measure the depth of the crack have the suitability of the results between one another.

Keywords: Ultrasonic; depth; crack; sender; receiver

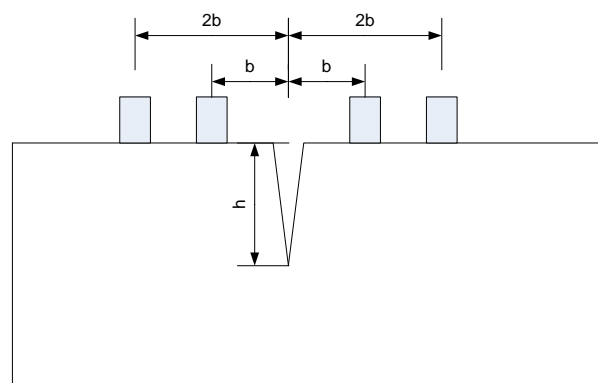
1. PENDAHULUAN

Keretakan pada beton dapat dibedakan menjadi retak struktural maupun non – struktural. Keretakan struktural terjadi karena adanya kesalahan dalam perencanaan atau beban yang melebihi kapasitas, sedangkan retakan non-struktural sebagian besar terjadi karena adanya proses kimia fisik pada beton pada fase awal umur beton. Pada umumnya retakan non-struktural tidak langsung mengakibatkan melemahnya struktur bangunan. Kedalaman dan lebar retak pada sebuah beton dapat diukur menggunakan gelombang ultrasonik. Gelombang ultrasonik bekerja didasarkan pada pengukuran waktu tempuh gelombang ultrasonik yang menjalar dalam struktur beton.

Kedua pengirim ditempatkan secara indirect, karena jarak antara kedua pengirim ini telah diketahui, maka kecepatan gelombang ultrasonik dalam material beton dapat dihitung, yaitu jarak antar pengirim dibagi dengan waktu tempuh (ASTM C597). Kecepatan rambat gelombang adalah merupakan fungsi dari kepadatan material, maka dengan diketahuinya cepat rambat gelombang ultrasonik di dalam beton, kecepatan tersebut dapat dikorelasikan ke nilai kedalaman retak terbuka, berdasarkan grafik empiris hubungan antara waktu tempuh dengan jarak rambat gelombang (Shiotani dan Angelis, 2007) .

BS 1881 bagian 203, menjelaskan dengan menggunakan persamaan matematika yang dituliskan pada persamaan 1 untuk mengukur kedalaman retak terbuka seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Pada gambar tersebut kedalaman retak terbuka di lambangkan dengan huruf h, sedangkan jarak antar pengirim diposisikan dengan huruf b.

$$h = b \sqrt{\frac{4T_1^2 - T_2^2}{T_2^2 - T_1^2}} \dots\dots\dots(1)$$



Gambar 1. Pengukuran kedalaman retak metode 1 menurut BS 1881: bagian 203

Keretakan sendiri dapat diukur dari lebarnya, panjangnya dan pola umumnya, namun biasanya lebar retak ini sulit diukur karena bentuknya yang tidak teratur (Wibowo dkk., 2014).

Selain itu ada retakan yang disebut retak mikro, retak ini terjadi pada fase pengerasan beton dimana retakan jenis ini akan sulit dideteksi karena terlalu kecil. Retakan ini hanya dapat dideteksi menggunakan alat *Ultrasonic Flaw Detector* yang dapat mengetahui keretakan hingga ukuran mikro.

Lebar-sempit, panjang-pendek dan kedalaman keretakan dipengaruhi oleh banyak faktor diantaranya adalah penyebab timbulnya retak, umur retak dan sebagainya. Keretakan yang muncul pada elemen struktur baik itu balok, kolom ataupun pelat harus segera ditangani. Biasanya penanganan yang akan dilakukan didahului dengan investigasi terhadap keretakan itu sendiri yaitu kedalaman, lebar dan panjang keretakan. Pengukuran lebar dan panjang retak sangat mudah untuk dilakukan karena secara visual sangat jelas, namun pengukuran kedalaman retak sangat sulit dilakukan karena tidak terlihat secara nyata, ditambah lagi bila keretakan yang terjadi sangat kecil atau diistilahkan dengan sebutan keretakan mikro (Mahdi dkk, 2011). Diperlukan ketelitian, kehati-hatian dan ketekunan dalam menentukan kedalaman retak tersebut, mengingat kedalaman retak sangat menentukan penanganan yang akan dilakukan terhadap elemen struktur tersebut.

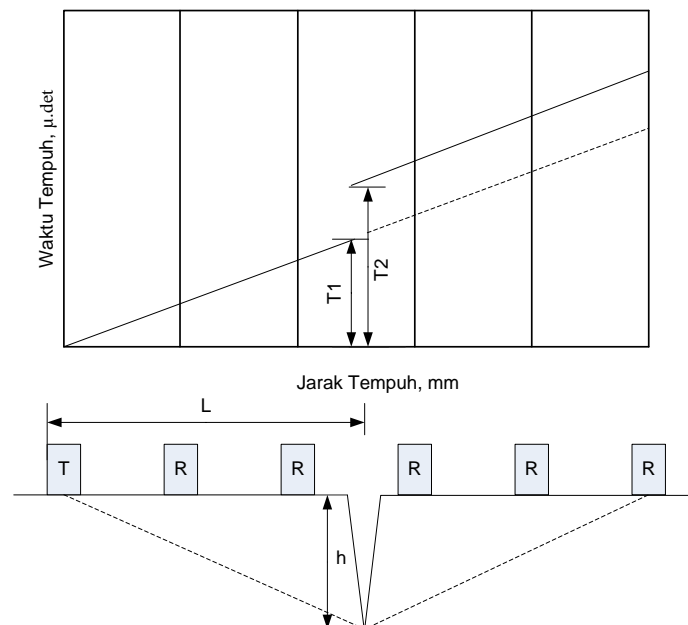
Beberapa metode telah dikembangkan untuk menentukan kedalaman keretakan yang terjadi pada elemen struktur. Salah satunya BS 1881 bagian 203 seperti ditunjukkan pada persamaan 1. Pada tulisan ini dibandingkan dua metode pengukuran kedalaman retak yang terjadi pada elemen struktur yaitu seperti yang dituliskan pada persamaan 1 dengan metode yang disediakan pada manual peralatan seperti ditunjukkan pada persamaan 2, huruf h melambangkan kedalaman keretakan, T_1 dan T_2 menyatakan waktu tempuh, sedangkan L melambangkan jarak awal antara pengirim dengan keretakan (CNS Electronics)

$$h = \frac{L}{2} \left(\frac{T_2}{T_1} - \frac{T_1}{T_2} \right) \dots\dots\dots(2)$$

Tujuan dari penelitian yang dikerjakan ini adalah membandingkan dua metode pengukuran kedalaman keretakan pada persamaan 1 dan persamaan 2, dengan tujuan untuk mendapatkan tingkat akurasi yang lebih baik dalam memperkirakan kedalaman keretakan, sehingga bermanfaat digunakan dalam pengambilan keputusan penanganan terhadap elemen struktur yang mengalami keretakan.

2. METODOLOGI

Data penelitian dikumpulkan melalui pengukuran pada balok yang mengalami keretakan pada sebuah pusat perbelanjaan di daerah Tangerang. Pada permukaan balok dilakukan pembersihan dari debu yang menempel, penandaan jarak, dan pengukuran. Pengukuran metode 1 dilakukan seperti pada Gambar 1 dan pengukuran metode 2 dilakukan seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Pengukuran kedalaman retak dengan metode 2

3. HASIL DAN DISKUSI

Berdasarkan pengukuran yang dilakukan terhadap seluruh benda uji, data yang berhasil dikumpulkan disajikan pada Tabel 1 dan Tabel 2 sebagai berikut:

Tabel 1. Jarak dan waktu tempuh pulsa pada balok uji metode 1

No.	Balok	T ₁ μ.det	T ₂ μ.det	No.	Balok	T ₁ μ.det	T ₂ μ.det
1	Balok As UV/34 680 mm X 420 mm	123.5	163.4	6	Balok As DD-EE/45 670 mm X 410 mm	122.9	168.8
2	Balok As NP/38 670 mm X 410 mm	127.2	198.1	7	Balok As E/47-48 680 mm X 420 mm	112.3	172.3
3	Balok As EE/33-34 680 mm X 420 mm	116.3	172.4	8	Balok As HH-JJ/48-49 400 mm X 250 mm	127.1	153.2
4	Balok As EE/31-32 700 mm X 400 mm	113	201.3	9	Balok As JJ/48-49 700 mm X 400 mm	118.6	195.6
5	Balok As EE/30-31 690 mm X 400 mm	121.3	202.7	10	Balok As JJ/47-48 700 mm X 400 mm	122.1	195.6

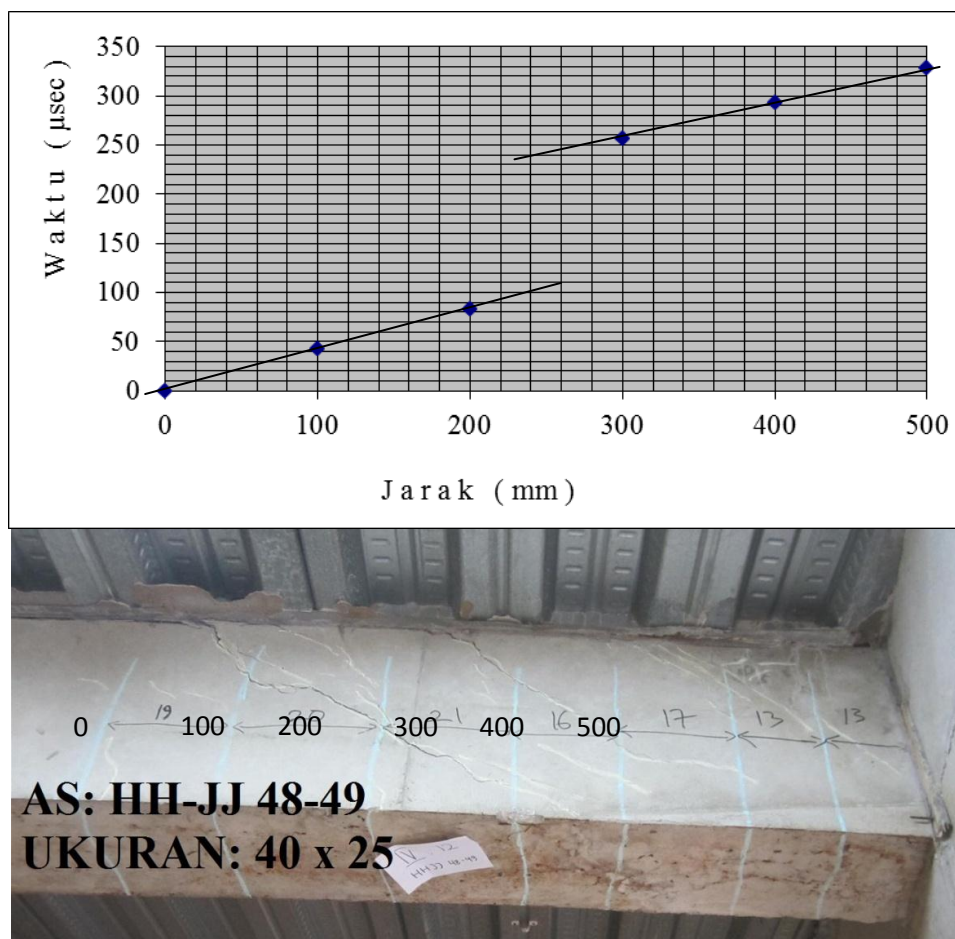
Tabel 2. Jarak dan waktu tempuh pulsa pada balok uji metode 2

Balok As UV/34 680 mm X 420 mm		Balok As NP/38 670 mm X 410 mm		Balok As EE/33-34 680 mm X 420 mm		Balok As EE/31-32 700 mm X 400 mm	
Jarak mm	Waktu μ.det	Jarak mm	Waktu μ.det	Jarak mm	Waktu μ.det	Jarak mm	Waktu μ.det
0	0	0	0	0	0	0	0
100	51,9	100	37,5	100	40,9	100	43,4
200	97,6	200	78,4	200	81,7	200	83,6
300	260,0	300	163,8	300	188,1	300	155,1
400	310,9	400	199,9	400	229,3	400	193,5
500	358,3	500	238,7	500	271,6	500	232,0
Balok As EE/30-31 690 mm X 400 mm		Balok As DD-EE/45 670 mm X 410 mm		Balok As E/47-48 680 mm X 420 mm		Balok As HH-JJ/48-49 400 mm X 250 mm	
0	0	0	0	0	0	0	0
100	28,8	100	37,2	100	31,5	100	43,4
200	56,7	200	72,3	200	61,9	200	83,6
300	114,6	300	181,2	300	135,7	300	155,1
400	142,0	400	217,6	400	166,9	400	193,5
500	171,1	500	254,4	500	200,4	500	232,0
Balok As EE/30-31 690 mm X 400 mm		Balok As DD-EE/45 670 mm X 410 mm					
0	0	0	0				
100	28,8	100	37,2				
200	56,7	200	72,3				
300	114,6	300	181,2				
400	142,0	400	217,6				
500	171,1	500	254,4				

Data pada Tabel 2 dibuat grafik seperti tampak pada gambar 3 untuk menentukan nilai T_1 dan T_2 berdasarkan metode 2, nilai T_1 , T_2 ini di sajikan pada tabel 3 berikut ini.

Tabel 3. Nilai T_1 dan T_2 pada metode 2

No.	Balok	T_1 μ .det	T_2 μ .det	No.	Balok	T_1 μ .det	T_2 μ .det
1	Balok As UV/34 680 mm X 420 mm	124	236	6	Balok As DD-EE/45 670 mm X 410 mm	91	163
2	Balok As NP/38 670 mm X 410 mm	96	145	7	Balok As E/47-48 680 mm X 420 mm	78	120
3	Balok As EE/33-34 680 mm X 420 mm	103	168	8	Balok As HH-JJ/48-49 400 mm X 250 mm	105	240
4	Balok As EE/31-32 700 mm X 400 mm	103	135	9	Balok As JJ/48-49 700 mm X 400 mm	101	140
5	Balok As EE/30-31 690 mm X 400 mm	71	100	10	Balok As JJ/47-48 700 mm X 400 mm	90	135



Gambar 3. Grafik hubungan jarak dan waktu tempuh sebelum dan sesudah keretakan pada balok AS HH-JJ/48-49

Berdasarkan Tabel 1 dan Tabel 3 serta dengan menggunakan persamaan 1 dan persamaan 2 ditentukan kedalaman keretakan pada masing-masing balok seperti pada Tabel 4 berikut:

Tabel 4. Kedalaman keretakan balok berdasarkan metode 1 dan metode 2

No.	Balok	Kedalaman Keretakan, h (mm)		Perbedaan Hasil Pengukuran mm
		Metode 1 b = 100,0 mm	Metode 2 L = 250,0 mm	
1	Balok As UV/34 680 mm X 420 mm	173	172	1
2	Balok As NP/38 670 mm X 410 mm	105	106	1
3	Balok As EE/33-34 680 mm X 420 mm	123	127	4
4	Balok As EE/31-32 700 mm X 400 mm	62	68	4
5	Balok As EE/30-31 690 mm X 400 mm	82	87	5
6	Balok As DD-EE/45 670 mm X 410 mm	154	154	0
7	Balok As E/47-48 680 mm X 420 mm	110	111	1
8	Balok As HH-JJ/48-49 400 mm X 250 mm	237	231	6
9	Balok As JJ/48-49 700 mm X 400 mm	86	83	3
10	Balok As JJ/47-48 700 mm X 400 mm	96	94	2

Tabel 4 memperlihatkan kedalaman keretakan yang terjadi pada balok menurut metode 1 dan metode 2. Perbedaan hasil pengukuran kedalaman keretakan oleh kedua metode tersebut tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan (1% - 2%), sehingga kedua metode tersebut memiliki akurasi yang baik dalam memperkirakan kedalaman keretakan yang terjadi pada beton.

Kecepatan penjarangan gelombang ultrasonik pada beton dipengaruhi oleh banyak faktor, antara lain kelembaban beton, kebersihan permukaan beton dan kehalusan permukaan beton (Pinto, 2015). Apabila permukaan beton basah, kotor dan tidak rata maka waktu tempuh gelombang ultrasonik dari pengirim menuju receiver menjadi sangat lama, ini disebabkan dalam penjarannya gelombang ultrasonik memerlukan zat perantara. Bila permukaan beton tersebut basah, kotor dan tidak rata akan menciptakan banyak rongga udara atau void di sepanjang aliran gelombang ultrasonik sehingga diperlukan waktu untuk berbelok menghindari void tersebut, sebagai akibatnya waktu tempuh menjadi lebih lambat. Dengan adanya gangguan-gangguan tersebut berakibat pada pembacaan waktu tempuh atau kecepatan rambat gelombang ultrasonik menjadi tidak akurat. Analisis tersebut tersebut menjadi dasar acuan prosedur yang benar dalam pengukuran kecepatan atau waktu tempuh gelombang ultrasonik. Diperlukan kepastian terhadap kondisi elemen struktur yang akan diuji terhadap tingkat kelembapan, kebersihan dan kerataan permukaan.

Keretakan merupakan kejadian yang seringkali muncul pada beton, ada yang lebar maupun sempit, panjang atau pendek, teratur atau tidak, dalam atau tidak. Banyak faktor yang menyebabkan munculnya keretakan, antara lain perbedaan temperatur dalam beton, proses pengeringan, proses pembebanan dan lainnya. Pada banyak kasus, keretakan yang muncul pada permukaan beton tidak berpengaruh terhadap kemampuan beton dalam memikul beban, namun lebih banyak pengaruhnya pada keawetan beton yaitu intrusi bahan-bahan agresif kedalam beton yang dapat memicu korosi besi penulangan. Sehingga kedalaman keretakan sangat menentukan penanganan yang harus dilakukan pada elemen struktur yang mengalami keretakan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan diskusi tersebut diatas maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengukuran kedalaman keretakan pada elemen struktur beton, dapat dilakukan dengan metode yang mengacu pada standard BS 1881 bagian 203 dan buku manual petunjuk penggunaan alat PUNDIT.
2. Kedua metode yang digunakan tidak menunjukkan perbedaan hasil kedalaman keretakan yang signifikan.
3. Dalam pengukuran waktu tempuh atau kecepatan rambat gelombang ultrasonik kondisi beton yang diuji harus kering, bersih dan rata.
4. Kedalaman keretakan yang terjadi pada beton berpengaruh pada metode perbaikan yang akan dilakukan pada elemen struktur tersebut.
5. Keretakan merupakan kejadian yang sering timbul pada elemen struktur sehingga diperlukan penanganan dan perencanaan yang tepat sebelum, saat dan setelah pengecoran.

DAFTAR PUSTAKA

- BS 1881: Part 203, 1986 *Measurement of Velocity of Ultrasonik Pulses in Concrete*, BSI, U.K., 1986.
- ASTM C 597 , 2009. *Test for Pulse Velocity Through Concrete*, ASTM, U.S.A.,
- Pinto, Roberto C. A, Medeiros, Arthur, Padaratz, Ivo J., Andrade, Patricia B. 2015. *Use of Ultrasound to Estimate Depth of Surface Opening Cracks in Concrete Structures*, www.ndt.net/?id=9954
- Shiotani, T. & Aggelis, D.G. 2007. *Determination of surface crack depth and repair effectiveness using Rayleigh waves*, Research Institute of Technology, Tobishima Corporation, Noda-shi, Japan
- Wibowo, Ari , Suseno, Hendro, Hasyim, M. Hamzah, Roland Martin, N. Christin Remayanti, K. Ardian Prima. 2014. *Crack Depth Measurement Of Reinforced Concrete Beams Using UPV*, Jurnal Rekayasa Sipil, Vol 8 No.1, 41-46.
- Mahdi, Shariati; Ramli-Sulong, Nor Hafizah; K. H. Mohammad Mehdi Arabnejad; Shafiqh, Payam; Sinaei, Hamid, 2011, *Assessing The Strength Of Reinforced Concrete Structures Through Ultrasonik Pulse Velocity And Schmidt Rebound Hammer Tests*, Scientific Research and Essays Vol. 6(1), pp. 213-22
- CNS Electronics Ltd, *Operating Instructions Pundit Plus Ultrasonik Instrument*.

