

ANALISIS INJEKSI EPOXY PADA PERBAIKAN RETAK BETON TERHADAP BEBAN LENTUR

Fajar Surya Herlambang^{1,*}, Evin Yudhi Setyono¹

¹Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Bali
Jl. Raya Kampus Udayana, Bukit Jimbaran, Badung Selatan, Bali

^{*}Email : fajarjtspn@gmail.com

Abstract

One of the causes of cracking in concrete beams is excessive gravitational load, mainly due to live loads that exceed capacity. The cracked beam can be repaired by the epoxy injection method but the condition of the repair is the strength value must reach the condition before cracking. The purpose of this study was to determine the effectiveness of injection in filling cracks and assessing epoxy ability in restoring beam strength. The specimen is a f'c 25 reinforced concrete block with dimensions of 15x15x60 cm. Tests are carried out with 2 methods, that are loading test according to SNI 03-4154-1996 and UPV. Load test and UPV were carried out at the age of 28 days and 3, 6, 9 days after epoxy injection. Based on the load test, epoxy injection is able to restore beam flexural strength up to 50% which is indicated by achieving load values after being injected. From the UPV test, it is known that epoxy injection is able to fill cracks which are characterized by increasing ultrasonic wave propagation speed on the test object after injection compared to when cracked but the injection cannot completely fill the cracked area which is indicated by a smaller wave propagation value than when the object the test has not experienced a crack. Based on a series of research activities, it is very necessary to pay attention to the injection process such as viscosity and injection pressure in order to obtain good results.

Kata kunci : crack, injection, epoxy

PENDAHULUAN

Struktur beton bertulang merupakan salah satu materi pokok yang digunakan sebagai struktur bangunan baik itu gedung, jalan, jembatan dan bendungan. Begitu pentingnya beton bertulang hingga semua aspek teknisnya diatur dalam peraturan dan telah menjadi suatu standar (SNI). Beton yang baik sangat penting untuk mendapatkan struktur yang aman, nyaman dan tahan lama. Aman dalam arti mampu menerima beban yang bekerja baik beban mati maupun beban hidup termasuk gempa sesuai dengan

fungsinya. Nyaman digunakan oleh pengguna karena mampu menghilangkan rasa khawatir apakah kuat atau tidak. Dari kedua aspek tersebut yang tak kalah pentingnya adalah memiliki umur pemakaian yang lama sesuai dengan perencanaannya.

Dalam pelaksanaan konstruksi bangunan, pekerjaan beton mendapat perhatian yang sangat besar. Hal ini tidak berlebihan karena pelaksanaan dan pengawasan yang baik diharapkan memberikan hasil beton yang baik sesuai yang diharapkan. Suatu struktur yang telah jadi dan masih digunakan

juga dapat mengalami kerusakan. Beberapa kejadian dapat menjadi penyebab kerusakan pada beton. Kerusakan yang terjadi biasanya berupa lendutan yang berlebihan, retak-retak dan pengelupasan lapisan selimut beton. Penyebab kerusakan dapat bermacam-macam diantaranya :

1. Kelebihan tegangan akibat beban yang bekerja lebih besar dari kemampuan beton.
2. Beton yang belum cukup umur untuk menerima beban.
3. Peralihan fungsi bangunan.
4. Kejadian alam seperti gempa bumi, longsong terpaan angin kencang, dll.

Salah satu kerusakan yang dapat terjadi adalah retak. Secara umum retak dapat dibedakan menjadi retak *longitudinal* searah sumbu batang, retak memotong penampang (*crossing*), retak diagonal dan retak yang menyebar pada permukaan beton. Pada elemen balok, retak yang terjadi biasanya *crossing* pada tengah bentang yang diakibatkan karena lendutan yang berlebihan dan retak diagonal pada tepi balok yang diakibatkan oleh gaya geser yang sangat besar seperti terjadinya gempa. Pada elemen kolom, retak dapat terjadi ditengah bentang karena tekuk yang dialami kolom dan retak longitudinal searah sumbu batang pada area sekitar perletakan yang disebabkan momen yang besar atau *over stresses* pada baja tulangan yang mana beton masih belum cukup keras. Pada plat lantai biasanya retak terjadi di tengah permukaan akibat beban lantai yang berlebihan.

Retak yang telah terjadi pada suatu struktur ada kalanya hanya terjadi pada satu atau dua elemen dari puluhan bahkan ratusan elemen yang ada. Dengan demikian retak tersebut tidak serta merta membuat struktur dibongkar. Perbaikan terhadap keretakan tersebut seyogyanya dikedepankan dan dilakukan pertama kali. Jika dirasa setelah perbaikan kemampuannya tidak pulih seperti sebelum retak, maka elemet tersebut masih dapat diperkuat. Dengan demikian keamanan struktur secara keseluruhan dapat dipertahankan.

Upaya perbaikan keretakan beton dapat dilakukan dengan jalan injeksi epoxy. Injeksi ini diharapkan dapat mengisi celah-celah keretakan hingga tertutup keseluruhan dan menyatukan bagian-bagian beton yang terpisah. Cara ini dapat digabungkan dengan cara lainnya yaitu penggantian selimut beton jika diketahui retak hanya sampai selimut beton dan membungkus elemen yang retak dengan bahan yang lebih daktail seperti jaring kawat, CRFD, dll. Penggabungan semua cara itu ternyata mampu meningkatkan kapasitas beban ultimit namun kekakuan menjadi turun (Griffin, 2017).

Perbaikan beton lainnya adalah dengan injeksi epoxy. Epoxy ini dapat digunakan untuk memperbaiki kerusakan pada beton khususnya retak. Perbaikan dilakukan dengan cara diinjeksi pada retak yang terjadi. Keandalan metode injeksi ini sangat tergantung pada tingkat viskositas dari epoxy yang dipergunakan (Nalini, 2017). Pada uji kuat tekan beton,

epoxy resin juga mampu memberikan hasil yang baik. Hal ini terbukti dengan naiknya nilai kuat tekan kubus beton 150x150x150 mm setelah dilakukan injeksi epoxy resin. Uji kuat tekan beton ini dilakukan pada umur beton 7, 14 dan 21 hari (Soebandono, 2011).

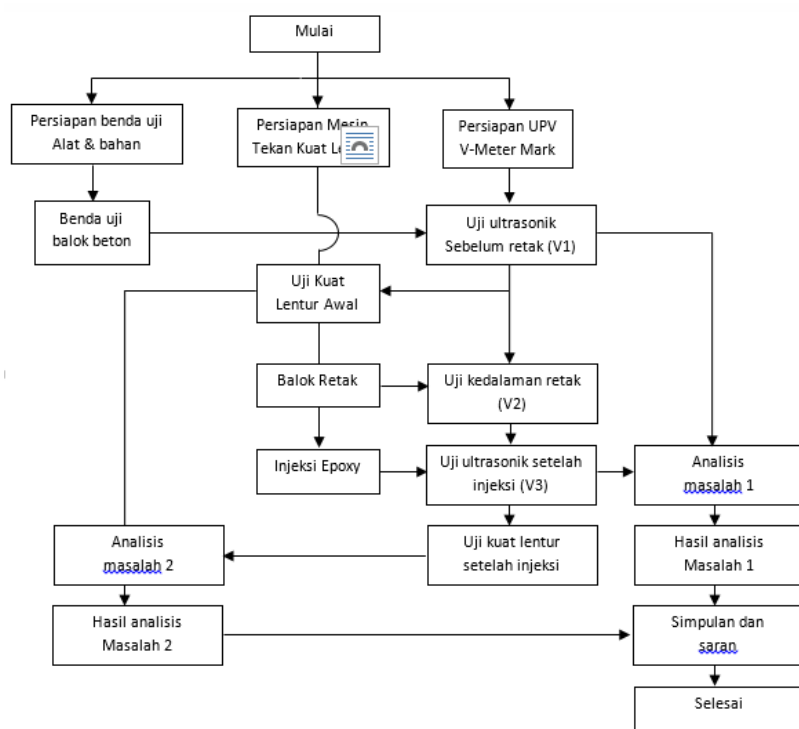
Berdasarkan uraian latar belakang di atas dapat dirumuskan permasalahan yaitu, apakah proses injeksi pada keretakan beton dapat mengisi seluruh celah retak yang terjadi, dan berapa besar injeksi epoxy pada retakan dapat mengembalikan kemampuan balok yang telah mengalami retak. Sesuai dengan permasalahan yang diangkat pada penelitian ini, maka tujuan penelitian ini adalah ingin mengetahui efektifitas proses injeksi dalam mengisi celah retak dan kemampuan epoxy mengembalikan kekuatan balok seperti sebelum retak terjadi.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menyelidiki efektifitas injeksi epoxy pada retak yang terjadi pada balok bertulang akibat beban gravitasi yang berlebihan. Efektivitas ini diperoleh dengan cara membandingkan kecepatan rambat gelombang UPV pada tiga kondisi yaitu :

1. Cepat rambat gelombang ultrasonic sebelum terjadi retak, nilai ini sebagai standar acuan yang akan menjadi pembanding nilai yang lainnya.
2. Cepat rambat gelombang ultrasonic setelah terjadi retak, nilai ini sekaligus untuk mengetahui kedalaman retak yang terjadi.
3. Cepat rambat gelombang ultrasonic setelah diinjeksi, nilai ini adalah nilai yang akan menentukan efektifitas injeksi. Efektivitasnya dinyatakan dalam persentase dibandingkan dengan nilai sebelum terjadi retak.

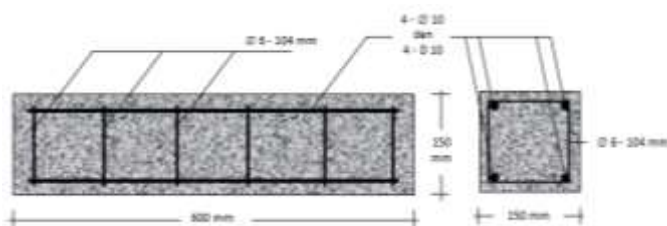
Selain itu, penelitian ini untuk mengetahui kemampuan epoxy dalam mengembalikan kemampuan kuat lentur balok beton setelah diinjeksi. Kemampuan tersebut didapatkan dengan cara membandingkan nilai kuat lentur balok saat dibebani lendutan hingga retak dengan nilai kuat lentur setelah diinjeksi. Penelitian ini bersifat eksperimental yang bertujuan memperoleh data-data primer dari pengujian di laboratorium. Data yang diperoleh akan dianalisis sesuai hasil pengujian. Alur penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 1 sebagai berikut :



Gambar 1. Alur Penelitian

Balok beton tersebut akan dibuat dari beton yang memiliki mutu yang sama dengan faktor air semen (FAS) sebesar 0,5. Bahan-bahan yang digunakan akan sama dan pengecoran akan dilakukan dalam periode yang bersamaan. Diharapkan dengan perlakuan yang sama ini akan

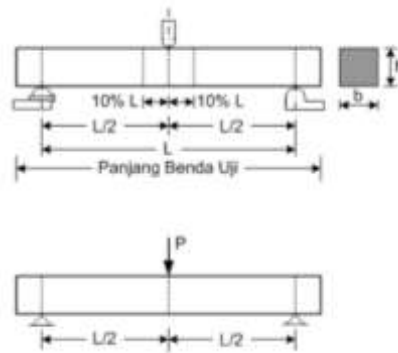
diperoleh benda uji yang homogen sehingga tidak ada keraguan mengenai kesamaan mutu benda uji. Benda uji akan di uji pada umur 28 hari atau lebih Balok beton yang akan dibuat ini memiliki dimensi 150 x 150 x 600 mm seperti diperlihatkan pada Gambar 2.



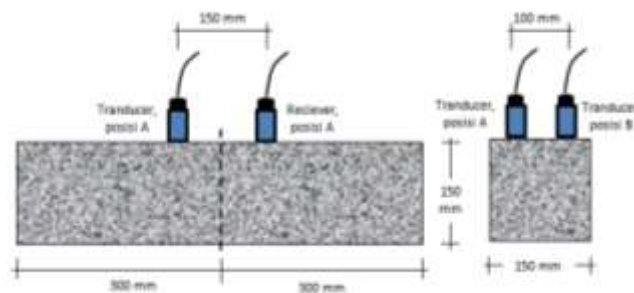
Gambar 2. Detail Benda Uji Balok Bertulang

Pengujian untuk mengetahui kekuatan beban yang mampu ditahan oleh balok dilakukan dengan memberi beban terpusat pada tengah bentang seperti pada Gambar 3 di bawah. Pengujian ultrasonik akan dilakukan

menggunakan adalah NDT James Instrumen tipe UPV V-meter Mark IV. Pengambilan data cepat rambat gelombang dilakukan secara *direct test* seperti pada Gambar 4 di bawah.



Gambar 3. Skema Pengujian Lentur dengan Satu Titik Beban Terpusat



Gambar 4. Teknik Pengujian UPV

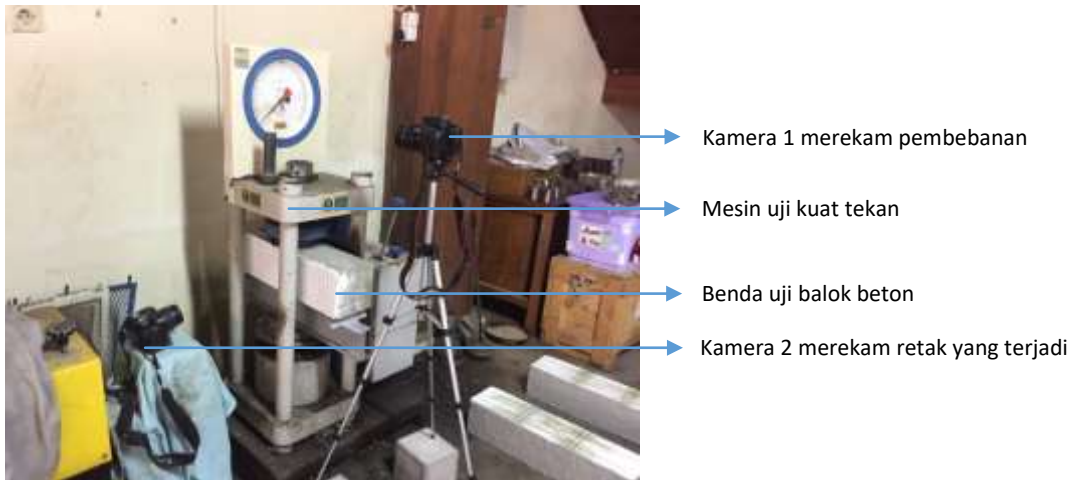
Data yang diperoleh dari pengujian akan dianalisis sehingga dapat diketahui efektifitas proses injeksi dalam mengisi celah retak dan kemampuan epoxy mengembalikan kekuatan balok seperti sebelum retak terjadi. Macam statistik yang akan digunakan pada penelitian ini adalah deskriptif kuantitatif. Pada analisis deskriptif akan dijelaskan berbagai karakteristik hasil pengujian yang diperoleh, rata-rata hasil pengujian pengaruh variasi dan median data.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk mengetahui besar beban yang menyebabkan balok retak, dilakukan uji pembebanan dengan beban terpusat 1 titik. Balok diletakkan pada 2 perletakan sederhana. Pembebanan diberikan menggunakan mesin uji tekan beton. Saat pengujian

pembebanan berlangsung dilakukan perekaman menggunakan 2 buah kamera yang masing-masing merekam proses retak yang terjadi dan sebuah lagi merekam besarnya beban yang diberikan. Proses pengujian dan perekaman ditunjukkan Gambar 5 di bawah.

Pengujian awal dilakukan untuk memproleh beban awal (P_0) yang membuat balok mengalami retak. Balok yang retak kemudian diinjeksi epoxy. Karena epoxy memerlukan waktu untuk mengeras, maka pengujian dilakukan pada umur injeksi 3 hari, 6 hari dan 9 hari. Setelah umur tersebut balok diuji beban kembali untuk mendapatkan beban setelah injeksi epoxy (P_1). Tabel 1 di bawah adalah hasil pengujian pembebanan sebelum diinjeksi epoxy dan setelah mengalami injeksi epoxy.



Gambar 5. Proses Pengujian Pembebanan untuk Mendapatkan Data Beban, P

Tabel 1. Resumen Uji Pembebanan Balok sebelum dan Setelah Injeksi

Umur Benda Uji (Hari)	No. Benda Uji	Beban Retak Kondisi Initial, P_0 (kN)	Beban Retak Setelah Injeksi, P_1 (kN)	Selisih Beban (kN)	Persentase Selisih (%)	Persentase Selisih Rata-rata (%)
3	1	16	8	-8	50.0	48.9
	2	16	8	-8	50.0	
	3	15	8	-7	46.7	
6	4	20	6	-14	70.0	66.7
	5	16	8	-8	50.0	
	6	20	4	-16	80.0	
9	7	16	12	-4	25.0	32.8
	8	12	8	-4	33.3	
	9	20	12	-8	40.0	

Sesuai dengan Tabel 1 dan Gambar 6 di atas, dapat disampaikan bahwa injeksi epoxy dapat membuat memperbaiki kondisi kekuatan balok setelah retak. Namun perbaikan ini tidak mampu mencapai kondisi awal sebelum retak. Pada umur injeksi 3 hari, 6 hari dan 9 hari kondisi tidak banyak berubah. Umur injeksi epoxy 6 dan 9 hari tidak membuat kemampuan perbaikan meningkat malah cenderung tidak stabil. Hal ini dapat berarti cukup 3 hari bagi epoxy untuk mencapai

kinerjanya. Artinya jika terjadi keretakan struktur dan perbaikan dilakukan dengan injeksi epoxy, maka pada umur 3 hari struktur sudah dapat dibebani.

Setelah disampaikan bahwa injeksi epoxy dapat memperbaiki kekuatan balik setelah retak maka perlu juga diketahui dari Gambar 6 dan Table 1 bahwa perbaikan yang mampu dicapai oleh injeksi epoxy tidak melebihi dari 50% kondisi semula. Hal ini perlu diketahui agar pembebanan

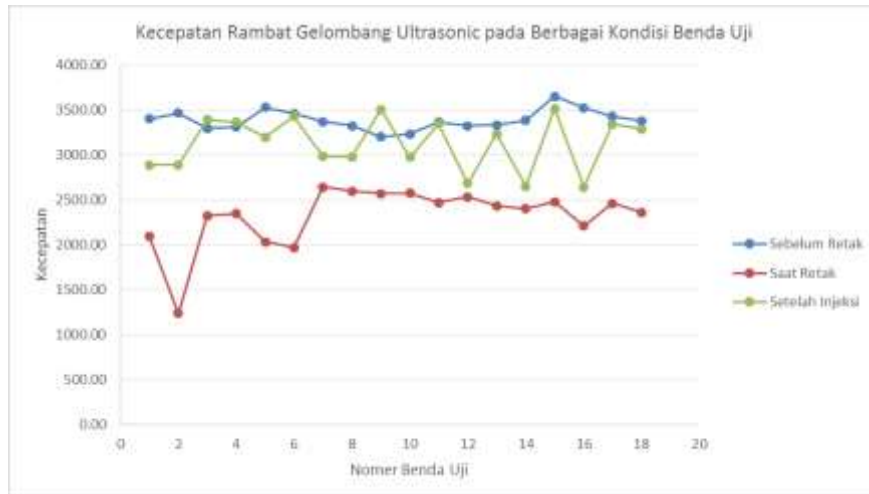
yang diberikan kepada struktur yang rusak dapat dibatasi.

Balok beton benda uji yang telah siap diuji terlebih dahulu dilakukan uji kecepatan rambat gelombang dengan UPV sebelum dilakukan uji beban hingga retak. Hasil pengujian kecepatan rambat gelombang kondisi inisial (UPV_0). Setelah balok mengalami uji lentur dan diperoleh nilai beban retak, maka benda uji diuji kembali kecepatan rambat gelombangnya. Pengujian dilakukan pada titik yang sama sehingga jarak antar titik menjadi sama

namun jarak aktualnya sebenarnya berbeda. Di titik uji sekarang dipisahkan oleh retak dan jarak actual menjadi lebih besar dari pada jarak pengujian. Hasil uji kecepatan rambat gelombang setelah terjadi retak (UPV_1). Setelah mendapatkan nilai UPV_1 maka retak dapat diinjeksi untuk mengisi celah retak yang terbentuk sekaligus menyatukan benda uji kembali. Pengujian kecepatan rambat gelombang setelah injeksi (UPV_2) dilakukan sebelum benda uji diuji retak. Hasil pengukuran seperti pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Kecepatan Rambat Gelombang (UPV)

No. Benda Uji	Posisi Pengujian	Sebelum Retak (UPV0)		Saat Retak (UPV1)		Setelah Diinjeksi (UPV2)	
		Waktu	Kecepatan	Waktu	Kecepatan	Waktu	Kecepatan
		Rambat (μ S)	Rambat (m/s)	Rambat (μ S)	Rambat (m/s)	Rambat (μ S)	Rambat (m/s)
1	A	58.90	3396.67	96.20	2097.67	69.27	2887.67
	B	57.73	3464.17	161.83	1236.00	69.37	2883.33
2	A	60.68	3296.17	86.07	2323.67	59.00	3390.00
	B	60.45	3308.33	85.28	2345.17	59.50	3362.50
3	A	56.80	3524.83	98.52	2030.17	62.63	3193.33
	B	57.92	3456.83	101.52	1970.33	58.37	3426.50
4	A	59.37	3369.00	75.82	2638.17	67.05	2983.17
	B	60.25	3319.67	77.03	2596.00	67.20	2976.17
5	A	62.63	3197.67	77.95	2565.83	57.08	3503.83
	B	61.93	3231.67	77.80	2570.67	67.32	2971.33
6	A	59.48	3362.33	81.00	2469.00	59.82	3343.50
	B	60.20	3322.17	79.03	2530.67	74.57	2682.33
7	A	60.08	3331.33	82.18	2433.50	62.13	3229.67
	B	59.17	3380.67	83.30	2401.00	75.55	2647.50
8	A	54.87	3647.83	80.72	2478.50	56.95	3512.33
	B	56.83	3519.17	90.62	2207.83	75.73	2641.00
9	A	58.40	3425.33	81.37	2459.50	59.85	3341.67
	B	59.33	3375.17	84.77	2359.50	60.85	3286.83



Gambar 7. Kecepatan Rambat Gelombang Ultrasonik dalam Uji UPV



Gambar 8. Waktu Rambat Gelombang Ultrasonik dalam Uji UPV

Analisa kualitas bahan dilakukan dengan mengukur waktu transit pulsa ultrasonik secara akurat melalui material yang sedang diuji. Jarak yang ditempuh oleh pulsa gelombang ultrasonik dalam material dan kecepatannya ditentukan menurut persamaan berikut :

$$Kecepatan = \frac{jarak}{waktu}$$

Pada kondisi retakan, panjang lintasan yang harus ditempuh gelombang akan bertambah karena

rambatan gelombang harus melalui retakan. Kecepatan yang menurun dan waktu tempuh yang semakin lama menunjukkan adanya perbedaan panjang lintasan antara sebelum retak dengan saat retak dan sesudah diinjeksi. Ketika pulsa ultrasonik berjalan melalui beton memenuhi bagian antarmuka beton dan udara, ada sejumlah transmisi energi yang hilang di antarmuka ini, sehingga setiap celah/retakan yang diisi udara yang terletak langsung di antara transduser akan menghalangi rambatan

gelombang ultrasonik. Akibatnya, pulsa gelombang pertama yang sampai pada transduser penerima akan terdifraksi di sekitar pinggiran retakan dan waktu transit akan lebih lama daripada beton serupa yang tanpa cacat.

Setelah pemberian injeksi epoxy pada retakan beton, terdapat kenaikan pada kecepatan gelombang ultrasonik. Begitu pula jika diamati waktu transitnya juga menjadi lebih singkat dari pada kondisi saat retak. Hal ini mengindikasikan bahwa epoxy tersebut mampu mengisi celah-celah udara dalam retakan, sehingga proses perambatan gelombang ultrasonik mendekati kondisi seperti beton awal, seperti yang terlihat pada Gambar 7 dan 8.

SIMPULAN

Berdasarkan kegiatan selama di laboratorium, data hasil pengujian dan analisis dapat ditarik kesimpulan bahwa berdasarkan uji UPV, injeksi epoxy mampu mengisi retak yang terjadi pada benda uji balok beton ditandai dengan meningkatnya kecepatan gelombang ultrasonik pada benda uji yang telah diinjeksi dibandingkan saat retak belum diinjeksi namun injeksi tersebut tidak dapat memenuhi seluruh area retak dengan sempurna yang ditandai dengan nilai kecepatan rambat gelombang yang lebih kecil dibandingkan saat benda uji belum

mengalami retak. Berdasarkan hasil uji beban dengan metode uji kuat lentur, injeksi epoxy ini mampu mengembalikan kekuatan lentur balok hingga 50% yang ditandai dengan pencapaian nilai beban setelah diinjeksi. Proses injeksi epoxy sangat berperan besar dalam keberhasilan perbaikan beton yang mengalami retak. Hal-hal yang sangat perlu diberi perhatian pada proses injeksi adalah viskositas, tekanan injeksi dan upaya memastikan semua retak terisi epoxy.

DAFTAR PUSTAKA

- Griffin, Sarah dkk., 2017, “*Evaluation of Epoxy Injection Method for Concrete Crack Repair*”, International Journal of Structural and Civil Engineering Research Vol. 6, No. 3, August 2017.
- Nalini.S. dkk, 2017, “*Experimental Study on Epoxy Injection on Concrete*”, International Journal of Mechanical Engineering and Technology (IJMET), Volume 8, Issue 12, December 2017, pp. 227–234, Article ID: IJMET_08_12_023
- Soebandono, Bagus dkk., 2011, “*Perbaikan Balok Beton Bertulang dengan Metode Jacketing dengan Bahan Fero semen Akibat Beban Siklik pada Beban Ultimit*”, Jurnal Ilmiah Semesta Teknik, Vol. 14, No. 2, Hlm. 166-176.