

## **EKSPERIMEN TARIK ANGKUR TIPE EKSPANSI SECARA *CAST IN PLACE* DAN *POST-INSTALLED* DENGAN KEGGALAN *BREAKOUT CONCRETE***

**Amirul Huda<sup>1\*</sup>, Henry Apriyatno<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup>Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang  
Kampus Sekaran, Gunungpati, Kota Semarang, Provinsi Jawa Tengah

\*Email: [amirulhuda119@gmail.com](mailto:amirulhuda119@gmail.com)

### **Abstrak**

*Penggunaan angkur dalam konstruksi semakin populer untuk menghubungkan konstruksi baja dan beton yang menyalurkan beban tarik yang bekerja ke beton. Penelitian bertujuan untuk mengetahui perbedaan kekuatan angkur berdasarkan metode pemasangan yakni secara cast in place dibandingkan post-installed melalui pengujian kuat tarik angkur terhadap beton dengan kegagalan breakout concrete. Angkur tipe ekspansi merk "Sanko" M12x100 (hef: 60 mm, diameter 12 mm, panjang 100 mm) dan beton ready mix fc 25 MPa. Dalam pengujian tarik angkur terhadap beton baik pemasangan angkur secara cast in place dan post installed, masing-masing metode pemasangan menggunakan 3 benda uji dengan dimensi 300x300x150 mm. Setiap benda uji terpasang 4 angkur. Hasil pengujian dan hitungan teoritis ditunjukkan dengan kegagalan breakout concrete (jebol beton) akibat tarik, dimana perilaku jebolnya beton disekitar angkur, dengan kekuatan maksimum rata-rata sebesar 40506,67 N untuk pemasangan cast in place dan 38187,33 N untuk pemasangan angkur secara post installed. Kuat tekan beton rata-rata sebesar 25,2 MPa. Kuat tarik (bahan) angkur rata-rata sebesar 338 MPa.*

**Kata kunci:** *ankur ekspansi, breakout concrete, cast in place, post installed, tarik*

### **PENDAHULUAN**

Angkur merupakan elemen baja yang ditanam dalam beton sebelum dicor ke dalam beton (*cast in place*) atau dipasang kemudian (*post installed*) ke dalam beton yang mengeras dan digunakan untuk menyalurkan beban tarik yang bekerja ke beton (SNI 2847-2019). Angkur digunakan untuk menghubungkan komponen struktural yakni struktur baja dan struktur beton. Pemasangan angkur mengalami perkembangan yang sebelumnya pemasangan dilakukan secara *cast in place* menjadi *post installed*, yang banyak digunakan dalam konstruksi.

Angkur *post installed* memiliki beragam jenis tipe, salah satu diantaranya tipe ekspansi. Tipe ekspansi dalam termasuk dalam angkur mekanis yang cara kerjanya dipukul hingga tertanam dalam beton dengan memanfaatkan gaya gesekan gelincir antara angkur dengan beton. Angkur tipe ekspansi sebelum dipasang, dilakukan pengeboran dan lubang dalam kondisi bersih (Eligehausen, 2006). Pemasangannya yang mudah dan cepat, langsung bekerja pada beton, sehingga angkur tipe ekspansi cukup populer digunakan.

Pentingnya angkur dalam konstruksi menyebabkan banyak riset yang berkembang dalam penelitian. Dalam perencanaan, tidak cukup menentukan panjang penyaluran atau kedalaman efektif angkur, karena sejak ACI 318-11 terdapat bab yang membahas kuat tarik angkur, yaitu Appendix D – *Anchoring to Concrete*.

Untuk mengetahui kapasitas tarik (*tension*) angkur yang bekerja ke beton dilakukan pengujian tarik. Dalam pengujian tarik angkur ke beton, kegagalan-kegagalan yang terjadi ketika diberikan beban tarik, salah satu diantaranya kegagalan *breakout concrete* (jebol beton) (Eligehausen, 2006). Jebolnya beton pada prinsipnya terjadi karena terlampaui kapasitas tarik ke beton, sehingga beton terangkat ke atas (Strba, 2015). Kegagalan breakout concrete ditandai dengan jebolnya beton idealnya berbentuk krucut beton dengan sudut 35° atau prisma dengan sudut 45° disekitar angkur. Mode kegagalan *breakout concrete* memperkirakan angkur kelompok yang terjadi dengan memperhitungkan salah satunya faktor jumlah jarak atau spasi angkur, jarak tepi di semua tipe angkur (ASDIP *Structural Engineering Software*, 2017).

Pengujian tarik dengan perilaku kegagalan *breakout* dikaitkan dengan kapasitas kekuatan berdasarkan cara pemasangan angkur, yaitu secara *cast in place* dan *post installed*. Seperti namanya *cast in place*, pemasangannya pada konstruksi baru ketika pengecoran beton. Angkur *post installed*

dipasang ke beton yang sudah mengeras dan dapat digunakan pada konstruksi lama untuk *retrofitting* (perbaikan) (Rodriguez, 1995).

## METODOLOGI

### Metodologi Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian adalah metode eksperimental laboratorium, suatu pengujian yang dilakukan di suatu laboratorium yang disesuaikan dengan teori dan mendapatkan hasil data dalam penelitian. Penelitian yang dilakukan ialah pengujian tarik baut angkur ekspansi pemasangan secara *cast in place* dan *post installed* dengan masing-masing metode pemasangan menggunakan 3 benda uji dengan dimensi 300x300x150 mm. Setiap benda uji terpasang 4 angkur dengan angkur tipe ekspansi merk “Sanko” M12x100 (panjang kedalaman atau hef 60 mm, diameter 12 mm, panjang 100 mm), dan beton *readymix* mutu beton 25 MPa. Penelitian bertujuan untuk mengetahui bagaimana perbedaan kapasitas tarik baut angkur yang dipasang secara *cast in place* dengan *post installed* dan kegagalan *breakout concrete* di Laboratorium Bahan dan Struktur Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang dimulai pada bulan Januari sampai bulan Mei 2020.

### Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian diantaranya pengujian kuat tarik (bahan) angkur, pengujian kuat tekan beton, dan pengujian tarik angkur ke beton. Dalam pengumpulan data penelitian dilaksanakan di Laboratorium Pengujian Bahan Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang, Batching Plant P.T. Bonindo Ungaran Kabupaten Semarang, dan Laboratorium Bahan Struktur Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang.

### Kuat Tarik (Bahan) Angkur

Kuat tarik angkur memiliki kesamaan dengan kuat tarik baja yakni kemampuan baja dalam menerima beban tarik per satuan luas penampang, yang bertujuan untuk mengetahui tegangan baja, dalam menarik benda uji menggunakan *Ultimate Testing Machine* sesuai SNI 07-2529-1991 dan SNI 07-0408-1989.

$$\sigma = P/A \quad (1)$$

dengan :

$$\begin{aligned} \sigma &= \text{Tegangan (MPa)} \\ P &= \text{Besarnya beban maksimum (N)} \\ A &= \text{Luas penampang (mm}^2\text{)} \end{aligned}$$

### Kuat Tekan Beton

Nilai kuat tekan beton didapatkan melalui cara pengujian standar SNI 1947-2011, menggunakan mesin uji dengan cara memberikan beban tekan atas benda uji silinder beton (diameter 150 mm, tinggi 300 mm) sampai hancur. (Apriyatno, 2010).

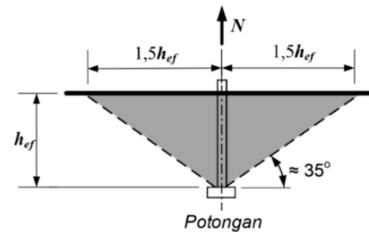
$$f_c' = P/A \quad (2)$$

dengan :

$$\begin{aligned} f_c' &= \text{Kuat tekan beton (MPa)} \\ P &= \text{Besarnya beban tekan (N)} \\ A &= \text{Luas penampang silinder beton (mm}^2\text{)} \end{aligned}$$

### Kuat Tarik Angkur ke Beton

Pada saat pengujian tarik, kegagalan pada permukaan dapat membentuk yang menyerupai krucut beton, dan terangkatnya beton akibat beban tarik maka disebut *breakout concrete* akibat tarik. Dalam SNI 2847-2019, perhitungan kekuatan jebol (*breakout*) didasarkan pada model yang disarankan yaitu model CCD (*Create Capacity Design*), dengan sudut prisma jebol (*breakout*) sekitar 35°, seperti pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Kegagalan *breakout concrete* akibat tarik

Dalam perencanaan, baut angkur yang dipasang dengan jarak minimum  $6d$  (enam kali diameter baut angkur) dari angkur satu ke angkur lain ( $s_1$ ) atau dari angkur ke tepi beton ( $c_{a1}$ ), dilakukan agar tidak terjadi kegagalan struktur. Untuk kedalaman efektif dari baut angkur secara umum tidak boleh melebihi dari  $2/3$  tebal komponen struktur.

Kekuatan nominal jebol beton (*breakout concrete*) dalam tarik  $N_{cb}$  untuk angkur kelompok (Dewobroto, 2015) :

$$N_{cbg} = \frac{A_{NC}}{A_{NCO}} N_b \quad (3)$$

dengan :

$N_{cbg}$  = Kuat nominal jebol beton dalam tarik (N)

$A_{NC}$  = Luas proyeksi kerusakan beton pada angkur kelompok untuk memperhitungkan kuat tarik ( $\text{mm}^2$ )

$A_{NCO}$  = Luas Luas proyeksi kegagalan maksimum untuk kuat jebol akibat tarik ( $\text{mm}^2$ )

$$N_b = k_c \cdot \lambda_a \cdot \sqrt{f_c'} \cdot h_{ef}^{1.5} \quad (4)$$

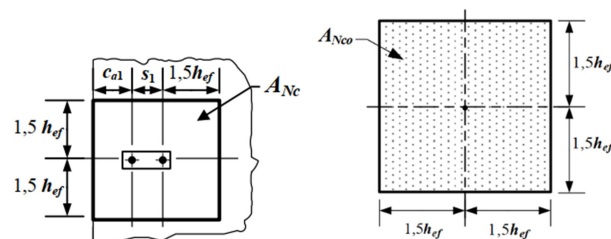
dengan :

$N_b$  = Kuat dasar jebol angkur terhadap tarik (N)

$\lambda_a$  = Faktor modifikasi untuk materil beton normal  $\lambda=1$

$f_c'$  = mutu beton (MPa)

$h_{ef}$  = kedalaman efektif angkur (mm)



**Gambar 2.** Perhitungan  $A_{NC}$  dan perhitungan  $A_{NCO}$

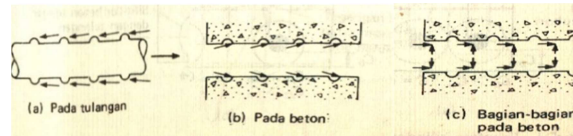
$$A_{NC} = (2 \cdot 1,5h_{ef} + s_1) (c_{a1} + s_1 + 1,5h_{ef}) \quad (5)$$

$$A_{NCO} = 9 h_{ef}^2 \quad (6)$$

$A_{NC}$  tidak boleh melebihi  $nA_{NCO}$ , dimana  $n$  adalah jumlah angkur yang dikencangkan dalam kelompok.

### **Keruntuhan Lekatan (*Bond Stress Failure*)**

Keruntuhan lekatan (*bond failure*) dengan tulangan berprofil/angkur dalam beton normal hampir selalu merupakan keruntuhan *slip* akibat terlepasnya tulangan/angkur dari beton akibat kegagalan *interlocking*. Pola keruntuhan pembelahan beton terbelah menjadi dua atau tiga bagian karena aksi *interlocking* baji (*wedging*) dari gerigi terhadap beton serta gaya-gaya interaksi antara tulangan berprofil/angkur dan beton sekeliling (Prasetyo, 2019).



**Gambar 3.** Lekatan Tulangan/Angkur ke Beton

Keruntuhan lekatan antara baja tulangan/angkur dan beton yang mungkin terjadi pada saat dilakukan pengujian biasanya ditunjukkan oleh salah satu atau lebih dari peristiwa berikut ini (Nuryani, 2005 dalam Langi, 2018): (1) *transverse failure* yaitu adanya retak pada beton arah transversal/melintang akibat tegangan tarik yang tidak dapat ditahan oleh selimut beton, keruntuhan ini akan menurunkan tegangan lekat antara baja tulangan dan beton, (2) *splitting failure* yaitu adanya retak pada beton arah longitudinal/memanjang akibat tegangan radial geser yang tidak dapat ditahan oleh selimut beton, keruntuhan ini akan menurunkan tegangan lekat antara baja tulangan dan beton, (3) *pull out failure/slip* yaitu kondisi dimana baja tulangan tercabut dari beton tanpa mengalami retak yang diakibatkan komponen tegangan geser yang memecah lekatan antara baja tulangan dan beton, (4) baja tulangan mencapai leleh yaitu apabila baja tulangan meleleh diikuti oleh kontraksi /pengecilan diameter tulangan, hal ini mengakibatkan tidak berfungsinya lekatan terhadap beton yang mengelilinginya, sehingga akan menurunkan atau bahkan hilangnya daya lekatan antara baja tulangan dan beton, (5) putusannya tulangan apabila penanamannya terlalu panjang.

Kekuatan lekatan bergantung pada faktor-faktor utama sebagai berikut (Nawy, 1998 dalam Langi, 2018): (1) adhesi antara elemen beton dan tulangan baja, (2) efek gripping (*memegang*) sebagai akibat dari susut pengeringan beton disekeliling tulangan dan saling geser antara tulangan dengan beton disekitarnya, (3) tahanan gesekan (*friksi*) terhadap gelincir dansaling mengunci pada saat tulangan mengalami tegangan tarik, (4) kualitas beton yaitu kekuatan tarik dan tekannya, (5) efek mekanis penjangkaran ujung tulangan yaitu dengan panjang penyaluran (*development length*), panjang lewatan (*splicing*), bengkokan tulangan (*hooks*) dan persilangan tulangan, (6) diameter, bentuk dan jarak tulangan karena semuanya mempengaruhi pertumbuhan retak.

Tegangan lekat dapat dihitung dengan rumus (Langi, 2018):

$$\mu = \frac{T}{ld \cdot \pi \cdot db} \quad (7)$$

dengan :

- T = Gaya tarik yang terjadi (N)
- $\mu$  = Tegangan lekat antara baja tulangan dan beton (MPa)
- ld = Panjang penjangkaran (mm)
- db = Diameter tulangan/angkur (mm)
- $\pi$  = Phi

Untuk rumus interlocking dapat kita lihat dibawah ini (Prasetyo, 2019):

$$F = A_s \cdot f_v \quad (8)$$

dengan :

- F = Kuat interlocking (N/mm<sup>2</sup>)
- A<sub>s</sub> = Luas selimut angkur mengembang (mm<sup>2</sup>)
- f<sub>v</sub> = Tegangan geser beton = 0,30  $\sqrt{f_c'}$  (N)

### Uji F (ANOVA)

Uji F digunakan untuk mengetahui apakah variabel-variabel independen secara simultan berpengaruh signifikan terhadap variabel dependen. Derajat kepercayaan yang digunakan adalah 0,05. Dalam uji F dilakukan menggunakan *software* SPSS untuk data hasil pengujian.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Uji Kuat Tarik (Bahan) Angkur



**Gambar 4.** Benda Uji Tarik (Bahan) Angkur

**Tabel 1.** Uji Tarik (Bahan) Angkur

Benda uji	Do (mm)	$f_y$ (Mpa)	$f_u$ (Mpa)	Regangan	$\Delta L$ (mm)	L (mm)
1	8	310	358	10.88%	43.5	400
2	8	385	425	13.13%	52.5	400
3	8	345	375	11.25%	45	400
4	8	310	375	11.38%	45.5	400

Dari hasil uji tarik di laboratorium kuat tarik angkur diperoleh  $F_y$  rata-rata sebesar 338 MPa.

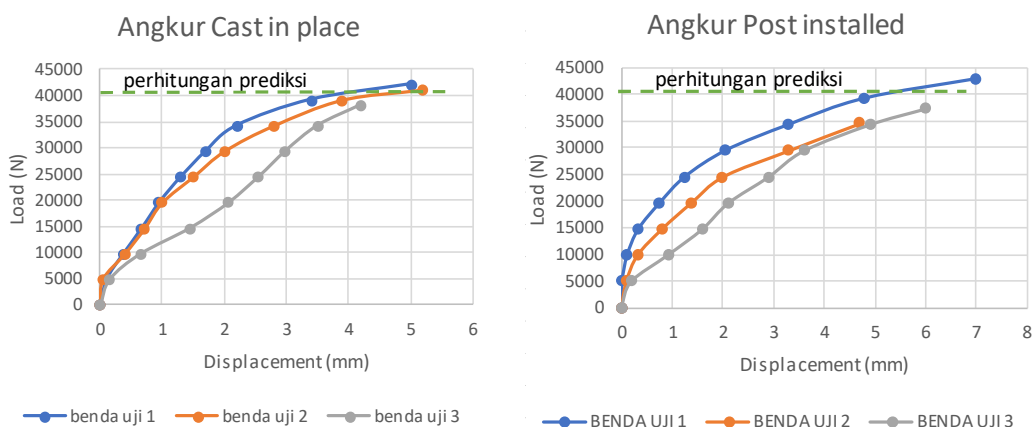
### Uji Kuat Tekan Beton

**Tabel 2.** Uji Tekan Beton

Benda Uji	Umur (hari)	D (mm)	H (mm)	Gaya tekan (ton)	Kokoh Silinder 28 Hari (kg/cm <sup>2</sup> )	Kokoh Silinder 28 Hari (MPa)
1	40	150	300	65.5	356.7	29.0
2	40	150	300	51.5	280.5	22.8
3	40	150	300	53.5	291.4	23.7

Dari hasil uji tekan silinder beton diperoleh  $f_c$  rata-rata sebesar 25,7MPa

### Uji Tarik Angkur ke Beton



**Gambar 5.** Grafik Hasil Pengujian Angkur Secara *Cast In Place*

Dari hasil pengujian didapat beban maksimum rata-rata sebesar 40506,67 N pada angkur pemasangan secara *cast in place*, sedangkan pada angkur secara *post installed* beban maksimum rata-rata sebesar 38187,33 N.

Perhitungan prediksi secara teori beban maksimum tarik angkur ke beton dengan perilaku kegagalan breakout concrete sebesar 40767 N. Dengan kedalaman efektif angkur (hef) 60 mm, jarak antar angkur (s1) 100 mm, jarak angkur ke tepi (ca1) 100 mm, dan mutu beton  $f_c$  25 MPa. Adapun perhitungannya sebagai berikut.

$$A_{NC} = (2 \cdot 1,5hef + s1) (Ca1 + s1 + 1,5hef) = 81200 \text{ mm}^2$$

$$A_{NCO} = 9 \text{ hef}^2 = 32400 \text{ mm}^2$$

$$Nb = kc \cdot \lambda a \cdot \sqrt{f'c} \cdot hef^{1.5} = 16267 \text{ N}$$

$$Ncbg = \frac{A_{NC}}{A_{NCO}} Nb = 40767 \text{ N}$$



**Gambar 6.** Benda Uji Pasca Pengujian secara *cast in place* dan *post installed*

### Keruntuhan Lekat

#### Tegangan Lekat

Perhitungan tegangan lekat digunakan pada benda uji angkur pemasangan secara *cast in place* karena terjadi lekatan pada saat proses pengeringan beton. Tegangan lekat diperoleh dari data gaya tarik pada benda uji pada pengujian tarik angkur ke beton. Adapun hasilnya tegangan lekat rata-rata satu angkur pada setiap benda uji 17,92 MPa.

**Tabel 3.** Tegangan Lekat

Benda Uji	kedalaman angkur ld (mm)	diameter angkur db (mm)	Load T (N)	Tegangan Lekat $\mu$ (MPa)	n angkur	Tegangan Lekat $\mu$ (MPa)
C-in 1	60	12	42183	18.641477	4	74.565909
C-in2	60	12	41202	18.207955	4	72.831818
C-in3	60	12	38259	16.907386	4	67.629545

#### Kapasitas interlocking

Kapasitas *interlocking* pada angkur dapat dihitung dengan menggunakan data kuat beton tekan rata-rata dan luas permukaan angkur mengembang (ekspansi). Perhitungannya sebagai berikut.

$$fv = (0,30\sqrt{f'c}) = 1,52 \text{ MPa}$$

$$As = As1 + As2 \text{ (krucut mengembang)} = 1508,571 + 850,9547 = 2359,529 \text{ mm}^2$$

$$F = As \cdot fv = 3588,328 \text{ N/mm}^2$$

Dalam pengujian tarik angkur ke beton telah terjadi interlocking sebesar 3588,328 N/mm<sup>2</sup>.

**Uji F (ANOVA)**

Dasar Pengambilan Keputusan Untuk Uji F Dalam Analisis Regresi

Berdasarkan nilai F hitung dan F tabel :

1. Jika nilai F hitung > F tabel maka variabel bebas (X) berpengaruh terhadap variabel terikat (Y).
2. Jika nilai F hitung < F tabel maka variabel bebas (X) tidak berpengaruh terhadap variabel terikat (Y).

*Metode Cast In Place*

**Tabel 4.** Hasil R square

R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
0.928	0.861	0.855	0.58089

R square adalah seberapa besar variabel X(besar pembebanan) mempengaruhi Y(panjang angkur yang tercabut), dari data diatas variable X mempengaruhi variable Y sebesar 86%, Sisanya (14%) dipengaruhi variabel lain seperti adhesi, kohesi, efek memegang dan lain-lain.

**Tabel 5.** Hasil Anova

	Sum of Square	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	50.250	1	50.250	148.919	0.000
Residual	8.098	24	0.337		
Total	58.348	25			

Berdasarkan hasil output SPSS dapat melihat dimana nilai F hitung lebih besar dari pada nilai F tabel (148,919 > 3,42) dengan tingkat signifikan di bawah 0,05 yaitu 0,000. Berdasarkan cara pengambilan keputusan uji simultan dalam analisis regresi dapat disimpulkan bahwa besar pembebanan jika diuji berpengaruh signifikan terhadap panjang angkur yang tercabut.

*Metode Post-Installed*

**Tabel 6.** Hasil R Square

R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
0.925	0.856	0.850	0.78747

R square adalah seberapa besar variabel X(besar pembebanan) mempengaruhi Y(panjang angkur yang tercabut), dari data diatas variabel X mempengaruhi variabel Y sebesar 85%, Sisanya (15%) dipengaruhi variabel lain seperti adhesi, kohesi, efek memegang dan lain-lain.

**Tabel 7.** Hasil Anova

	Sum of Square	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	81.298	1	81.298	131.104	0.000
Residual	13.642	22	0.620		
Total	94.940	23			

Berdasarkan hasil output SPSS dapat melihat dimana nilai F hitung lebih besar dari pada nilai F tabel (131,104 > 3,47) dengan tingkat signifikan di bawah 0,05 yaitu 0,000. Berdasarkan cara pengambilan keputusan uji simultan dalam analisis regresi dapat disimpulkan bahwa besar pembebanan jika diuji berpengaruh signifikan terhadap panjang angkur yang tercabut.

**KESIMPULAN**

Dari hasil penelitian, yang dapat disimpulkan kuat tarik (bahan) angkur rata-ratanya sebesar 338 MPa, untuk kuat tekan beton rata-rata sebesar 25,7 MPa. Kapasitas tarik angkur ke beton secara *cast in place* adalah rata-ratanya sebesar 40506,67 N, sedangkan secara *post installed* rata-ratanya sebesar 38187,33 N, dan prediksi perhitungan kapasitas tarik kegagalan *breakout concrete* sebesar 40767 N.

Perbedaan hasil pengujian tarik angkur dipengaruhi oleh beberapa faktor yakni pada hasil pengujian metode pemasangan *cast in place* dipengaruhi oleh tegangan lekat sebesar 17,92 MPa untuk setiap angkurnya dan kuat interlocking sebesar 3588,328 N/mm<sup>2</sup>, sedangkan *post installed* tidak terjadi tegangan lekat karena pemasangan dilakukan setelah beton mengering tetapi kuat interlockingnya mempengaruhi dengan sebesar 3599,328 N/mm<sup>2</sup>.

Ditinjau pada kegagalan jebolnya beton (*breakout concrete*), pada saat pasca pengujian telah terjadi keruntuhan lekatan beton sehingga terjadi jebolnya beton untuk pengujian benda uji angkur pemasangan *cast in place*, sedangkan untuk pemasangan secara *post installed* terjadi keruntuhan lekatan yang tertariknya baut angkur tetapi tidak terjadi begitu parah kerusakan betonnya.

Dari hasil uji F (anova) angkur metode pemasangan secara *cast in place* dan *post installed* sama-sama berpengaruh bahwa besar pembebanan pada saat diuji berpengaruh signifikan terhadap panjang angkur yang tercabut (*displacement*), sehingga *retrofitting* (perbaikan) pada konstruksi lama dapat dilakukan dengan pemasangan angkur secara *post installed*.

## DAFTAR PUSTAKA

- ACI. 2011. *Building Code Requirements for Structural Concrete (318-11) An ACI Standard and Commentary*. ACI 318-11. First Printing. Farmington Hills U.S.A : Reported by ACI Committee 318.
- Apriyatno, Henry. 2010. Kapasitas Geser Balok Beton Bertulang dengan *Polypropylene Fiber* sebesar 4 % dari Volume Beton. *Jurnal Teknik Sipil & Perencanaan* 12 (2) : 161-171.
- Badan Standarisasi Nasional. 2019. Standar Nasional Indonesia : *Persyaratan beton struktural untuk gedung dan penjelasan*. SNI 2847-2019. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2011. Standar Nasional Indonesia : *Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder*. SNI 1947- 2011. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 1991. Standar Nasional Indonesia : *Metode Pengujian Kuat Tarik Baja Beton*. SNI 07-2529-1991. Indonesia
- Badan Standarisasi Nasional. 1989. Standar Nasional Indonesia : *Cara Uji Tarik Logam*. SNI 07-0408-1989. Indonesia.
- Dewobroto, Wiryanto. 2015. *Struktur Baja (Perilaku, Analisis dan Desain – AISC 2010)*. Edisi Pertama. Cetakan Pertama. Banten: Lumina Press.
- Eligehausen, R. et. al. 2006. *Anchorage in Concrete Construction*. First Edition. Berlin: Ernst & Sohn GmbH & Co. KG. Published.
- Eligehausen, Rolf, Cook, Ronald A., and Appl., Jorg. 2006. *Behavior and Design of Adhesive Bonded Anchors*. *ACI Structural Journal* 5 (6): 103-S83.
- Langi, William, Kumaat, Ellen J., dan Manalip, Hieryco. 2018. Tegangan Lekat antara Baja dan Beton dengan Mutu Beton 40-70 MPa. *Jurnal Sipil Statik* 11 (6) : 995-1002.
- Prasetyo, Imam dan Apriyatno, Henry. 2019. Studi Literatur Kapasitas Defleksi dan Lentur dan Defleksi Balok Beton Bertulang dengan Menggunakan Tulangan Spiral. *Civil Engineering and Environmental Symposium 2019*. Semarang.
- Rodriguez, Milton. 1995. Behavior of Anchors in Uncracked Concrete Under Static and Dynamic Tensile Loading. *Tesis*. Master of Science in Engineering of the University of Texas. Auustin.
- Strba, Michal and Karmazinova, Marcela. 2015. Experimental Verification of Load-Carrying Capacity in Case of Steel Post-Installed Expansion Anchors Subjected to a Tension Loading. *Fluids, Heat and Mass Transfer, Mechanical and Civil Engineering*. ISBN: 978-1-61804-358-0.
- ASDIP Structural Engineering Software. 2017. Anchor Rods: How to Calculate the Tension Concrete Breakout Capacity, <https://www.asdipsoft.com/anchor-rods-how-to-calculate-the-tension-breakout-capacity/>, diakses tanggal 14 Februari 2020.