

## PERILAKU KEGAGALAN *BREAKOUT* TERHADAP GAYA GESER PADA BAUT ANKUR TERHADAP PERBANDINGAN KEKUATAN METODE PEMASANGAN *CAST-IN PLACE* DAN *POST INSTALLED*

Helmy Khrisna Indryawan<sup>1</sup>, Henry Apriyatno<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang  
Gedung E4, Kampus Sekaran, Gunungpati, Kota Semarang 50p229, Telp. (024) 8508102  
[helmy.khrisna@gmail.com](mailto:helmy.khrisna@gmail.com)

### Abstrak

Penelitian dilakukan dengan menggunakan dua metode pemasangan yang berbeda yaitu cor ditempat (*Cast-in Place*) dan pasca pasang (*Post Installed*) dengan meninjau kegagalan kuat jebol (*Breakout*) beton terhadap gaya geser. Kuat jebol (*Breakout*) beton terhadap gaya geser dipengaruhi oleh jarak dari pusat baut ke tepi beton. Penelitian dilakukan meliputi pengujian tekan beton, pengujian tarik belah beton menggunakan 6 unit spesimen beton berbentuk silinder 150 mm x 300 mm, dan pengujian *Breakout* geser ankur menggunakan media beton yang ditinjau berdimensi 300 mm x 300 mm x 150 mm sebanyak 6 unit. Angkur yang digunakan adalah ankur pukol sanko berdiameter 12 mm sebanyak 4 unit untuk 1 spesimen beton. Hasil pengujian kuat tarik ankur didapatkan hasil tegangan leleh sebesar 338 MPa dan tegangan ultimate sebesar 383 MPa, sedangkan hasil pengujian kuat tekan beton didapatkan hasil sebesar 25,2 MPa. Kuat jebol (*Breakout*) beton dari hasil hitungan teoritis didapatkan hasil sebesar 47406,61 N. Dari pengujian penulis mendapatkan hasil kuat *breakout* untuk metode pemasangan *Cast-in Place* sebesar 48150.75 N dan untuk metode pemasangan *Post Installed* sebesar 47742.00 N. Beban maksimum yang diperoleh dari hasil pada kedua metode pengujian nilainya mendekati pada perhitungan teoritis. Nilai pengujian *Breakout* terhadap geser dengan pemasangan ankur metode *Cast-in Place* lebih besar dibandingkan dengan nilai pengujian dengan menggunakan metode *Post Installed*.

**Kata Kunci :** *Baut Angkur, Breakout, Cast-in Place, Post Installed*

### PENDAHULUAN

Baut ankur atau anchor bolt adalah sambungan antara beton dengan elemen struktural maupun non-struktural (Wikipedia). Anchor bolt berfungsi menyalurkan gaya tekan dan gaya tarik di antara sambungan tersebut. Menurut Appendix D (ACI 2011) dikenal dua jenis ankur berdasarkan cara pemasangannya yaitu cor ditempat (*cast in place*) dan pasca pasang (*post installed*).

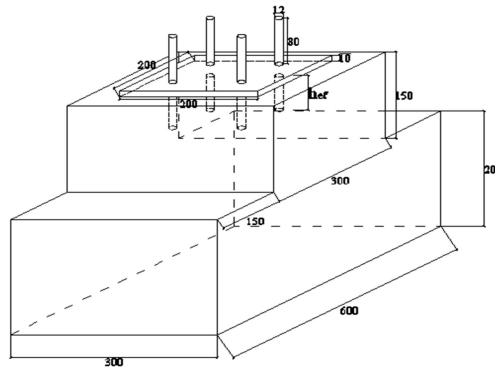
Angkur merupakan jenis material yang kinerjanya mencakup gabungan dari dua jenis material yang berbeda, baja yang daktil dan mempunyai kekuatan yang sama terhadap tarik dan tekan, serta beton yang bersifat getas dan hanya kuat menerima tegangan tekan saja. Pola keruntuhan baut ankur adalah terhadap gaya tarik dan gaya geser, salah satunya adalah Kuat Jebol (*Breakout*) Beton Terhadap Gaya Geser. (Wiryanto,2015)

Concrete *Breakout* merupakan salah satu pola keruntuhan pada penggunaan ankur. Concrete *Breakout* sendiri ada dua penyebab kegagalan, yaitu kegagalan akibat gaya tarik, dan juga akibat gaya geser. Jika *Breakout* terhadap gaya tarik akan menyebabkan beton yang sejajar dengan baut pecah pada bagian atas yang terangkat. Sedangkan *Breakout* terhadap gaya geser, beton yang tegak lurus dengan baut akan pecah bagian pinggir mengikuti arah dari gaya yang diberikan.

### METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian adalah metode eksperimental laboratorium, yaitu suatu pengujian yang dilakukan di laboratorium untuk mendapatkan hasil yang diinginkan. Benda uji yang dibuat adalah benda uji beton dengan ukuran 300 mm x 300 mm x 150 mm sebanyak 6 buah, dimana 3 buah untuk pengujian dengan metode *cast in place* dan 3 buah untuk

pengujian metode *post installed*. Angkur yang digunakan adalah angkur pukol merk sanko berdiameter 12 mm sebanyak 4 unit untuk 1 spesimen beton.



Gambar 1. Desain Spesimen Benda Uji

### Kuat Tekan Beton ( $f'c$ )

Kuat tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Penentuan kekuatan tekan dapat dilakukan dengan menggunakan alat uji tekan dan benda uji berbentuk silinder (diameter 150 mm, tinggi 300 mm) dengan prosedur uji ASTM (*American Society for Testing Materials*) pada umur 28 hari (Mulyono, 2004).



Gambar 2. Benda Uji Kuat Tekan Beton

Karena ada beban tekan  $P$ , maka terjadi tegangan tekan pada beton ( $\sigma_c$ ) sebesar beban ( $P$ ) dibagi dengan luas penampang ( $A$ ), sehingga dirumuskan:

$$\sigma_c = \frac{P}{A} \tag{1}$$

dengan :

- $\sigma_c$  = tegangan tekan beton (MPa)
- $P$  = besar beban tekan (N)
- $A$  = luas penampang beton (mm<sup>2</sup>)

Beban  $P$  juga mengakibatkan bentuk fisik silinder beton berubah menjadi lebih pendek, sehingga timbul regangan tekan pada beton ( $\epsilon_c'$ ) sebesar perpendekan beton ( $L$ ) dibagi dengan tinggi awal silinder beton ( $L_0$ ), ditulis dengan rumus:

$$\epsilon_c' = \frac{L}{L_0} \tag{2}$$

dengan :

- $\epsilon_c'$  = regangan tekan beton
- $L$  = perpendekan beton (mm)
- $L_0$  = tinggi awal silinder (mm)

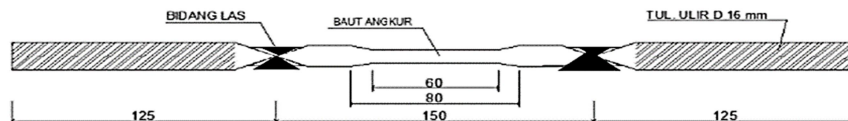
### Pengujian Tarik Angkur

Untuk mengetahui kuat tarik angkur dilakukan pengujian tarik dengan menggunakan 4 spesimen dengan diameter 12 mm yang diubah hingga menjadi diameter 8 mm di bagian tengah dan dengan panjang spesimen masing masing 300 mm, sehingga didapatkan grafik tegangan dan regangan baja.

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (3)$$

dengan :

$\sigma$  = Tegangan  
P = Tekanan  
A = Luas penampang



Gambar 3. Benda Uji Tarik Baja

### Angkur

Menurut Appendix D (ACI 2011) dikenal dua jenis angkur berdasarkan cara pemasangannya yaitu cor ditempat (cast in place) dan pasca pasang (post installed).

- *Cast In Place*

Sebelum melakukan pengecoran beton, baut angkur dipasang pada posisi tertentu sesuai dengan perencanaan. Setelah posisi baut angkur diatur, cor beton dituangkan ke dalam bekisting yang sudah disediakan.

- *Post Installed*

Pada pemasangan baut angkur secara post installed dimana beton sudah mengeras, tetapi baut angkur belum terpasang pada struktur beton tersebut. Sehingga diperlukan adanya pengeboran untuk pemasangan baut angkur.

Pemasangan baut yang lebih dari satu, maka baut angkur yang dipasang berdekatan dengan jarak kurang dari spasi kritisnya harus memperhitungkan kekuatan pengaruh kelompoknya. Adapun spasi kritis pemasangan baut angkur untuk bekerja individu atau kelompok tergantung dari pola keruntuhan yang ditinjau. Salah satu upaya agar tidak terjadi kerusakan pada beton, baut angkur dipasang dengan jarak minimum 6d<sub>a</sub> dari angkur lain atau dari tepi beton. (Wiryanto,2015)

Tabel 1. Spasi Kritis Pemasangan Baut

POLA KERUNTUHAN YANG DITINJAU	SPASI KRITIS
BETON JEBOL TERHADAP TARIK	3h <sub>ef</sub>
LEKATAN RUSAK TERHADAP TARIK	2C <sub>Na</sub>
BETON JEBOL TERHADAP GESER	3C <sub>a1</sub>

### Beton Jebol (*Breakout*) Akibat Geser

Kuat jebol beton (breakout biasanya terjadi ketika jarak baut angkur dekat dengan tepi bebas. Sudut  $\alpha$  besarnya tergantung dari jarak tepi, yang berarti sudut kecil jika jarak pusat baut angkur sampai ke tepi kecil, dan juga sebaliknya.

Kuat jebol beton rencana terhadap geser dari baut angkur adalah  $\phi V_{cb}$  (tunggal) atau  $\phi V_{cbg}$  (kelompok). Adapun kuat jebol nominal baut angkur tidak boleh melebihi :

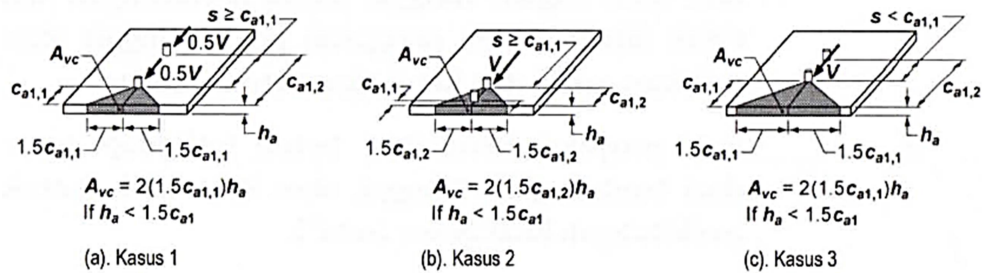
- a) Untuk gaya geser yang tegak lurus terhadap tepi pada angkur tunggal

$$V_{cb} = \frac{A_{vc}}{A_{vco}} \Psi_{ed,V} \cdot \Psi_{c,V} \cdot \Psi_{h,V} \cdot V_b$$

- b) Untuk gaya geser yang tegak lurus terhadap tepi pada kelompok angkur

$$V_{cbg} = \frac{A_{vc}}{A_{vco}} \Psi_{ec,V} \cdot \Psi_{ed,V} \cdot \Psi_{c,V} \cdot \Psi_{h,V} \cdot V_b$$

Untuk memperhitungkan  $A_{vc}$  dari baut angkur kelompok ada beberapa kasus yang bisa terjadi, yaitu :



Gambar 4. Kasus Untuk Memperhitungkan  $A_{vc}$

Kasus 1 : Asumsi pertama, dianggap 1/2 gaya geser terdistribusi pada baut angkur paling depan pada luas bidang proyeksinya. Parameter kuat jebol beton terhadap geser diambil  $C_{a1,1} = C_{a1}$

Kasus 2 : Asumsi ke dua, dianggap gaya geser total terdistribusi sekaligus pada luas bidang proyeksinya, tetapi ini hanya berlaku jika baut angkur dilas pada pelat penghubungnya secara kaku. Parameter kuat jebol beton terhadap geser diambil  $C_{a1,1} = C_{a1}$

Kasus 3 : Jika  $s < C_{a1,1}$  maka semua gaya geser dipikul baut angkur terdepan pada luas bidang proyeksinya. Parameter kuat jebol beton terhadap geser diambil ,  $C_{a1,1} = C_{a1}$ . Tetapi ini tidak berlaku jika baut angkur dilas kaku dengan pelat penghubungnya. Sedangkan untuk memperhitungkan  $A_{vco}$  digunakan rumus perhitungan

$$A_{vco} = 4,5(C_{a1})^2 \quad (4)$$

dengan :

$A_{vco}$  = besar beban tekan (N)

$C_{a1}$  = luas penampang beton ( $\text{mm}^2$ )

Kekuatan jebol (Breakout) beton dasar dalam kondisi geser pada beton retak,  $V_b$  adalah nilai terkecil dari dua persamaan berikut :

$$V_b = 0,6 \left( \frac{l_e}{d_a} \right)^{0,2} \sqrt{d_a} \lambda_a \sqrt{f'_c} (c_{a1})^{1,5} \quad (5)$$

atau

$$V_b = 3,7 \lambda_a \sqrt{f'_c} (c_{a1})^{1,5} \quad (6)$$

dengan :

$l_e$  = panjang tumpu angkur terhadap geser

### Metode Pengujian Breakout Geser

Penelitian ini memfokuskan pada kuat breakout beton terhadap gaya geser. Untuk mendapatkan hasil yang sesuai dengan apa yang diteliti, maka pengujian harus sesuai dengan perencanaan awal. Sebagai batasan pengujian, adapun persyaratan sebagai berikut :

- (a). Pengujian akan dilakukan dengan 2 metode, yaitu *cast in place* dan *post installed*.
- (b). Dibutuhkan benda uji sebanyak 3 buah untuk masing masing metode pengujian.
- (c). Penggunaan baut angkur tipe angkur ekspansi dengan diameter 12mm dan panjang 100mm.
- (d). Panjang baut angkur yang masuk kedalam beton ( $h_{ef}$ ) ditentukan sebesar 60mm
- (e). Untuk spasi jarak antar baut maupun jarak baut ke tepi beton harus memenuhi syarat yang ada pada SNI 2847:2013 yaitu sebesar  $6d_a$ .
- (f). Perencanaan yang sudah dibuat sebelumnya, jarak antar baut ( $s_1$ ) ditentukan sebesar 100mm dan jarak baut ke tepi beton ( $C_{a1}$ ) sebesar 100mm.
- (g). Base plate dengan tebal 16mm digunakan sebagai media dimana gaya akan diberikan.  
Adapun langkah langkah dalam pengujian benda uji adalah sebagai berikut :
  - (a). Menyiapkan semua bahan yang akan dibutuhkan.
  - (b). Pembuatan bekesting untuk membentuk beton sesuai dengan desain perencanaan.
  - (c). Untuk benda uji dengan metode *cast in place* maka baut angkur ditancapkan pada bekesting. Untuk benda uji dengan metode *post installed* pada bekesting diberi lubang dan tanda untuk dilakukan pengeboran saat beton telah mengeras
  - (d). Dilakukan pengecoran dengan menggunakan beton *ready mix*.
  - (e). Dilakukan perawatan beton dengan menggunakan bahan yang dapat mengurangi penguapan, contohnya karung goni atau menggunakan geotextile *non woven* dan dibasahi secara berkala.
  - (f). Perawatan beton dilakukan sampai tercapainya minimal 70% dari kuat tekan rencana.
  - (g). Pada beton umur 28 hari atau lebih dilakukan pengeboran pada tanda yang telah diberikan.
  - (h). Pengeboran dilakukan menggunakan alat bor yang sudah disesuaikan dengan kedalaman baut yang akan tertanam ke beton sesuai pada tahap perencanaan.
  - (i). Tancapkan baut angkur pada lubang yang sudah dibuat sebelumnya.
  - (j). Susun benda uji pada alat uji *frame* sehingga pengujian dapat dilaksanakan.
  - (k). Lakukan pengujian geser pada hari yang sama untuk kedua metode di Laboratorium Bahan, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Negeri Semarang.
  - (l). Catat semua data yang dibutuhkan untuk melakukan analisis

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Pengujian Kuat Tarik Angkur

Pengujian kuat tarik angkur dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin, Universitas Negeri Semarang. Benda uji tarik angkur menggunakan angkur M12x150 diameter 12 mm, panjang 150 mm, disambung baja ulir tulangan diameter 16 mm sehingga panjang keseluruhan menjadi 400 mm dan dibubut agar terjadi putus di area tengah. Penyambungan dengan cara dilas dan benda uji seperti pada **Gambar 3**. Dari hasil pengujian tersebut didapatkan hasil sebagai berikut :

**Tabel 2.** Hasil Kuat Tarik Angkur

F4C	DO (MM)	$F_Y$ (MPA)	$F_U$ (MPA)	REGANG AN
1	8	310	358	8.70%
2	8	385	425	10.50%
3	8	345	375	9.00%
4	8	310	375	9.10%

Berdasarkan hasil pengujian dari 4 sampel benda uji tarik, maka dapat diambil rata-rata kuat tarik dari angkur tersebut adalah 335 MPa untuk tegangan leleh ( $f_y$ ) dan 383 MPa untuk tegangan ultimate ( $f_u$ )

### Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan di Bonindo Batching Plant, Leyangan, Ungaran Timur, Kab. Semarang. Dari hasil pengujian tersebut didapatkan hasil sebagai berikut :

**Tabel 3.** Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

NO. BENDA UJI	UMUR (HARI)	D (MM)	H (MM)	KOKOH TEKAN (KG/CM <sup>2</sup> )	KOKOH SILINDER 28 HARI (KG/CM <sup>2</sup> )
1	40	150	300	370.5	356.7
2	40	150	300	291.3	280.5
3	40	150	300	302.6	291.4

Berdasarkan hasil pengujian dari 3 sampel benda uji tekan, maka dapat diambil rata-rata kuat tekan beton yaitu sebesar 25.2 MPa

### Hasil Pengujian Kuat Jebol (Breakout) Beton Terhadap Geser

Pengujian yang dilakukan menggunakan dua metode pemasangan yang berbeda, yaitu *Cast-In Place* dan *Post Installed*. Untuk metode *Cast-In Place*, pemasangan angkur dilakukan ketika beton masih dalam fase *setting*. Sedangkan untuk metode *Post Installed*, pemasangan angkur dilakukan dengan cara pengeboran pada beton setelah beton berumur 28 hari.

Sebelum melakukan pengujian di Laboratorium, harus dilakukan perhitungan untuk mendapatkan kekuatan secara teoritis. Hasil perhitungan tersebut digunakan sebagai acuan dalam melakukan pengujian.

$$A_{vc} := 2(1.5 \cdot c_{a.1.2}) \cdot 1.5c_{a.1} = 90000 \text{ mm}^2$$

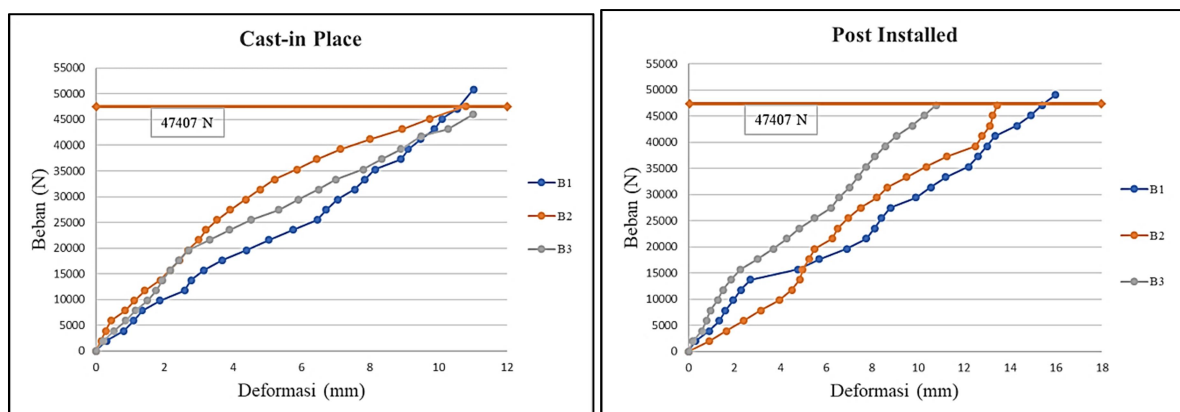
$$A_{vco} := 4.5 \cdot c_{a.1}^2 = 45000 \text{ mm}^2$$

$$V_b := \frac{\left[ 0.6 \left( \frac{I_e}{d_a} \right) \right]^{0.2} \cdot \sqrt{d_a} \cdot \lambda \cdot a \cdot \sqrt{f_c} \cdot c_{a.1}^{1.5}}{1000} = 23.703 \text{ kN}$$

$$V_{cbg} := \left( \frac{A_{vc}}{A_{vco}} \right) \cdot V_b = 47.40661 \text{ kN}$$

Dari proses perhitungan, didapatkan hasil teoritis sebesar 47406,61 N atau sebesar 47,406 kN.

Pelaksanaan pengujian dilakukan di Laboratorium Bahan Teknik Sipil UNNES dan mendapatkan hasil kekuatan untuk masing masing metode pemasangan sebagai berikut :



(a)

(b)

**Gambar 5.** Grafik Hubungan Beban dan Deformasi Pada Pengujian Metode (a) Cast in Place dan (b) Post Installed

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, didapatkan hasil metode pemasangan *cast in place* sebesar 48150.75 N dan untuk metode pemasangan *post installed* sebesar 47742.00 N.

## KESIMPULAN

Hasil penelitian diperoleh tegangan leleh angkur sebesar 338 MPa, kuat tekan beton sebesar 25,2 MPa, perhitungan teoritis kegagalan *breakout* sebesar 47406,61 N, beban maksimum yang dapat ditahan oleh angkur ke beton secara *cast in place* sebesar 48150.75 N dan secara *post installed* sebesar 47742.00 N.

Beban maksimum yang diperoleh dari hasil kedua metode pengujian nilainya melebihi dari perhitungan teoritis. Nilai pengujian *Breakout* terhadap geser dengan pemasangan angkur metode *Cast In Place* lebih besar dibandingkan dengan nilai pengujian dengan menggunakan metode *Post Installed*. Pada pengujian *Cast-in Place* terdapat dua faktor yang mempengaruhi yaitu, tegangan lekat beton dan faktor *Interlocking* pada baut. Sedangkan pada metode pengujian *Post Installed* hanya dipengaruhi oleh faktor *Interlocking*. Maka, dengan hasil tersebut pemasangan angkur untuk retrofitting konstruksi yang sudah ada sebelumnya bisa menggunakan metode pemasangan *Post Installed*.

## DAFTAR PUSTAKA

- SNI 2847 – 2013. (2013). *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*
- Anonim. 2005. ACI Standard: Qualification of Post-Installed Mechanical Anchors in Concrete (ACI 355.2-04) and Commentary. American Concrete Institute. Farmington Hills MI. January 2005.
- Anonim. 2011. ACI Standard: Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-11) and Commentary. American Concrete Institute. Farmington Hills MI. Agustus 2011.
- Dewobroto,W. 2015. *Struktur Baja*. Tangerang: Lumina Press
- Fuchs,W. Eligehausen,R. Breen,E. 1995. *Concrete Capacity Design (CCD) Approach for Fastening to Concrete : 75-85*
- Henry A. 2010. *Kapasitas Geser Balok Beton Bertulang Dengan Polypropylene Fiber Sebesar 4% Dari Volume Beton*. 12(2):161-171
- Henry A. 2009. *Kapasitas Lentur Balok Beton Bertulang Dengan Serat Sabut Kelapa*. 13(1):45 - 52
- Henry A. 2013. *Kapasitas Lentur Balok Beton Bertulang Dengan Polypropylene Fiber Sebesar 6% Dari Berat Semen*. 11(2):149 - 160