

EKSPERIMEN *PULLOUT TEST HAMMER DRIVE ANCHOR M10 X 120mm* DENGAN JARAK ANGKUR TEPI BETON KRITIS MELALUI METODE PEMASANGAN *CAST-IN PLACE* DAN *POST INSTALLED*

Levina Anatasya¹, Henry Apriyatno²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang

²Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang
Gedung E4, Kampus Sekaran Gunungpati Semarang 50229, Telp. (024) 8508102
email: levina.anatasya@gmail.com, henryapriyatno@gmail.com,

Abstrak

Angkur mempunyai berbagai macam jenis salah satunya adalah hammer drive anchor atau sering disebut dengan angkur pukul. Pemasangan angkur dapat dilakukan dengan cara cast-in place dan post installed. Cast-in place adalah pemasangan angkur yang dilakukan saat proses pengecoran, sedangkan post installed adalah pemasangan angkur yang dilakukan saat beton mengeras. Pull-out test digunakan untuk mengukur besarnya gaya maksimum yang dibutuhkan untuk mencabut angkur yang ditanam ke dalam suatu beton. Penelitian dilakukan untuk mengetahui kegagalan yang terjadi dan kapasitas tarik angkur pada metode pemasangan cast-in place dan post installed dengan pengaruh diameter angkur, kedalaman angkur, jarak antar angkur, jarak angkur ke tepi beton kritis. Penelitian menggunakan angkur m10 x 120 mm dengan benda uji sebanyak enam sampel yang dipasang empat angkur pada masing-masing benda uji. Hasil penelitian kapasitas tarik angkur dengan metode cast-in place didapatkan rata-rata sebesar 37,24 kN dengan rata-rata angkur tercabut sebesar 7,6 mm. Sedangkan, kapasitas tarik angkur dengan metode post installed didapatkan rata-rata sebesar 35,93 kN dengan rata-rata angkur tercabut sebesar 5,67 mm. Dari 6 kali pengujian, 83% kegagalan yang terjadi adalah tercabutnya angkur dari beton. Berdasarkan cara pengambilan keputusan uji simultan dalam analisis regresi dapat disimpulkan bahwa besar pembebanan jika diuji berpengaruh signifikan terhadap panjang angkur yang tercabut.

Kata kunci: angkur, *cast-in place*, *hammer drive anchor*, *post installed*, *pullout test*

PENDAHULUAN

Angkur adalah elemen baja yang dicor ke dalam beton atau dipasang setelahnya ke dalam komponen struktur beton yang mengeras dan digunakan untuk menyalurkan beban yang diterapkan ke beton. (SNI, 2013) Menurut praktiknya, angkur terbagi menjadi dua macam, yaitu angkur *cast-in place* dan *post installed*. *Cast-in place* adalah pemasangan angkur yang dilakukan saat proses pengecoran, sedangkan *post installed* adalah pemasangan angkur yang dilakukan pada saat beton mengeras.

Beberapa cara yang dilakukan untuk mengetahui seberapa besar kekuatan dari baut angkur adalah dengan pengujian tarik angkur (*pull-out test*). *Pull-out test* digunakan untuk mengukur besarnya gaya maksimum yang dibutuhkan untuk mencabut angkur yang ditanam ke dalam suatu beton.

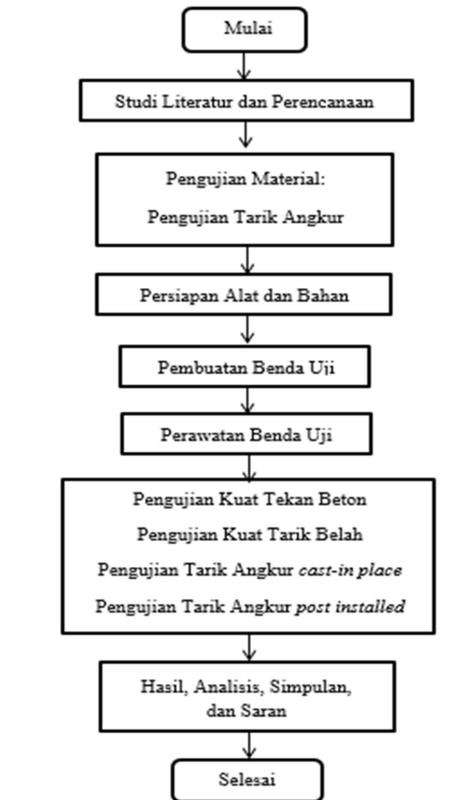
Menurut cara pemasangannya, terdapat beberapa jenis angkur salah satunya adalah angkur tipe ekspansi torsi. Angkur jenis ekspansi biasanya dipasang dengan cara *post installed*. Angkur tipe ekspansi sendiri juga terdapat beberapa jenis salah satunya adalah *hammer drive anchor* atau sering disebut dengan angkur ketuk/pukul. Angkur jenis pasca pasang merupakan produk pabrik yang dibuat berdasarkan riset dan patent dari pabrik. Karena produk pabrik, angkur jenis pasca pasang relatif lebih mahal dan terbatas ukurannya serta keunggulannya adalah fleksibilitas waktu pemasangan sehingga memudahkan mengatur jadwal konstruksi. (Dewobroto, 2015)

Berdasarkan SNI 2847:2013 “Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung” jarak tepi minimum harus sebesar 6da. Pada penelitian ini digunakan jarak angkur ke tepi beton kritis yaitu sesuai dengan syarat minimum pada SNI 2847:2013 untuk mengetahui kegagalan yang ditimbulkan saat *pullout test*.

METODOLOGI

Prosedur Penelitian

Dalam penelitian ini akan dilakukan analisis kapasitas tarik *hammer drive anchor* M10 jarak angkur ke tepi beton kritis melalui eksperimen pengujian tarik baut angkur, serta mengetahui kekuatan efektif yang dihasilkan pada pemasangan angkur dengan metode cor ditempat (*cast-in place*) dan pasca pasang (*post installed*).



Gambar 1. Flowchart Penelitian

Kuat Tekan Beton

Sifat yang paling penting dari beton adalah kuat tekan beton. Kuat tekan beton biasanya berhubungan dengan sifat-sifat lain, maksudnya apabila kuat tekan beton tinggi, sifat-sifat lainnya juga baik. (Tjokrodimuljo, 2004)

Kuat tekan beton yang ditetapkan oleh perencana struktur (benda uji berbentuk silinder diameter 150 mm dan tinggi 300 mm), untuk dipakai dalam perencanaan struktur beton, dinyatakan dalam satuan MPa. Bila nilai f_c' di dalam tanda akar, maka hanya nilai numerik dalam tanda akar saja yang dipakai, dan hasilnya tetap mempunyai satuan MPa. (SNI, 2002b)

Nilai kuat tekan beton didapatkan melalui tata cara pengujian standar, menggunakan mesin uji dengan cara memberikan beban tekan bertingkat dengan kecepatan peningkatan beban tertentu atas benda uji silinder beton sampai hancur. (Apriyatno, 2010)

$$\text{Kuat Tekan Beton } (f_c) = \frac{P}{A} \quad (\text{SNI, 2011}) \quad (1)$$

Dengan :

Kuat tekan beton dengan benda uji silinder, dinyatakan dalam MPa atau N/mm²;

P = gaya tekan aksial, dinyatakan dalam Newton (N);

A = luas penampang melintang benda uji, dinyatakan dalam mm².

Kuat Tarik Belah Beton

Pengujian kuat tarik belah menggunakan benda uji silinder beton berdiameter 150 mm dan panjang 300 mm, diletakkan pada arah memanjang diatas alat penguji kemudian beban tekan diberikan merata arah tegak dari atas pada seluruh panjang silinder. (Apriyatno, 2009)

$$\text{Kuat tarik belah (Fct)} = \frac{2P}{LD} \quad (\text{SNI, 2002a}) \quad (2)$$

Dengan :

Fct = kuat tarik belah dalam MPa

P = beban uji maksimum (beban belah/hancur)

L = panjang benda uji

D = diameter benda uji

Bond Stress

Tegangan ikatan τ antara permukaan angkur dengan beton dihitung dari Eq.3, dengan asumsi distribusi tegangan yang seragam sepanjang permukaan angkur yang tertanam.

$$\tau = \frac{P}{\pi \cdot d \cdot l} \quad (\text{Maranan et al, 2015}) \quad (3)$$

Dengan :

τ = tegangan ikatan

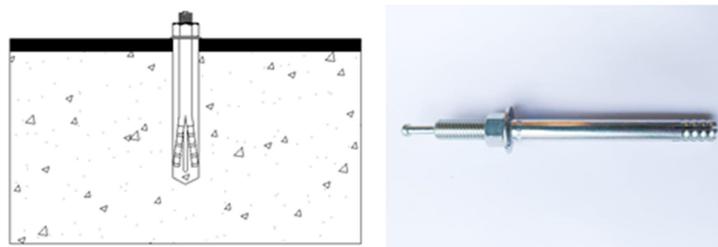
P = kuat tarik (*pullout load at failure*) (N)

d = diameter angkur (mm)

l = panjang embedment (mm)

Angkur Ekspansi

Angkur yang bisa memanjang (*expansion anchor*) adalah angkur pasca pasang, yang disisipkan ke dalam beton mengeras yang menyalurkan beban dari beton oleh tumpuan atau friksi langsung atau keduanya. Angkur yang bisa memanjang (*expansion*) mungkin dikendalikan puntir, dimana perpanjangan dicapai dengan puntir yang bekerja pada sekrup atau baut, atau dikendalikan perpindahan, dimana perpanjangan dicapai dengan gaya impact yang bekerja pada selongsong (*sleeve*) atau penyumbat (*plug*) dan perpanjangan dikendalikan oleh panjang perpindahan selongsong (*sleeve*) atau penyumbat (*plug*). (SNI, 2013).



Gambar 2. Hammer Drive Anchor type C

Dalam merencanakan baut angkur untuk dipasang pada beton, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan yaitu baut angkur dipasang dengan jarak minimum 6d dari angkur lain (s) atau dari tepi beton (c_{a1}). Sedangkan kedalaman efektif angkur (hef) secara umum tidak boleh lebih dari 2/3 tebal komponen struktur.

Olsen et al. memperluas data yang dihasilkan oleh Kuenzlen dan Eligehausen dengan mempertimbangkan 353 tes lain yang mencakup kisaran diameter yang lebih luas, 6,35–19,05 mm, dan kedalaman embedment, 25,4–127 mm. Mereka juga merekomendasikan bahwa meskipun ada perbedaan dalam mode kegagalan yang diamati, persamaan yang direkomendasikan oleh Kuenzlen dan Eligehausen tetap yang terbaik agar sesuai dengan hasil eksperimen. (Mohyeddin, Gad, Yangdon, Khandu, & Lee, 2016)

Stuart et al. melakukan 40 percobaan pada empat jenis angkur sekrup dari produsen yang berbeda (karenanya memiliki pola ulir yang berbeda) yang dirancang untuk digunakan dalam lubang

10 mm. Mode kegagalan sekrup pada beton C20 / 25 tidak dicatat, dalam kasus sekrup yang diuji pada beton C50 / 60, dengan pengecualian satu angkur yang gagal karena torsi berlebihan yang diterapkan selama pemasangan, semua sekrup gagal karena gabungan mode kerucut beton dan pull-out, dengan kedalaman kerucut rata-rata berkisar antara 30% dan 66% dari kedalaman penyisipan nominal 70 mm tergantung pada jenis sekrup, dan perkiraan rata-rata 40% di semua jenis. (Mohyeddin et al., 2016)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilaksanakan setelah beton berumur 40 hari. Pada umumnya kuat tekan beton mencapai 100% pada saat beton berumur 28 hari. Pengujian kuat tekan beton dilaksanakan dengan cara beton di tekan menggunakan mesin *Universal Testing Machine (UTM)*. Hasil dari pengujian kuat tekan beton dari 3 sampel silinder beton 150mm x 300mm didapatkan rata-rata sebesar 25,6 MPa. Artinya beton yang diteliti memiliki f_c 25 MPa.

Kuat Tarik Belah

Pengujian kuat tarik belah beton dilakukan dengan cara silinder beton ditidurkan dan diberi beban tekan. Hasil dari pengujian kuat tarik belah dari 3 sampel silinder beton 150mm x 300 mm didapatkan rata-rata sebesar 2,563 MPa, atau 10% dari kuat tekan beton. Hal ini sesuai dengan hasil dari (Arioglu, Girgin, & Arioglu, 2006) dimana dilaporkan bahwa kekuatan tarik belah terletak antara 10-15% dari kekuatan tekan untuk beton normal, dan 6-8% untuk beton kuat tekan tinggi. (Mohyeddin et al., 2016)

Anchor Tests

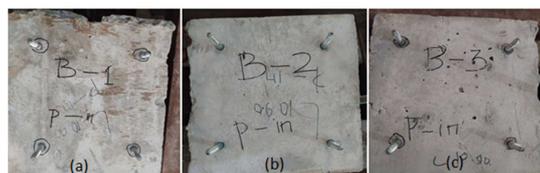
Angkur yang digunakan adalah angkur tipe ekspansi dengan spesifik angkur pukul atau *hammer drive anchor* menggunakan *hit anchor Sanko type-C*. Kuat tarik angkur yang dilakukan di Laboratorium Bahan Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang, dari tiga sampel didapat rata-rata f_u sebesar 380 MPa dan f_y 330 MPa.

Dari 6 tes yang terdiri dari 3 sampel *cast-in place* dan 3 sampel *post installed*, terdapat 1 angkur yang gagal karena kegagalan mode gabungan yaitu pada sampel *cast-in place* dengan tercabutnya angkur disertai rusaknya beton pada bagian samping. Hal ini disebabkan karena kurang telitinya saat melubangi bekisting yang mengakibatkan jarak angkur tidak sesuai. Dari 6 pengujian *pullout*, 5 sampel mengalami mode kegagalan *pullout* karena hanya angkur yang tercabut dan tidak ada pembentukan kerucut beton (*concrete cone*). Hal ini sesuai dengan mode kegagalan yang sebelumnya diamati oleh peneliti lain [(Olsen, Pregartner, & Lamanna, 2012),(Stuart, Harrison, Wood, & Maclachlan, 2010),(Mohyeddin et al., 2016)].



Gambar 3. Mode kegagalan pada sampel *cast-in place*

Pada gambar (a) dan (b) kerusakan yang terjadi yaitu angkur tercabut dan kerusakan kecil pada area sekeliling angkur, hal ini tidak dapat dikatakan sebagai kegagalan kerucut. Sedangkan pada gambar (c) benda uji 1 mengalami mode kegagalan gabungan yaitu angkur tercabut disertai dengan rusaknya beton bagian samping

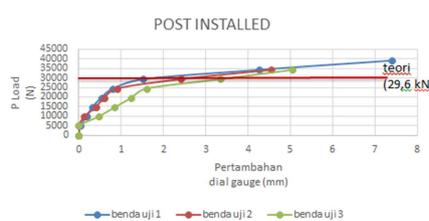


Gambar 4. Mode kegagalan pada sampel *post installed*

Pada gambar (a),(b), dan (c) mode kerusakan yang terjadi adalah angkur tercabut, tidak ada kerusakan beton di sekeliling angkur.



Gambar 5. Grafik Kuat Tarik Angkur dengan Metode *Cast-in Place*



Gambar 6. Grafik Kuat Tarik Angkur dengan Metode *Post Installed*

Dari grafik menunjukkan bahwa hasil pengujian lebih besar dari hasil perhitungan teori. Perhitungan teori didapatkan hasil sebesar 29,6 kN. Hasil penelitian kapasitas tarik angkur dengan metode *cast-in place* didapatkan rata-rata sebesar 37,24 kN dengan rata-rata angkur tercabut sebesar 7,6 mm. Sedangkan hasil penelitian kapasitas tarik angkur dengan metode *post installed* didapatkan rata-rata sebesar 35,93 kN dengan rata-rata angkur tercabut sebesar 5,67 mm.

Tabel 2. R Square Metode Pemasangan *Cast-in Place*

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.824 ^a	.679	.665	1.65993

a. Predictors: (Constant), XCAST

R square adalah seberapa besar variable X(besar pembebanan/gaya cabut) mempengaruhi Y(panjang angkur yang tercabut), dari data di atas variable X mempengaruhi variable Y sebesar 67%, Sisanya (33%) dipengaruhi variable lain.

Tabel 2. Hasil Uji Anova Metode Pemasangan *Cast-in Place*

ANOVA ^a						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	128.370	1	128.370	46.589	.000 ^b
	Residual	60.618	22	2.755		
	Total	188.988	23			

a. Dependent Variable: YCAST

b. Predictors: (Constant), XCAST

Berdasarkan hasil output SPSS di atas dapat melihat dimana nilai F hitung lebih besar dari pada nilai F tabel ($46,589 > 3,47$) 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.

Tabel 3. R Square Metode Pemasangan *Post Installed*

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.861 ^a	.742	.729	1.04640

a. Predictors: (Constant), XPOST

R square adalah seberapa besar variable X (besar pembebanan/gaya cabut) mempengaruhi Y (panjang angkur yang tercabut), dari data diatas variable X mempengaruhi variable Y sebesar 74%, Sisanya (26%) dipengaruhi variable lain.

Tabel 4. Hasil Uji Anova Metode Pemasangan *Post Installed*

ANOVA ^a						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	62.993	1	62.993	57.530	.000 ^b
	Residual	21.899	20	1.095		
	Total	84.892	21			

a. Dependent Variable: YPOST

b. Predictors: (Constant), XPOST

Berdasarkan hasil output SPSS di atas dapat melihat dimana nilai F hitung lebih besar dari pada nilai F tabel ($61,988 > 3,52$) 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

- 1) Hasil perhitungan bond stress atau kuat lekatan antara angkur dengan beton adalah sebesar 29,6 kN.
- 2) Hasil penelitian kapasitas tarik angkur dengan metode *cast-in place* didapatkan rata-rata sebesar 37,24 kN dengan rata-rata angkur tercabut sebesar 7,6 mm.
- 3) Hasil penelitian kapasitas tarik angkur dengan metode *post installed* didapatkan rata-rata sebesar 35,93 kN dengan rata-rata angkur tercabut sebesar 5,67 mm.
- 4) Berdasarkan cara pengambilan keputusan uji simultan dalam analisis regresi dapat disimpulkan bahwa besar pembebanan jika diuji berpengaruh signifikan terhadap panjang angkur yang tercabut.
- 5) Pemasangan angkur dengan jarak tepi kritis kemungkinan terjadi kegagalan beton sangat kecil apabila masih sesuai dengan syarat minimum yaitu 6d.
- 6) Dari hasil penelitian *pullout test* 83% kegagalan yang terjadi adalah tercabutnya angkur dari beton. Sisanya kegagalan terjadi karena kurangnya ketelitian pada saat pemasangan angkur.
- 7) Dari hasil uji anova dapat diketahui bahwa kuat lekatan mempengaruhi *pullout failure*, hal ini dapat dilihat dari persentase *post installed* lebih besar dari *cast in place*. Yang artinya pemasangan angkur dengan metode *cast in place* lebih kuat menahan gaya tarik.

DAFTAR PUSTAKA

- Apriyatno, H. (2009). Kapasitas Lentur Balok Beton Bertulang Dengan Polypropylene Fiber Sebesar 6% Dari Berat Semen. *Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan*, 11(2), 149-160.
- Apriyatno, H. (2010). KAPASITAS GESER BALOK BETON BERTULANG DENGAN OLYPROPYLENE FIBER SEBESAR 4% DARI VOLUME BETON. *Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan*, 12(2).

- Arioglu, N., Girgin, Z. C., & Arioglu, E. (2006). Evaluation of ratio between splitting tensile strength and compressive strength for concretes up to 120 MPa and its application in strength criterion. *ACI Materials Journal*, 103(1), 18-24.
- Dewobroto, W. (2015). Struktur Baja: Perilaku, Analisis & Desain-AISC 2010. In: Jurusan Teknik Sipil UPH.
- Mohyeddin, A., Gad, E. F., Yangdon, K., Khandu, R., & Lee, J. (2016). Tensile load capacity of screw anchors in early age concrete. *Construction and Building Materials*, 127, 702-711.
- Olsen, J., Pregartner, T., & Lamanna, A. J. (2012). Basis for Design of Screw Anchors in Concrete. *ACI Structural journal*, 109(4).
- SNI. (2002a). *Metode pengujian kuat tarik belah beton*.
- SNI. (2002b). SNI 03-2847-2002 Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung. *Jakarta: Badan Standarisasi Nasional*.
- SNI. (2011). Cara uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder (SNI 1974:2011). *Badan Standarisasi Nasional, Jakarta*.
- SNI. (2013). Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung (SNI 2847: 2013). *Jakarta: Standar Nasional Indonesia*.
- Stuart, G., Harrison, D., Wood, B., & Maclachlan, M. (2010). A proposed methodology for the design and characterisation of concrete screw anchors. *Meccanica*, 45(5), 635-656.
- Tjokrodinuljo, K. (2004). Teknologi Beton Edisi Pertama. *Biro Penerbit Teknik Sipil Universitas Gajah Mada. Yogyakarta*.