

ANALISIS KEKUATAN CABUT Ț-ANGKUR TERTANAM PADA BETON SECARA TEORITIS DAN PENGUJIAN

ANALYSIS OF PULL OUT STRENGTH OF AN EMBEDDED Ț-ANCHOR IN CONCRETE THEORITICALLY AND EXPERIMENTALLY

Puguh Triwinanto

Balai Besar Teknologi Kekuatan Struktur (B2TKS) BPPT
Kawasan PUSPIPTEK Tangerang Selatan, Banten 15314

e-mail : puguh.triwinanto@yahoo.co.id

Abstrak

Kegiatan jasa konstruksi pada gedung bertingkat khususnya untuk pemasangan penutup dinding luar banyak menggunakan Ț-Angkur. Fungsi dari Ț-Angkur adalah sebagai pengikat antara penutup dinding luar gedung dengan tepi lantai beton. Permasalahan yang timbul adalah bagaimana pembuatan dan spesifikasi teknis serta cara perhitungan kekuatan Ț-Angkur. Pada eksperimen ini dilakukan perhitungan kekuatan cabut Ț-Angkur secara teoritis dan pengujian kekuatan cabut Ț-Angkur yang tertanam pada beton. Perhitungan secara teoritis menggunakan teori geser kerucut penuh dan pengujian cabut dilakukan pada 3 spesimen. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa perhitungan kekuatan cabut Ț-Angkur adalah sebesar 59,60 kN dan hasil pengujian cabut Ț-Angkur adalah sebesar 36,22 kN. Dengan hasil ini maka bisa disimpulkan bahwa Ț-Angkur mampu menahan beban ijin $2 \times 4,5$ kN dengan faktor keamanan sebesar 4. Hasil eksperimen ini dapat digunakan sebagai referensi pada perencanaan konstruksi Ț-Angkur pada bangunan.

Kata kunci : gedung, Ț-Angkur, pengikat, teori geser kerucut, faktor keamanan.

Abstract

The activity of construction services of high rise building especially installation of the exterior wall use Ț-anchor. The function for of Ț-anchor is as a binder (fixing) between exterior wall of building and the edge of concrete floor. The problems is how to manufacture and technical specifications and how to calculate the Ț anchor's strength. In this study performed a calculation of pull out strength of Ț-anchor theoretically and testing of pull out strength of an embedded Ț-anchor in concrete. The theoretical calculation use the fully cone shear theory and pull out testing by 3 sample. Result of the study showed that theoretical calculation of pull out strength of Ț-anchor is 59.60 kN and result of pull out testing of Ț-anchor is 36.22 kN. By this result it can be concluded that Ț-anchor is capable in receiving the allowable load of 2×4.5 kN with safety factor of 4. The results of this experiment can be used as a reference in construction design of Ț-anchor on the building.

Key words: building, Ț-anchor, fixing, shear cone theory, the safety factor

Diterima (received) : 28 Februari 2018, Direvisi (revised) : 08 Februari 2018,
Disetujui (accepted) : 21 Maret 2018

PENDAHULUAN

Pada makalah ini dibahas tentang angkur yang tertanam (terpasang) pada beton. Komponen ini berfungsi sebagai pengikat kulit luar terhadap lantai pada gedung bertingkat. Disamping itu dapat juga digunakan antara lain untuk pemasangan *ducting AC, precast concrete construction, façade panel, industrial building*.

Teknologi dan model angkur akan terus berkembang. Arah keunggulan produk yakni antara lain : mudah dan cepat dipasang, dapat digunakan untuk *adjuster* ke dua arah, tahan terhadap beban dinamis, dan mempunyai sifat kimia yaitu tahan korosi. Beberapa penelitian sebelumnya seperti pemodelan kekuatan cabut untuk FRP anchor¹⁾. Pemodelan struktur angkur juga telah dilakukan penelitian untuk pemakaian pada instalasi nuklir dan beban gempa^{2,3)}. Bahkan sudah dilakukan juga penelitian tentang *Headed anchor* pada beton prategang⁴⁾. Beberapa angkur terpasang pada beton prategang seperti pada bantalan beton dan juga pada girder beton prategang. Pengaruh dari *active confinement* terhadap perilaku dan kekuatan *reinforcing steel anchorages* juga telah dilakukan penelitian⁵⁾. Di tingkat internasional, terutama pada industri manufaktur yang memproduksi komponen untuk konstruksi sipil, \perp -Angkur sudah banyak diproduksi dengan beberapa merek dagang dan lisensi. Seperti merek dagang Halfen, Sampag, Jordahl, dan lain-lain. Komponen utama dari sistem angkur yang dibahas dalam eksperimen ini adalah angkur berkepala (*Headed anchor*) dan Baja Kanal-C. Karena komponen utama adalah kedua tersebut maka dalam makalah ini, angkur jenis ini diistilahkan dengan \perp -Angkur. Dimana simbol \perp tersebut menggambarkan gabungan Baja Kanal-C dan *Headed anchor*. Komponen lainnya yaitu baut dan mur, serta *washer* dan *ring*.

Pada eksperimen sebelumnya telah dilakukan analisis tentang kekuatan \perp -Angkur yang *belum* tertanam pada beton⁶⁾. Dimana dilakukan pengujian terhadap sambungan antara *Headed anchor* dengan Baja kanal-C. Hasil analisis spesimen Prototipe 2 memenuhi persyaratan teknis dan dapat dilakukan eksperimen lanjutan dengan memasang atau menanam \perp -Angkur ke dalam beton⁶⁾. Untuk percobaan lanjutan maka angkur tersebut ditanam dalam beton. Selanjutnya dibuat benda uji sebanyak 3 buah. Analisis kekuatan cabut angkur terhadap beton digunakan teori geser kerucut (*shear cone theory*)⁷⁾.

Hasil percobaan ini diharapkan dapat diketahui kekuatan cabut \perp -Angkur secara teoritis maupun eksperimental. Sehingga dapat digunakan sebagai *fixing* seperti pemasangan dinding luar pada lantai gedung bertingkat.

Di Indonesia perkembangan desain arsitektur pada dinding luar gedung terus berkembang. Desain dinding luar gedung pada awalnya didominasi pasangan batu bata dengan kombinasi jendela. Pada tahun 1990-an berkembang menjadi struktur kaca dengan kombinasi seperti marmer atau granit. Metode pemasangan kulit luar juga berkembang, dimana digunakan teknologi yang lebih cepat dalam pemasangan. Dinding luar gedung tersebut dirancang berbentuk panel di tempat fabrikasi, kemudian dipasang pada dinding luar. Sebagai penambat panel dinding luar ke struktur beton, salah satunya digunakan \perp -Angkur. Di Indonesia gedung yang digunakan \perp -Angkur (ex-impor) antara lain Gedung Bank Indonesia (BI) Jakarta yang dinding luarnya dibangun tahun 1996-an. Dinding luar terbuat dari kombinasi kaca dengan granit. Sedangkan konstruksi kaca digunakan *double glass*. Foto lokasi \perp -Angkur pada gedung ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1.
 \perp -Angkur Terpasang Pada Tepi Lantai Beton Gedung BI (1996)⁸⁾

\perp -Angkur dipasang di sekeliling tepi lantai Gedung BI dari lantai 1 – 25 Tower A dan B. Foto dinding luar gedung bertingkat dengan sistem penambat digunakan \perp -Angkur ditampilkan pada Gambar 2.

Pengambilan foto pada Gambar 2 dilakukan setahun setelah pengambilan foto pada Gambar 1.

Kasus kedua, dinding luar gedung yang digunakan \perp -Angkur yaitu Gedung Word Trade Center (WTC) II Jakarta yang berlokasi di Jl. Jenderal Sudirman, Jakarta. Foto \perp -Angkur yang terpasang pada tepi lantai Gedung WTC II ditampilkan pada Gambar 3.

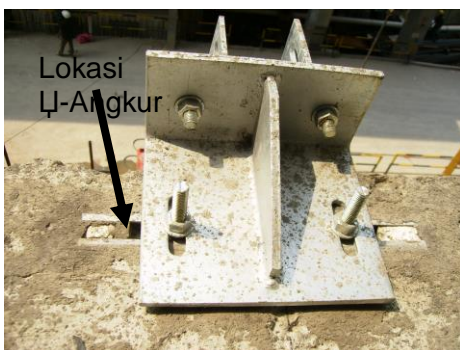


Gambar 2.
Dinding Luar Gedung BI Dengan Sistem Pengangkur Digunakan Lj-Angkur ⁸⁾



Gambar 3.
Lj-Angkur Pada Gedung WTC II Jakarta ⁹⁾

Sebagai studi kasus ketiga yaitu Lj-Angkur yang terpasang pada Gedung Plaza Indonesia Extension, Jl. M H Thamrin, Jakarta. Foto Lj-Angkur yang terpasang pada Gedung Plaza Indonesia Extension ditampilkan pada Gambar 4.



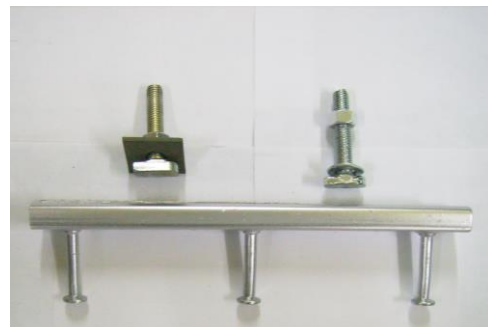
Gambar 4.
Lj-Angkur Pada Gedung Plaza Indonesia Extension ¹⁰⁾

Dari ketiga contoh kasus gedung tersebut mengindikasikan bahwa Lj-Angkur dibutuhkan dalam pembangunan gedung bertingkat di Indonesia. Namun demikian ketiganya menggunakan merek dagang yang berbeda. Status teknologi Lj-Angkur di Indonesia saat itu, belum ada Lj-Angkur ex-Indonesia yang mempunyai mutu sesuai standar teknis-tinggi. Sehingga ketiganya digunakan Lj-Angkur ex-impor.

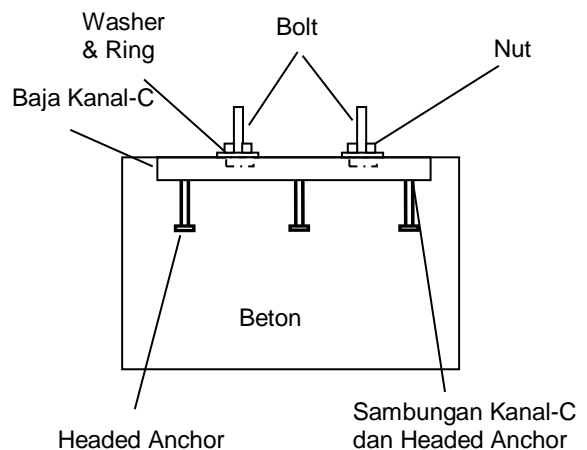
Permasalahan teknis yang timbul adalah bagaimana pembuatan dan spesifikasi teknis, serta berapa kekuatan Lj-Angkur. Untuk itu maka dilakukan analisis kekuatan hasil uji cabut Lj-Angkur yang tertanam dalam beton.

BAHAN DAN METODE

Bahan yang digunakan pada eksperimen ini adalah tiga set Lj-Angkur yang tertanam dalam beton. Foto Lj-Angkur ditampilkan pada Gambar 5. Satu set komponen Lj-Angkur terdiri dari 3 buah *Headed anchor*, Baja kanal-C, dan 2 set mur baut, serta 2 *washer* dan *ring*.



Gambar 5.
Satu Set Foto Lj-Angkur



Gambar 6.
Satu Set Komponen Lj-Angkur

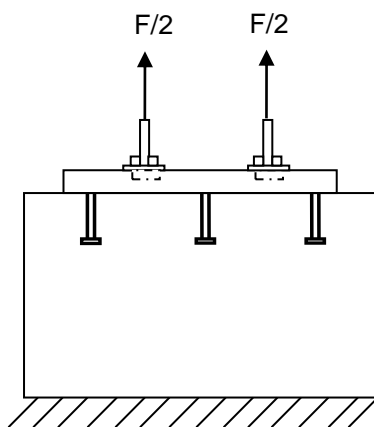
Ukuran beton dibuat sedemikian rupa, sehingga tidak terjadi kerusakan akibat beban bending saat uji cabut. Ukuran spesimen beton dirancang dengan dimensi 350 x 350 x 350 mm dan dapat mewakili dimensi terpasang di lapangan. Jumlah spesimen sebanyak 3 buah. Gambar teknis spesimen \perp -Angkur ditampilkan pada Gambar 6. Foto spesimen ditampilkan pada Gambar 7. Lokasi \perp -Angkur di tengah beton.



Gambar 7.
Specimen \perp -Angkur Tertanam Pada Beton

Setelah dilakukan pengecoran beton kemudian dilakukan pengujian cabut (*pull out test*). Jumlah *headed anchor* sebanyak 3 buah. Sedangkan titik gaya (F) terdapat pada baut sebanyak 2 buah. Posisi titik gaya tidak segaris dengan *Headed anchor*. Sehingga terjadi eksentrisitas gaya. Beberapa percobaan tentang *Headed anchor* dengan posisi asimetris telah dilakukan¹¹⁾.

Skema pembebanan uji cabut statis (*pull out test*) \perp -Angkur ditampilkan pada Gambar 8.



Gambar 8.
Skema Uji Cabut \perp -Angkur

Mesin uji yang digunakan untuk uji cabut adalah mesin uji hidrolis dengan kapasitas gaya 63 kN. Dalam pelaksanaan uji, kedua titik gaya digabungkan dengan pelat baja berbentuk T.

Dengan melihat Gambar 8 maka pengujian ini terjadi eksentrisitas gaya terhadap *Headed anchor*. Beberapa percobaan pengujian cabut eksentris terhadap *Headed anchor* telah dilakukan percobaan¹¹⁾. Percobaan ini penentuan titik pembebanan dirancang seperti Gambar 8 karena disesuaikan pada saat \perp -Angkur dipakai sebagai ankur pada konstruksi bangunan.

Foto *set-up* pengujian cabut statis \perp -Angkur ditampilkan pada Gambar 9.



Gambar 9.
Metode Uji Cabut \perp -Angkur Tertanam Pada Beton

Kekuatan untuk sebuah \perp -Angkur dapat dihitung dengan *shear cone theory*⁷⁾. Sebagai contoh perhitungan dilakukan pada beton dengan kuat tekan 250 kg/cm². Kekuatan cabut (*pull out strength*) \perp -Angkur pada beton untuk kondisi kerucut-geser-penuh ditentukan dengan rumus^{6,7)}:

$$\begin{aligned}
 P_{uc} &= \theta \times C \times K \times A_{fc} \sqrt{f_c} \\
 &= 4375,37 \text{ lb} = 19,47 \text{ kN} \quad (1) \\
 &= 1972,64 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Dengan, P_{uc} adalah *ultimate concrete tension capacity (lbs.)*, A_{fc} adalah *area of full conical surface (sq.in.)*, K bernilai 4, θ adalah *reduction factor*, C adalah *constant for type* : untuk *Normal weight concrete*, nilai C adalah 1,0, *All lightweight concrete* adalah 0,75, dan untuk *Sand lightweight concrete* adalah 0,85. Sedangkan f_c adalah *28 day concrete compressive strength (lb/sq.in.)*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada fabrikasi ̢-Angkur, penyambungan antara *Headed anchor* dengan Baja kanal-C digunakan proses *swaging*. Beberapa hasil dari proses *swaging* dihasilkan sambungan yang kurang sempurna. Untuk memperkuat sambungan tersebut bisa ditambahkan pengelasan sesuai perencanaan las¹²⁾. Namun demikian penggunaan proses pengelasan ini tidak terlalu disarankan. Sehingga diharapkan untuk produksi masal tetap digunakan proses *swaging* tanpa tambahan pengelasan untuk menghindari korosi dan proses tambahan.

Untuk selanjutnya ̢-Angkur dicor pada beton ukuran 35 x 35 x 35 cm. Hasil kekuatan uji kuat tekan beton dengan *hammer test* ditampilkan pada Tabel 1. Kekuatan tekan beton dirancang dengan mutu 250 kg/cm². Hasil uji kekuatan tekan beton ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1.
Hasil Uji Kuat Tekan Beton

Spesimen	Kuat Tekan Beton Koreksi (kg/cm ²)	K _{rata-rata} (kg/cm ²)
Spesimen 1	250	253
	244	
	262	
	250	
	261	
Spesimen 2	264	256
	254	
	264	
	252	
	245	
Spesimen 3	249	255
	264	
	247	
	262	
	249	

Sumber Data : In-house program B2TKS BPPT 2016¹³⁾.

Hasil uji kekuatan tekan beton rata-rata untuk Spesimen 1 adalah 253 kg/cm². Kekuatan cabut untuk satu angkur yang ditanam pada beton K 253 dapat dihitung dengan teori geser kerucut pada Rumus 1. Data teknis *Headed anchor* : *head diameter (Dh)* 17,14 mm, *length embedment (Le)* 52,98 mm dan mutu beton K 253. Hasil perhitungan dengan digunakan rumus *shear chone theory* didapatkan kuat cabut 19,80 kN untuk satu *Headed anchor*.

Dengan cara yang sama untuk perhitungan Spesimen 2 dengan mutu beton K 256 didapatkan kuat cabut 19,92 kN. *concrete* Sedangkan untuk Spesimen 3 didapatkan hasil perhitungan kuat cabut 19,88 kN untuk satu *Headed anchor*. Kekuatan cabut total Spesimen 1 untuk satu set ̢-Angkur yang terdiri dari 3 *Headed anchor* adalah 3 x 19,80 kN sama dengan 59,40 kN. Sedangkan untuk Spesimen 2 adalah 3 x 19,92 kN sama dengan 59,76 kN, dan untuk Spesimen 3 adalah 3 x 19,88 kN sama dengan 59,64 kN.

Hasil pengujian cabut statis ̢-Angkur ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2.
Hasil Pengujian Cabut ̢-Angkur

Spesimen	Beban (kN)	Keterangan
1	11,10	Tidak rusak
	36,85	Beton rerak
2	11,10	Tidak rusak
	37,17	Beton retak
3	11,10	Tidak rusak
	34,65	Beton retak

Sumber Data : In-house program B2TKS BPPT 2016¹³⁾

Perbandingan antara kekuatan cabut teoritis dengan kuat cabut hasil pengujian ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3.
Perbandingan Kuat Cabut Teoritis Vs Kuat Cabut uji

Specimen	Kuat Cabut Teoritis (kN)	Kuat Cabut Uji (kN)
1	59,40	36,85
2	59,76	37,17
3	59,64	34,65
Rata-rata	59,60	36,22

Sumber Data : Hasil Olahan Data Penelitian

Foto kerusakan pada uji cabut ̢-Angkur ditampilkan pada Gambar 10.



Gambar 10.
Model Kerusakan U-Angkur
Tertanam Dalam Beton

Beberapa model kerusakan angkur tertanam dalam beton telah dilakukan, seperti yang dilakukan Yiyun Li¹⁴⁾. Model kerusakan angkur pada beton polimer juga telah dilakukan eksperimen¹⁵⁾. Dimana, model kerusakan untuk *Headed anchor* dimulai dari beton di sekitar angkur kepala.

Dengan melihat Tabel 3 dan Gambar 10 dapat dijelaskan, kuat cabut teoritis rata-rata adalah 59,60 kN. Hasil pengujian cabut rata-rata 36,22 kN. Secara teoritis pada saat gaya cabut sebesar 36,22 kN maka *Headed anchor* belum tercabut dari beton. Hal ini sesuai dengan kondisi spesimen yang juga belum tercabut. Kerusakan spesimen terjadi pada beton di sekitar Baja kanal-C dan sambungan antara Baja kanal-C dengan baut lepas.

Dari hasil pengujian cabut didapatkan gaya 36,22 kN, maka U-Angkur dalam percobaan ini dapat digunakan untuk beban cabut ijin 2 x 4,5 kN. Faktor keamanan yaitu 36,22 kN dibagi 9,0 kN sama dengan empat. Sehingga hasil percobaan ini dapat digunakan untuk referensi pemasangan dinding luar gedung bertingkat. U-Angkur dipasang sekali, dan umumnya jika *tidak* dilakukan penggantian dinding luar gedung maka akan terpasang selama umur pakai gedung. Untuk itu U-Angkur dilakukan *finishing* dengan *hot-dip galvanization*. Proses ini bertujuan sebagai anti korosi produk U-Angkur. Dengan tidak terjadi korosi maka dapat memperpanjang umur pakai U-Angkur.

SIMPULAN

Dengan berjalannya kegiatan jasa konstruksi, terutama pembangunan gedung bertingkat, umumnya atau sebagian diperlukan U-Angkur untuk pemasangan dinding luar gedung bertingkat. Di Indonesia,

sampai saat ini (2017) sebagian besar masih didapatkan dari ex-impor.

Pada eksperimen U-Angkur ini didapatkan hasil uji cabut rata-rata 36,22 kN. Dengan melihat eksperimen ini maka U-Angkur dapat digunakan untuk beban ijin 2x4,5 kN dengan faktor keamanan empat yang tertanam dalam beton K 250. Hasil eksperimen ini dapat digunakan sebagai referensi pada perencanaan konstruksi U-Angkur pada bangunan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Dwi Purwanto dan kawan-kawan atas pelaksanaan pengujian di Laboratorium B2TKS BPPT Kawasan Puspiptek Serpong. Disamping itu ucapan terimakasih juga disampaikan kepada Kepala Sub Bidang SBPI atas kesempatan penggunaan peralatan uji *Hammer test*.

DAFTAR PUSTAKA

1. Kim, S., Smith S., *Pullout Strength Models for FRP Anchor in Un-cracked Concrete*, Journal of Composites for Construction, Vol. 14, 2010, pp 406-414.
2. Hofmann, J., Mahadik, V., Sharma, A., *Modeling Structure – Anchor- Component Interaction For Nuclear Safety Related Structure under Seismic Loads*, SMIRT 23 Conference, Manchester, 2015.
3. Mahrenholtz, P., *Experimental Performance and Recommendations for Qualification of Post Instalated Anchors for Seismic Application*, PhD thesis, Institute für Werkstoffe im Bauwesen, Universität Stuttgart, Germany, 2012.
4. Piccinin, R., Ballorini, R., and Cattaneo, S., *Linear Elastic Fracture Mechanics Pull out Analysis of Headed Anchors in Stresses Concrete*, Journal of Engineering Mechanics, Vol 136, 2010, pp 761-768.
5. Koester, C. and Higgins, C., *Influence of Active Confinement of Behavior and Strength of Reinforcing Steel Anchorages*, Journal of Performance of Constructed Facilities, Vol 29, 2015.
6. Triwinanto P., *Xalppen Sebagai Fixing Pada Struktur Beton*, Majalah Material dan Konstruksi (MKK), Vol 8, 2008, pp 188-193.
7. TRW Nelson, *Welding Division, Construction-Design Embedment Properties of Headed Studs*, USA, 1977.

8. Triwinanto P., *Pengujian Beban Kombinasi Tarik dan Geser Angkur Gedung Bank Indonesia*, Laporan Teknis, 1996.
9. Triwinanto P., *Pengujian Beban Kombinasi Tarik dan Geser Angkur Gedung Word Trade Center II Jakarta*, Laporan Teknis, 2010.
10. Triwinanto P., *Pengujian Beban Kombinasi Tarik dan Geser Angkur Gedung Plaza Indonesia Extension Jakarta*, Laporan Teknis, 2007.
11. Vogel, A., and Ballarini, R., *Ultimate Load Capacity of Plane and Asymmetric Headed Anchor*, Journal of Engineering Mechanics, Vol 125, 1999. Harsono W. dan Toshie O., *Teknologi Pengelasan Logam*, Jakarta, Pradnya Paramita, 2006.
12. Triwinanto P., *Pengujian Kuat Tekan Beton untuk Lj-Angkur*, In-house program, 2016.
13. Yijun Li, B. Winker, A. Eckstein, *Failure Analysis of Anchoring in Concrete*, VIII International Conference on Computing Plasticity (Complass VIII), Bercelona, 2005.
14. Maranan, G. B.; Manalo, A. C., Karunasena W., Benmokrane B., *Pull out Behavior of GFRP bar With Anchor Head in Geo Polymer Concrete*, Journal of Composite Structures, Vol 132, Elsevier, 2015, pp 1113 – 1121.

(blank page)