

STUDI BANDING KUAT TARIK ANGKUR PADA ANGKUR CAST-IN DAN POST INSTALLED

Daniel Christianto^{1*}, Yenny Untari Liucius¹, Sunarjo Leman¹, Davin Kholin¹, dan Nelson Zorovian¹

¹Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No.1 Jakarta

*danielc@ft.untar.ac.id

Masuk: 26-06-2024, revisi: 09-07-2024, diterima untuk diterbitkan: 01-10-2024

ABSTRACT

Anchors are connecting devices used to attach and install structural concrete components to other components. There are two types of anchor installation methods, cast-in and post installed systems. Cast-in anchors have advantages in terms of behavior and failure modes that are more predictable, while post-installed anchors are more commonly used due to its cost-effectiveness. One type of post-installed anchor is the adhesive anchor. Adhesive anchors are installed by inserting reinforcing bars into drilled holes in concrete that have been injected with adhesive. However, despite the various advantages and disadvantages of each anchor installation method, there are differences in anchor behavior and pull-out capacity that needs to be known. This research conducted pull-out tests with a confined test method on both cast-in anchors and adhesive post installed anchors installed with HILTI HIT-RE 500V3 chemical adhesive, using anchor rebars with diameters of 13mm and 16mm with an embedment depth of 5D on all samples. From the results, the pull-out capacity ratio of post installed/cast-in anchors for D13 anchors is 1,25 at the edge and 1,03 at the center. For D16 anchors, the values obtained are 1,20 at the edge and 1,34 at the center.

Keywords: anchors; cast-in; post installed; chemical adhesive; pull-out capacity

ABSTRAK

Angkur merupakan alat penghubung yang digunakan untuk menghubungkan dan memasang komponen struktur beton pada komponen lainnya. Terdapat dua jenis pemasangan ankur yaitu sistem pemasangan *cast-in* (cor di tempat) dan *post installed* (pasca pasang). Angkur cor di tempat memiliki kelebihan pada perilaku dan mode kegagalan yang lebih dapat diprediksi, sementara pemasangan pasca pasang lebih banyak digunakan karena merupakan cara yang cukup ekonomis. Salah satu jenis ankur pasca pasang adalah ankur pasca pasang adhesif. Angkur pasca pasang adhesif merupakan jenis ankur yang dipasang dengan memasukkan batang tulangan ke dalam lubang bor pada beton yang telah ditambahkan dengan adhesif. Namun dengan berbagai kelebihan dan kekurangan masing-masing cara pemasangan ankur, masih terdapat perbedaan dalam perilaku ankur dan kapasitas tarik ankur yang perlu diketahui. Pada penelitian ini dilakukan uji tarik dengan metode *confined test* pada ankur cor di tempat dan ankur pasca pasang adhesif yang dipasang dengan perekat adhesif HILTI HIT-RE 500V3 dengan tulangan ankur diameter 13 mm dan 16mm dan kedalaman penanaman 5D pada semua sampel. Dari hasil pengujian diperoleh perbandingan rasio kuat tarik ankur *post installed/cast-in* untuk ankur D13 sebesar 1,25 pada bagian tepi dan 1,03 pada bagian tengah. Untuk ankur D16 diperoleh nilai 1,20 pada bagian tepi dan 1,34 pada bagian tengah.

Kata kunci: ankur; cor di tempat; pasca pasang; perekat adhesif; kapasitas tarik ankur

1. PENDAHULUAN

Dalam pelaksanaan konstruksi, ankur digunakan untuk menghubungkan berbagai elemen struktur seperti struktur beton pada komponen lainnya seperti balok baja pada beton dan lain-lain. Angkur digunakan karena dapat menyalurkan berbagai beban-beban struktural antara elemen struktur yang terhubung (Badan Standardisasi Nasional, 2019). Namun sistem pemasangan ankur dapat dibagi menjadi dua, yaitu ankur *cast-in* (cor di tempat) dan ankur *post installed* (pasca cor).

Perbedaan pada kedua cara pemasangan ankur terdapat pada waktu ankur dipasang pada beton. Untuk cara pemasangan cor di tempat, ankur dipasang pada cetakan sebelum beton dicor hingga mengeras bersamaan. Untuk ankur pasca pasang, ankur di pasang pada beton setelah beton di cor dan mengeras dengan cara pengeboran lubang pada beton. (Eligehausen et al., 2006).

Masing-masing cara pemasangan ankur terdapat kelebihan dan kekurangan. Pada ankur cor di tempat, kelebihanannya terdapat pada perilaku dan mode kegagalan yang dapat diprediksi dan lebih dapat diandalkan. Namun, ankur cor di tempat dinilai kurang efisien dalam konstruksi karena membutuhkan tingkat akurasi yang tinggi pada penempatan

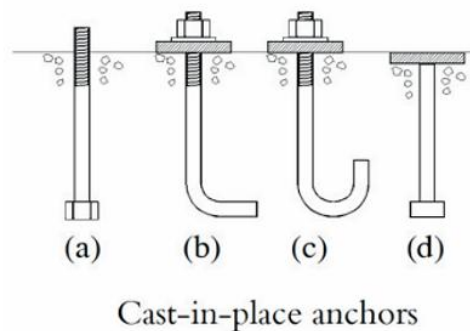
angkur. Ini dikarenakan setelah beton mengeras, angkur sudah tidak dapat dipindahkan, maka fleksibilitas pemasangan lebih sedikit dibandingkan dengan angkur pasca pasang (Haidar et al., 2020). Untuk angkur pasca pasang, cara ini merupakan cara yang cukup ekonomis dan dapat diandalkan untuk memperkuat atau memperluas struktur beton bertulang eksisting dengan karakteristik kinerja yang sama dengan tulangan eksisting yang terdapat pada beton. Namun kekurangan angkur pasca pasang adalah angkur perlu dipasang dengan asumsi bahwa angkur pasca pasang dipilih, direkayasa dan dipasang oleh ahli-ahli yang memiliki kualifikasi dan pengalaman yang sesuai. Ini dikarenakan banyaknya variabel yang perlu diperhatikan pada saat pemasangan (Fuchs & Hofmann, 2021).

Namun selain perbandingan kelebihan dan kekurangan angkur dalam segi cara pemasangan dan efisiensi, diperlukan juga perbandingan kinerja angkur cor di tempat dan angkur pasca pasang. Perbandingan kinerja yang dapat diperoleh adalah perbandingan kapasitas tarik angkur dari masing-masing cara pemasangan dan perbandingan mode kegagalan angkur yang dapat terjadi. Beberapa mode kegagalan utama yang dapat terjadi adalah kegagalan baja akibat tarik, kegagalan cabut, kegagalan jebol beton, dan kegagalan lekatan adhesif akibat tarik (Badan Standardisasi Nasional, 2019),

Maka dari itu, dilakukan pengujian tarik angkur cor di tempat dan angkur pasca pasang agar dapat mengetahui perbedaan model kegagalan angkur terhadap tarik dan perbandingan kuat tarik angkur antara pemasangan angkur cor di tempat dan angkur pasca pasang adhesif menggunakan adhesif HILTI HIT-RE 500V3.

Angkur cor di tempat

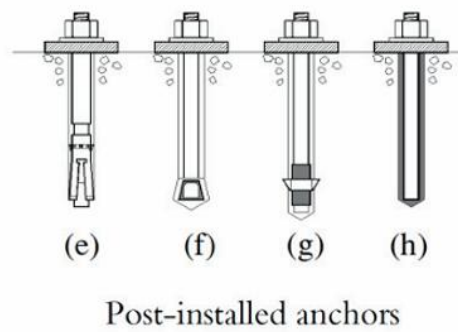
Angkur cor di tempat memiliki keunggulan dimana lokasi beban eksternal yang diantisipasi tetap diketahui sehingga dalam desain struktur beton bertulang, tetap diketahui penempatan penguatan yang tepat. Namun kekurangan angkur cor di tempat adalah pada tata letak dan perencanaan tambahan yang diperlukan untuk sistem ini. Beberapa kegunaan yang memerlukan sistem angkur cor di tempat adalah seperti pelat tertanam dengan *stud* kepala, insert angkat untuk transportasi komponen beton pracetak, dan tulangan penguat dengan ulir internal (Eligehausen et al., 2006). Beberapa angkur cor di tempat yang umum digunakan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Contoh angkur *cast-in* (Nilforoush, 2017)

Angkur pasca pasang

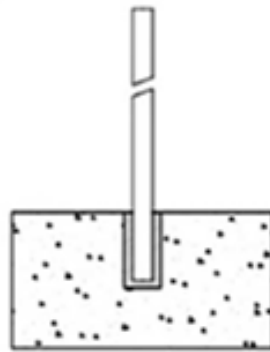
Angkur pasca pasang dapat dibagi menjadi dua tipe yang berbeda yaitu angkur mekanikal dan angkur *bonded*. Angkur *bonded* tersendiri juga dapat dibagi menjadi dua kategori yaitu angkur adhesif dan angkur *grouted*. Untuk angkur adhesif, cara ini terdiri dari batang tulangan atau batang ulir yang tertanam ke dalam lubang yang telah di bor pada beton yang telah mengeras, dengan menggunakan perekat struktural seperti epoksi, polyester, atau vinylester (Cook & Burtz, 2003). Perekat kimia biasa terdiri dari campuran polimer dan pengisi, yang pada umumnya berupa silika sintetis. Perekat ini lebih tahan lama, memiliki penyusutan rendah, memberikan perlindungan yang lebih baik terhadap korosi, memiliki ketahanan tinggi terhadap kelelahan, dan memiliki proses pemasangan yang lebih cepat. Dalam pemasangan angkur adhesif terdapat berbagai variabel yang dapat mempengaruhi kekuatan angkur seperti tipe beton yang digunakan, arah pengeboran, kebersihan lubang pengeboran, diameter lubang pengeboran, dan juga kedalaman pengeboran (Gonzalez et al., 2017). Beberapa jenis angkur pasca pasang dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Contoh ankur pasca pasang (Nilforoush, 2017)

Kuat baja ankur terhadap tarik

Kegagalan baja akibat tarik terjadi saat ankur putus karena mencapai batas maksimum dari gaya tarik hingga tidak dapat ditahan oleh tulangan ankur.



Gambar 3. Kegagalan baut ankur terhadap tarik (Haidar et al., 2020)

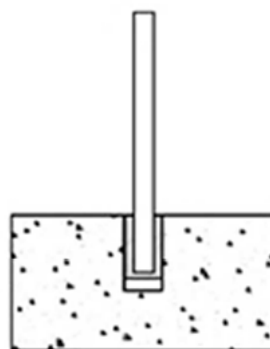
Dapat dihitung kuat tarik rencana baut ankur berdasarkan persamaan 1 (Dewobroto, 2016).

$$N_{sa} = A_{se,N} f_{uta} \quad (1)$$

dengan N_{sa} = kuat nominal ankur dalam kondisi tarik, $A_{se,N}$ = luas penampang terhadap tarik dan f_{uta} = kuat tarik baut ankur yang disyaratkan, tidak lebih dari nilai terkecil $1.9f_y$ atau 860 Mpa.

Kegagalan cabut (*pullout*) ankur akibat tarik

Kegagalan cabut terjadi pada saat baut terlepas seluruhnya dari beton akibat gaya tarik beserta terjadinya kerusakan pada beton.



Gambar 4. Kegagalan cabut (*pullout*) ankur (Haidar et al., 2020)

Kuat cabut rencana terhadap tarik, ϕN_{pn} untuk baut ankur tunggal *cast-in* tidak boleh melebihi persamaan 2 (Dewobroto, 2016).

$$N_{pn} = \psi_{c,p} N_p \quad (2)$$

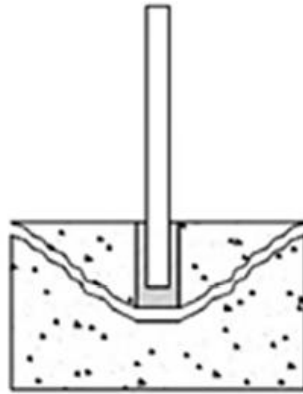
Dengan ϕN_{pn} = nominal kuat cabut (*pullout*) baut angkur, $\psi_{c,p}$ = faktor modifikasi untuk angkur pada daerah yang secara analisis belum timbul retak pada kondisi beban kerja $\psi_{c,p} = 1,4$, dan N_p = kuat cabut terhadap tarik dari baut angkur *cast-in* tipe kepala segienam atau stud yang dapat dihitung dengan persamaan 3

$$N_p = 8A_{brg} f_c' \quad (3)$$

Dimana A_{brg} = luas tumpu netto dari baut angkur kepala segienam, atau angkur *stud*, dan f_c' = mutu besi.

Kegagalan beton jebol (*breakout*) angkur akibat tarik

Kegagalan beton jebol terjadi pada saat beton ikut terangkat dan posisi baut berada di tengah pada saat gaya tarik diaplikasikan.



Gambar 5. Kegagalan beton jebol (*breakout*) (Haidar et al., 2020)

Kuat jebol beton rencana terhadap tarik dari baut angkur dihitung diperlukan lebih dari nilai pada persamaan 4 (Dewobroto, 2016)

$$N_{cb} = \frac{A_{Nc}}{A_{Nco}} \psi_{ed,N} \psi_{c,N} \psi_{cp,N} N_b \quad (4)$$

Dengan N_{cb} = kuat nominal jebol beton akibat gaya tarik, A_{Nc} = luas proyeksi kerusakan beton pada baut angkur tunggal agar dapat memperhitungkan kuat tarik, A_{Nco} = luas proyeksi maksimum kerusakan angkur tunggal, $\psi_{ed,N}$ = faktor modifikasi agar dapat memperhitungkan pengaruh baut angkur pada bagian pinggir beton, $\psi_{c,N}$ = faktor modifikasi memperhitungkan keretakan beton pada area angkur, $\psi_{cp,N}$ = faktor modifikasi agar dapat memperhitungkan adanya tegangan tarik belah (*splitting*) pada saat pemasangan, dan N_b = kuat dasar jebol beton angkur tunggal terhadap tarik.

Kegagalan lekatan adhesif angkur akibat tarik

Kegagalan lekatan terjadi bergantung dengan kuat rekat adhesif yang diaplikasikan pada beton dan kuat rekat adhesif tersebut pada tulangan angkur.

Kuat lekat nominal terhadap tarik, N_a untuk angkur adhesif tunggal tidak boleh lebih dari nilai pada persamaan 5 (Dewobroto, 2016).

$$N_a = \frac{A_{Na}}{A_{Na0}} \psi_{ed,Na} \psi_{cp,Na} N_{ba} \quad (4)$$

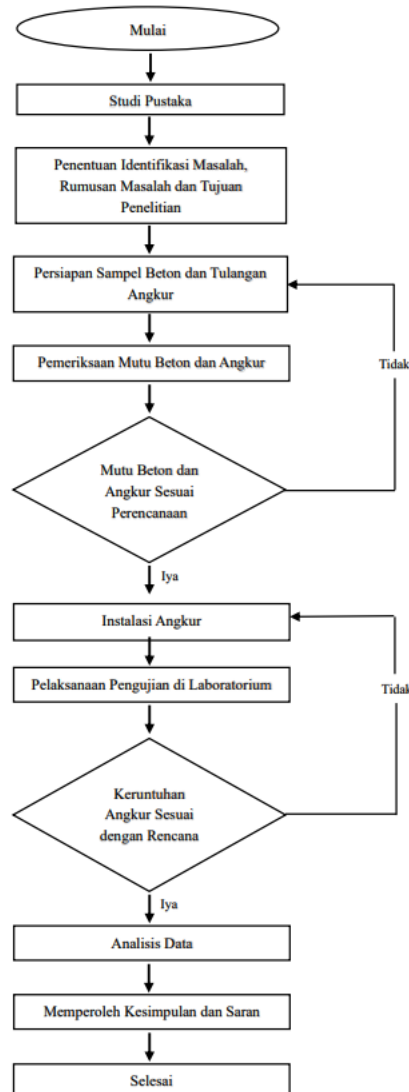
Dimana N_a = kuat lekat nominal terhadap tarik, A_{Na} = luas pengaruh terproyeksi dari angkur adhesif tunggal, A_{Na0} = luas pengaruh terproyeksi dari angkur adhesif tunggal dengan jarak tepi, $\psi_{ed,Na}$ = faktor modifikasi pada baut angkur tunggal yang dibebani tarik, $\psi_{cp,Na}$ = faktor modifikasi yang digunakan untuk mengontrol belah beton untuk angkur adhesif, dan N_{ba} = kuat lekat dasar angkur adhesif tunggal dalam tarik untuk beton retak.

2. METODE PENELITIAN

Berikut adalah tahap-tahap yang dilakukan pada penelitian ini:

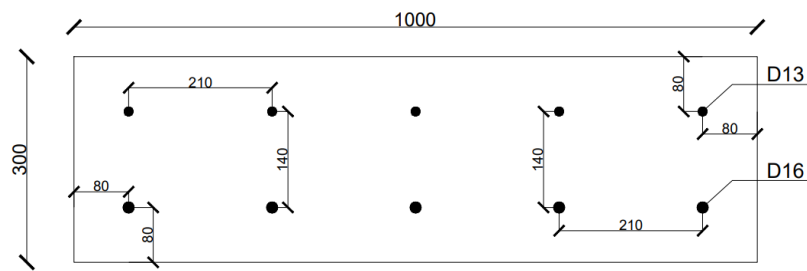
1. Lakukan studi Pustaka mengenai topik penelitian. Studi Pustaka dilakukan dari berbagai sumber berbeda seperti jurnal, buku, artikel, peraturan, dan sumber-sumber lainnya.
2. Membuat 4 buah balok beton berukuran 30 cm x 30 cm x 100 cm dengan mutu 40 MPa yang digunakan sebagai pelat dasar pemasangan angkur. 2 sampel digunakan sebagai sampel angkur *cast-in*, dan 2 sampel digunakan sebagai sampel angkur *post installed*.
3. Melakukan pengeboran lubang, penambahan adhesif angkur, dan memasang tulangan angkur pada beton untuk pemasangan angkur *post installed*.
4. Melakukan pengujian tarik pada sampel angkur agar memperoleh hasil yang diperlukan.
5. Mengumpulkan data-data yang diperlukan dari pengujian yang dilakukan.
6. Melakukan analisis pada hasil-hasil data yang diperoleh agar dapat memperoleh kesimpulan yang diperlukan pada penelitian.

Diagram alir dari penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 6.

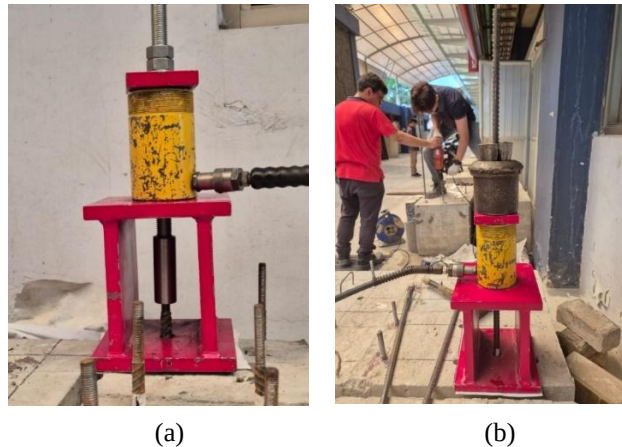


Gambar 6. Diagram alir penelitian

Pengujian dilakukan pada 4 sampel balok beton bermutu $f_c' = 40$ MPa dengan ukuran 30 cm x 30 cm x 100 cm. 2 buah sampel digunakan untuk pengangkuran sistem *cast-in* dan 2 buah sampel digunakan untuk pengangkuran *post-installed*. Tulangan angkur yang digunakan pada penelitian ini adalah tulangan diameter 13 mm dan 16 mm. Masing-masing sampel dipasang dengan 5 tulangan 13 mm dan 5 tulangan 16 mm dengan jarak tepi 80 mm dan kedalaman penanaman 5d. *Chemical* yang digunakan untuk *post installed* merupakan *chemical* HILTI HIT-RE 500 V3 dari HILTI. Pengujian pada penelitian ini dilakukan dengan metode *confined test* dan *layout* pemasangan angkur dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. *Layout* pemasangan ankur



Gambar 8. Setup tes apparatus (a) *cast-in* (b) *post installed* berdasarkan ASTM E488

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemeriksaan Material

Sebelum dilakukan pengujian pada penelitian ini, dilakukan pemeriksaan material terlebih dahulu pada sampel beton dan tulangan yang akan digunakan. Pemeriksaan material yang dilakukan adalah pengujian tes tekan beton dan *Ultrasonic Pulse Velocity Test* (UPVT) untuk memperoleh mutu beton dan pengujian tarik besi untuk pemeriksaan mutu besi. Hasil tes tekan beton dapat dilihat pada tabel 1. Hasil UPVT beton dapat dilihat pada tabel 2, tabel 3, dan tabel 4. Hasil tes tarik besi dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 1. Hasil tes tekan beton

No	Gaya Tekan (kN)	Tegangan (MPa)	Rata-rata (MPa)
1	862,1	48,81	42,8
2	742,9	42,06	
3	663	37,54	

Tabel 2. Hasil pengujian UPVT pada sampel beton 1

Jarak (cm)	Daerah Jarak Tepi (cm)	Waktu (μ s)	Kecepatan (m/s)	Kekuatan (MPa)
50	5	125.1	3996.803	36.333
	15	117.3	4262.575	40.076
	25	116.6	4288.165	40.457
	35	116.1	4306.632	40.733
	45	112.6	4440.497	42.796
Rata-rata				40.079

Tabel 3. Hasil pengujian UPVT pada sampel beton 2

Jarak (cm)	Daerah Jarak Tepi (cm)	Waktu (μ s)	Kecepatan (m/s)	Kekuatan (MPa)
50	5	117.6	4251.701	39.916
	15	117.8	4244.482	39.810
	25	119.4	4187.605	38.983
	35	117.9	4240.882	39.757
	45	115.4	4332.756	41.128
Rata-rata				39.919

Tabel 4. Hasil pengujian UPVT pada sampel beton 3

Jarak (cm)	Daerah Jarak Tepi (cm)	Waktu (μ s)	Kecepatan (m/s)	Kekuatan (MPa)
50	5	121.4	4118.616	38.003
	15	119.4	4187.605	38.983
	25	119.4	4187.605	38.983
	35	117.9	4240.882	39.757
	45	113.9	4389.816	42.003
Rata-rata				39.546

Dari dua metode pengujian beton yang dilakukan, digunakan hasil tes tekan beton dengan mutu beton 42,8 MPa untuk analisis teoritis.

Tabel 5. Hasil uji tarik besi

No	d (mm)	Luas Penampang (mm^2)	L_0 (mm)	L_1 (mm)	ΔL (mm)	Regangan (%)	f_y (MPa)	f_u (MPa)	f_u/f_y
1	13	132,73	200	240	40	20	524,75	683,65	1,30
2				240	40	20	513,66	676,26	1,32
3				230	30	15	517,36	672,56	1,30
1	16	201,06	200	234	34	17	478,15	624,52	1,31
2				231	31	15,5	461,07	612,33	1,33
3				235	35	17,5	502,55	634,28	1,26

Hasil analisis teoritis

Analisis teoritis dilakukan agar dapat mengetahui kuat tarik angkur dan jenis keruntuhan yang akan terjadi pada angkur. Pada analisis teoritis, digunakan mutu beton sebesar $f_c' = 42,8$ MPa. Untuk besi tulangan, tegangan leleh (f_y) yang digunakan pada tulangan diameter 13mm sebesar 518,59 MPa dan 480,59 MPa pada tulangan diameter 16 mm. Pada pengangkutan *cast-in*, perbandingan *failure mode* dilakukan untuk kegagalan baut angkur, kuat jebol beton, dan kegagalan cabut angkur. Hasil analisis teoritis kuat tarik angkur dan jenis keruntuhan pengangkutan *cast-in* dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil analisis teoritis pengangkutan *cast-in*

d (mm)	Panjang Penanaman (mm)	Keruntuhan Angkur N_{sa} (kN)	Keruntuhan Beton, N_{cb} (kN)	Keruntuhan Cabut, N_p (kN)	Dipakai (kN)	Jenis Keruntuhan
13	65	130,784	36,909	45,448	36,909	Beton
16	80	183,594	43,886	68,844	43,886	Beton

Pada pengangkutan *post installed*, perbandingan *failure mode* dilakukan untuk kegagalan baut angkur, kuat jebol beton, dan kuat lekat adhesif. Hasil analisis teoritis kuat tarik angkur dan jenis keruntuhan pengangkutan *post installed* dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil analisis teoritis pengankuran *post installed*

d (mm)	Panjang Penanaman (mm)	Keruntuhan Angkur N_{sa} (kN)	Keruntuhan Beton, N_{cb} (kN)	Keruntuhan <i>Chemical</i> , N_{sa} (kN)	Dipakai (kN)	Jenis Keruntuhan
13	65	130,784	21,702	12,313	12,313	<i>Chemical</i>
16	80	183,594	25,805	12,801	12,801	<i>Chemical</i>

Data hasil uji tarik angkur

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, diperoleh data hasil uji tarik angkur yang dapat dilihat pada Tabel 8, Tabel 9, dan Tabel 10.

Tabel 8. Data hasil uji tarik angkur *cast-in*

Sampel	d (mm)	Kedalaman Penanaman	Kapasitas Beban (kN)	Failure Mode
1	13	65	29,4	<i>Thread</i>
2			54	<i>Pullout</i>
3			49,1	<i>Pullout</i>
4			49,1	<i>Pullout</i>
5			39,4	<i>Pullout</i>
1	16	80	49,1	<i>Pullout and Concrete Breakout</i>
2			63,8	<i>Pullout</i>
3			63,8	<i>Pullout</i>
4			58,9	<i>Pullout</i>
5			49,1	<i>Pullout</i>

Tabel 9. Data hasil uji tarik angkur *post installed*

Sampel	d (mm)	Kedalaman Penanaman	Kapasitas Beban (kN)	Failure Mode
1	13	65	49,1	<i>Concrete Breakout</i>
2			73,6	<i>Bond</i>
3			44,1	<i>Bond</i>
4			39,2	<i>Bond</i>
5			49,1	<i>Concrete Breakout</i>
1	16	80	54	<i>Concrete Breakout</i>
2			63,8	<i>Bond</i>
3			93,2	<i>Bond</i>
4			93,2	<i>Bond</i>
5			63,8	<i>Concrete Breakout</i>

Tabel 10. Hasil perbandingan kuat tarik angkur *cast-in* dan *post installed*

Tipe Angkur	d (mm)	Kedalaman Penanaman	Posisi	Kapasitas Beban Rata-Rata (kN)	Rasio Kapasitas Beban PI/CI	Failure Mode
<i>Cast-in</i>	13	65	Tepi	39,24	1,25	<i>Pullout</i>
<i>Post Installed</i>				49,05		<i>Concrete</i>
<i>Cast-in</i>	13	65	Tengah	50,69	1,03	<i>Pullout</i>
<i>Post Installed</i>				52,32		<i>Bond</i>
<i>Cast-in</i>	16	80	Tepi	49,05	1,20	<i>Pullout</i>
<i>Post Installed</i>				58,86		<i>Concrete</i>
<i>Cast-in</i>	16	80	Tengah	62,13	1,34	<i>Pullout</i>
<i>Post Installed</i>				83,39		<i>Bond</i>

Perbandingan analisis teoritis dan hasil uji tarik angkur

Setelah dilakukan analisis teoritis dan diperoleh hasil uji tarik angkur, dapat dilakukan perbandingan antara kedua hasil yang diperoleh, Hasil perbandingan analisis teoritis dan hasil uji tarik angkur dapat dilihat pada tabel 11 dan tabel 12.

Tabel 11. Hasil perbandingan analisis teoritis dan hasil uji tarik angkur D13

No	d (mm)	Kedalaman Penanaman (mm)	Tipe Angkur	Tipe Kegagalan Hasil Uji	Tipe kegagalan Teoritis	Kapasitas Tarik Teoritis (kN)	Kapasitas Beban Hasil Uji (kN)	Rasio Beban Uji/Teoritis
1	13	65	Cast-in	Thread	Concrete	36,9	29,4	-
2				Pullout			54	1,46
3				Pullout			49,1	1,33
4				Pullout			49,1	1,33
5				Pullout			39,2	1,06
1	13	65	Post Installed	Concrete	Bond	12,3	49,1	3,99
2				Bond			73,6	5,98
3				Bond			44,1	3,59
4				Bond			39,2	3,19
5				Concrete			49,1	3,99

Tabel 12. Hasil perbandingan analisis teoritis dan hasil uji tarik angkur D16

No	d (mm)	Kedalaman Penanaman (mm)	Tipe Angkur	Tipe Kegagalan Hasil Uji	Tipe kegagalan Teoritis	Kapasitas Tarik Teoritis (kN)	Kapasitas Beban Hasil Uji (kN)	Rasio Beban Uji/Teoritis
1	16	80	Cast-in	Concrete	Concrete	43,9	49,1	1,12
2				Pullout			63,8	1,45
3				Pullout			63,8	1,45
4				Pullout			58,9	1,34
5				Pullout			49,1	1,12
1	16	80	Post Installed	Concrete	Bond	12,8	54,0	4,22
2				Bond			63,8	4,98
3				Bond			93,2	7,28
4				Bond			93,2	7,28
5				Concrete			63,8	4,98

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari penelitian yang telah dilakukan pada pengangkuran sistem *cast-in* dan *post installed*, kesimpulan yang diperoleh adalah,

1. Pengangkuran dengan sistem *post installed* menggunakan *chemical* adhesif HILTI HIT-RE 500V3 mempunyai kapasitas Tarik yang lebih besar dari system angkur *cast-in*.
2. Pada pengujian tarik angkur *cast-in*, mode kegagalan yang lebih banyak terjadi adalah *pullout failure*, dan mode kegagalan yang lebih banyak terjadi pada angkur *post installed* adalah *bond failure*.
3. *Chemical* adhesif HILTI HIT-RE 500 V3 memiliki kuat rekat yang jauh lebih kuat dari perhitungan teoritis dengan selisih rata-rata diatas 40%. Hal ini berdasarkan seluruh nilai kapasitas beban hasil uji yang diperoleh pada pengangkuran *post installed* lebih besar dibandingkan dengan kapasitas tarik teoritis yang diperhitungkan.

Maka dari penelitian yang telah dilakukan, saran yang dapat diberikan adalah pemasangan angkur dilakukan dengan 5 sampel *cast-in* dan 5 sampel *post installed* serta variasi diameter angkur pada 1 balok beton agar dapat memperoleh hasil pengujian yang konsisten.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang membantu penelitian ini, terutama kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Tarumanagara (LPPM Untar) yang telah mendanai penelitian ini dan juga kepada Dana Lutfi Ilmansyah S.T., M.Sc dan Hilti Indonesia yang telah mendukung dalam penyediaan data teknis serta penyediaan material dan bahan *chemical* adhesif HILTI HIT-RE500V3.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. (2019). *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan* (SNI 2847:2019). Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Cook, R. A., & Burtz, J. L. (2003). *Design Guidelines and Specification for Engineered Grouts*. Report No. BC354 RPWO# 48.
- Dewobroto, W. (2016). *Struktur Baja - Perilaku, Analisis & Desain*. Jurusan Teknik Sipil UPH.
- Eligehausen, R., Rainer, M., & John, F. S. (2006). *Anchorage in Concrete Construction*. Ernst & Sohn GmbH & Co. KG.
- Fuchs, W., & Hofmann, J. (2021). Post-installed reinforcing bars - Requirements for their reliable use. *Developments in the Built Environment*, 5, 100040.
- Gonzalez, F., Fernandez, J., Agranati, G., & Villanueva, P. (2018). Influence of construction conditions on strength of post installed bonded anchors. *Construction and Building Materials*, 165, 272-283.
- Haidar, H. H., Mussa, F. I., Dawood, A. O., Ghazi, A. A., & Gabbar, R. A. (2020). Experimental Study Of Post Installed Rebar Anchor Systems for Concrete Structure. *Civil and Environmental Engineering*, 16(2), 308-319.
- Nilforoush, R. (2017). *Anchorage in Concrete Structures: numerical and experimental evaluations of load-carrying capacity of cast-in-place headed anchors and post-installed adhesive anchors*. Doctoral dissertation, Lulea University of Technology.