

## PENGARUH DEBU PADA LUBANG ANGKUR TERHADAP KUAT TARIK ANGKUR ADHESIF

Daniel Christianto<sup>1\*</sup>, Sunarjo Leman<sup>1</sup>, Marcellino Benito<sup>1</sup>, dan Edison Leo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No.1 Jakarta, Indonesia  
\*danielc@ft.untar.ac.id

Masuk: 26-06-2024, revisi: 15-10-2024, diterima untuk diterbitkan: 23-01-2025

### ABSTRACT

An anchor is a steel material that functions as a connector between materials. Based on the installation method, anchors can be classified into two types: cast-in-place anchors and post-installed anchors. One advantage of post-installed anchors is the faster curing time. Adhesive anchors are a type of post-installed anchor used in this study. Several factors can affect the strength of adhesive anchors, one of which is the cleanliness of the drilled hole. This research was conducted by making concrete samples, then drilling them and installing anchors into the holes. A total of 4 samples were tested, consisting of 2 samples in cleaned conditions and 2 samples in uncleaned conditions. The anchor samples used are threaded reinforcement bars with diameters of 13 mm and 16 mm. The testing was performed using a tensile test with the confined test method. The results of the testing concluded that the cleanliness of the drilled hole significantly affects the tensile capacity of the anchor. The average tensile capacity of the 13 mm diameter anchor in the cleaned condition is 44.1 kN and 7.64 kN in the uncleaned condition. For the 16 mm diameter anchor, the average tensile capacity is 64.68 kN in the cleaned condition and 22.87 kN in the uncleaned condition.

Keywords: adhesive anchor; cleaned and uncleaned condition; tensile capacity

### ABSTRAK

Angkur merupakan material baja yang berfungsi sebagai penyambung antara material. Berdasarkan cara pemasangannya, angkur dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu angkur cor di tempat dan angkur pasca pasang. Salah satu kelebihan angkur pasca pasang adalah waktu curing yang lebih cepat. Angkur adhesif merupakan salah satu jenis angkur pasca pasang yang digunakan dalam penelitian ini. Terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kekuatan angkur adhesif, salah satunya adalah kebersihan dari lubang bor. Penelitian ini dilakukan dengan membuat sampel beton lalu mengebornya kemudian melakukan instalasi angkur ke dalam lubang tersebut. Sampel yang diuji sebanyak 4 buah, yang terdiri atas 2 sampel kondisi *cleaned* dan 2 sampel kondisi *uncleaned*. Sampel angkur yang digunakan adalah tulangan ulir dengan ukuran diameter 13 mm dan 16 mm. Pengujian dilakukan dengan uji tarik dengan metode *confined test*. Dari hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa kondisi lubang bor yang dibersihkan dan yang tidak dibersihkan memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kapasitas tarik angkur dengan perolehan rata-rata kapasitas tarik angkur diameter 13 mm kondisi *cleaned* sebesar 44,1 kN dan kondisi *uncleaned* sebesar 7,64 kN dan rata-rata kapasitas tarik angkur diameter 16 mm kondisi *cleaned* sebesar 64,68 kN dan kondisi *uncleaned* sebesar 22,87 kN.

Kata kunci: angkur adhesif; kondisi *cleaned* dan *uncleaned*; kapasitas tarik angkur

### 1. PENDAHULUAN

Berdasarkan cara pemasangannya, angkur dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu angkur cor di tempat (*cast-in*) dan angkur pasca pasang (*post installed*). Angkur *cast-in* merupakan angkur yang pemasangannya dilakukan sebelum beton mengeras, sedangkan angkur *post installed* pemasangannya dilakukan setelah beton mengeras (Droesch, 2015). Setelah beton mengeras, beton akan dibor dan angkur akan dimasukkan ke dalam lubang bor dengan bahan perekat atau adhesif (Haidar et al., 2020).

Berdasarkan mekanisme perpindahan bebannya angkur dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu angkur mekanikal dan angkur adhesif. Perpindahan beban pada angkur mekanikal melalui kaitan mekanis, sedangkan pada angkur adhesif perpindahan beban melalui bahan perekat antara angkur dengan perekat atau beton dengan perekat (Tarawneh, 2019).

*Chemical epoxy* merupakan salah satu bahan perekat yang digunakan dalam angkur adhesif. *Chemical epoxy* terdiri dari polimer dan campuran pengisi, umumnya adalah silika sintesis. *Chemical epoxy* memiliki kekuatan tekan dua kali sampai empat kali lipat dari mortar berbasis semen, dan memiliki kekuatan tarik sepuluh sampai lima belas kali

lipat. Adhesif ini memiliki tingkat penyusutan yang rendah, lebih kuat, memiliki ketahanan yang tinggi dalam mengalami perlemahan material, memberikan perlindungan yang lebih baik terhadap korosi, dan pemasangan yang cepat (González et al., 2018).

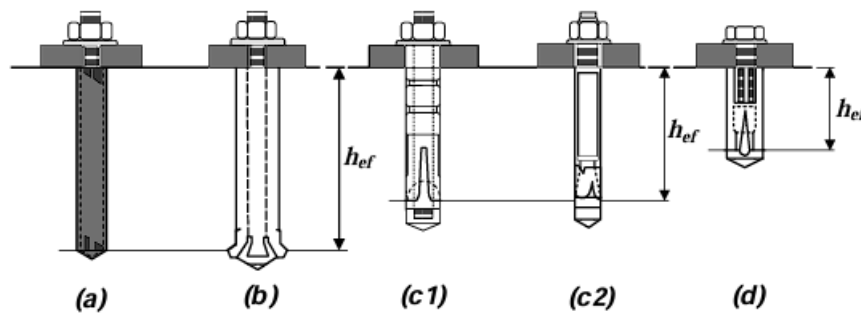
Terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kuat rekat pada angkur adhesif, yaitu metode pengeboran yang digunakan, tingkat kelembaban beton, tingkat kebersihan lubang bor, suhu lingkungan, dan bahan perekat yang digunakan. Selain itu, diameter angkur, panjang kedalaman angkur, jarak tepi angkur, dan kekuatan angkur itu sendiri juga dapat mempengaruhi kuat rekat angkur adhesif (Tayeh et al., 2019).

Pengujian tarik pada angkur adhesif bertujuan untuk mengetahui jenis kegagalan (*failure mode*) yang akan terjadi. Kegagalan akibat gaya tarik pada angkur adhesif dapat terjadi pada angkur, beton, atau rekatannya. Panjang penanaman angkur dan jarak tepi angkur turut berpengaruh pada model kegagalan yang akan terjadi (Badan Standardisasi Nasional, 2019).

Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh kebersihan lubang bor terhadap kuat tarik angkur dan jenis kegagalan (*failure mode*) yang terjadi.

### Angkur pasca cor

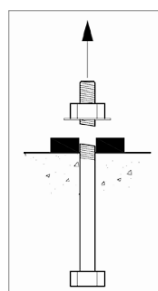
Angkur pasca cor memiliki beberapa jenis, diantaranya: angkur adhesif, angkur ujung diperlebar, angkur ekspansi terkontrol torsi tipe selongsong dan angkur ekspansi terkontrol torsi tipe stud, dan angkur ekspansi terkontrol perpindahan tipe *drop-in* (Badan Standardisasi Nasional, 2019). Gambar jenis-jenis angkur pasca cor dapat dilihat pada Gambar 1. Pada penelitian ini, angkur yang digunakan adalah angkur adhesif.



Gambar 1. Jenis angkur pasca cor (Badan Standardisasi Nasional, 2019)

### Kuat baut angkur terhadap tarik

Kegagalan baut angkur terhadap gaya tarik dapat dilihat pada Gambar 2. Kegagalan ini ditandai dengan angkur yang terputus akibat angkur yang sudah tidak mampu menahan gaya tarik.



Gambar 2. Angkur putus akibat gaya tarik (Lundin, 2012)

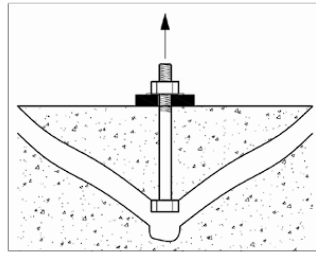
Kuat nominal angkur terhadap tarik dapat dihitung sesuai dengan persamaan 1 (Badan Standardisasi Nasional, 2019):

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

dengan  $N_{sa}$  = kuat tarik nominal baut angkur,  $A_{se,N}$  = luas penampang efektif angkur terhadap tarik, dan  $f_{uta}$  = kuat tarik baut angkur yang disyaratkan.

### Kuat Jebol Beton (*Concrete Breakout*) Terhadap Tarik

Kuat jebol beton (*concrete breakout*) dapat terjadi jika angkur tidak mengalami kegagalan tarik (*steel failure*) (Lundin, 2012). Beton jebol akibat gaya tarik dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Beton jebol akibat gaya tarik (Lundin, 2012)

Kuat nominal jebol beton akibat gaya tarik untuk angkur tunggal dapat dihitung sesuai dengan persamaan 2 (Badan Standardisasi Nasional, 2019):

$$N_{cb} = \frac{A_{Nc}}{A_{Nco}} \psi_{ed,N} \psi_{c,N} \psi_{cp,N} N_b \quad (2)$$

dengan  $N_{cb}$  = kuat nominal jebol beton akibat gaya tarik,  $A_{Nc}$  = luas proyeksi kerusakan beton pada baut angkur tunggal atau kelompok untuk memperhitungkan kuat tarik,  $A_{Nco}$  = luas proyeksi maksimum kerusakan angkur tunggal,  $\psi_{ed,N}$  = faktor modifikasi untuk memperhitungkan pengaruh baut angkur di bagian pinggir fondasi,  $\psi_{c,N}$  = faktor modifikasi kuat tarik baut angkur kelompok dengan beban yang eksentrisitas,  $\psi_{cp,N}$  = faktor modifikasi untuk memperhitungkan adanya tegangan tarik belah (*splitting*) saat pemasangannya, dan  $N_b$  = kuat dasar jebol beton angkur terhadap tarik.

### Kuat lekat angkur adhesif terhadap tarik (*Bond Failure*)

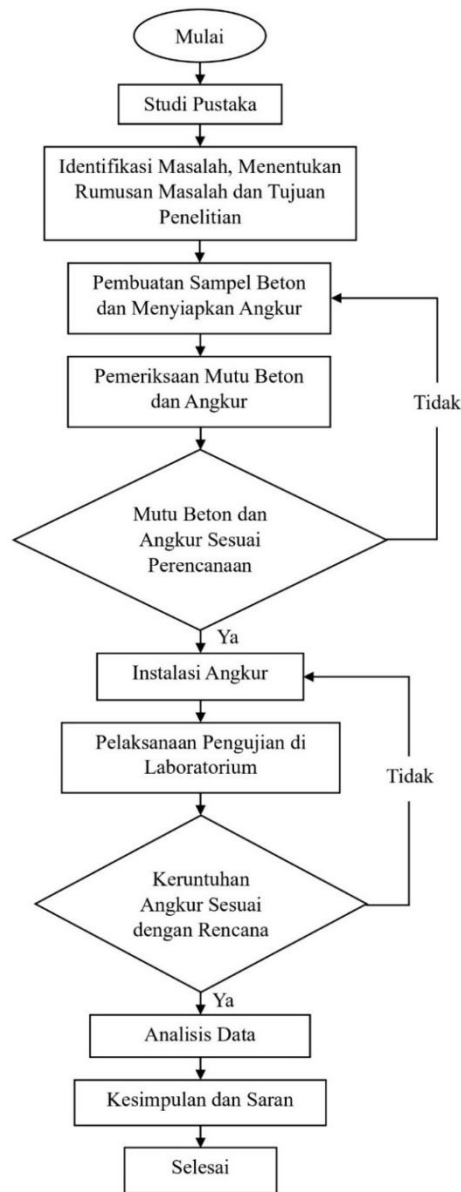
Kuat lekat nominal angkur adhesif tunggal dapat dihitung sesuai dengan persamaan 3 (Badan Standardisasi Nasional, 2019):

$$N_a = \frac{A_{Na}}{A_{Na0}} \psi_{ed,Na} \psi_{cp,Na} N_{ba} \quad (3)$$

dengan  $N_a$  = kuat lekat nominal angkur adhesif terhadap tarik.,  $A_{Na}$  = luas pengaruh terproyeksi dari angkur adhesif tunggal atau kelompok,  $A_{Na0}$  = luas pengaruh terproyeksi dari angkur adhesif tunggal dengan jarak tepi,  $\psi_{ed,Na}$  = faktor modifikasi untuk pengaruh tepi angkur adhesif tunggal atau kelompok yang dibebani dalam tarik,  $\psi_{cp,Na}$  = faktor modifikasi untuk angkur adhesif yang didesain untuk beton tak retak tanpa tulangan tambahan untuk mengontrol belah beton, dan  $N_{ba}$  = kekuatan lekatan dasar angkur adhesif tunggal dalam tarik beton retak.

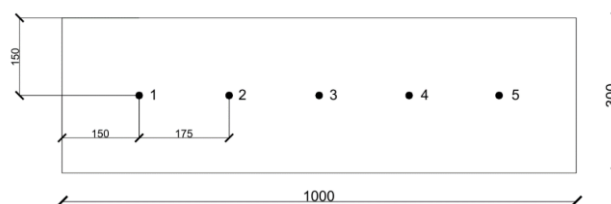
## 2. METODE PENELITIAN

Tahapan awal dalam penelitian ini adalah melakukan studi literatur mengenai hal-hal yang berhubungan dengan topik penelitian ini. Referensi yang digunakan sebagai studi literatur adalah jurnal, artikel ilmiah, buku, dan peraturan. Sistematika penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.

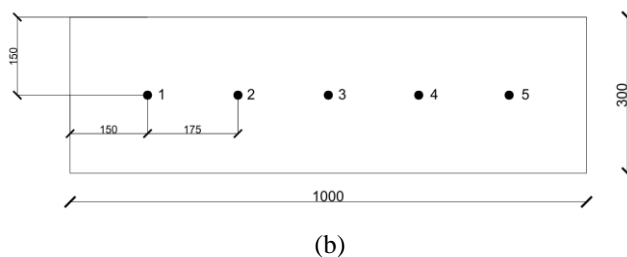


Gambar 4. Sistematika penelitian

Sampel beton yang akan diuji pada penelitian ini sebanyak 4 buah yang terdiri atas 2 buah sampel dalam kondisi *cleaned* dan 2 buah sampel dalam kondisi *uncleaned*. Setiap sampel beton akan dipasang angkur sebanyak 5 buah dengan posisi yang sama. Angkur yang digunakan adalah tulangan ulir dengan diameter 13 mm dan 16 mm. Sampel beton yang digunakan berbentuk balok tanpa tulangan tambahan dengan ukuran 30 cm × 30 cm × 100 cm. Jarak tepi yang digunakan adalah 150 mm dan panjang kedalaman penanaman angkur yang digunakan adalah 3d. *Layout* pemasangan angkur dapat dilihat pada Gambar 5. *Chemical* yang digunakan dalam penelitian ini adalah Hilti HIT-RE 500 V3. Penelitian ini dilakukan dengan uji tarik pada setiap angkur dengan metode *confined test*.



(a)



Gambar 5. Layout Instalasi Angkur, (a) diameter 13 mm, dan (b) diameter 16 mm

Untuk mencapai kondisi *cleaned*, lubang bor dibersihkan menggunakan *blow out pump* dan *blower* untuk mengeluarkan debu yang berada di dalam lubang. Setelah itu, lubang disikat menggunakan sikat kawat (*steel brush*) untuk memastikan bahwa debu yang berada di bawah dan di dinding lubang benar-benar terangkat seluruhnya. Ulangi langkah ini minimal tiga kali atau sampai debu tidak ada yang tertinggal di dalam lubang. Untuk mencapai kondisi *uncleaned*, lubang bor tidak dibersihkan sama sekali sehingga seluruh debu benar-benar tertinggal di dalam lubang.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Pemeriksaan material

Material yang diperiksa dalam penelitian ini adalah mutu besi tulangan dengan cara uji tarik dan mutu sampel beton dengan cara uji tekan. Hasil uji tarik besi tulangan dapat dilihat pada tabel 1 dan hasil uji tekan beton dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 1. Hasil uji tarik besi tulangan

No	d (mm)	Luas		$L_0$ (mm)	$L_1$ (mm)	$\Delta L$ (mm)	Regangan (%)	$f_y$ (MPa)	$f_u$ (MPa)	$f_u/f_y$
		Penampang ( $mm^2$ )								
1	13	132,73	200		240	40	20	524,75	683,65	1,3
2					240	40	20	513,66	676,26	1,32
3					230	30	15	517,36	672,56	1,3
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

Tabel 2. Hasil uji 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	

#### Hasil perhitungan teoritis

Perhitungan teoritis dilakukan untuk mengetahui kapasitas tarik angkur secara teoritis dan jenis keruntuhan (*failure mode*) yang terjadi. Mutu beton ( $f_c'$ ) yang digunakan dalam perhitungan ini adalah 42,8 MPa. Tegangan *ultimate* tulangan ( $f_u$ ) yang digunakan adalah 677,49 MPa untuk diameter 13 mm dan 623,71 MPa untuk diameter 16 mm. Hasil perhitungan kapasitas tarik teoritis dan jenis keruntuhannya dapat dilihat pada tabel 3a dan tabel 3b.

Tabel 3a. Hasil perhitungan teoritis kondisi *cleaned*

d (mm)	Kedalaman Penanaman (mm)	Kondisi	Keruntuhan Angkur, $N_{sa}$ (kN)	Keruntuhan Beton, $N_{cb}$ (kN)	Keruntuhan Rekatan, $N_a$ (kN)	Jenis Keruntuhan
13	39	<i>Cleaned</i>	89,93	<b>15,62</b>	25,02	Beton
16	48		125,4	<b>21,32</b>	30,88	Beton

Tabel 3b. Hasil perhitungan teoritis kondisi *uncleaned*

d (mm)	Kedalaman Penanaman (mm)	Kondisi	Keruntuhan Angkur, $N_{sa}$ (kN)	Keruntuhan Beton, $N_{cb}$ (kN)	Keruntuhan Rekatan, $N_a$ (kN)	Jenis Keruntuhan
13	39	<i>Uncleaned</i>	89,93	15,62	<b>7,64</b>	Rekatan
16	48		125,4	21,32	<b>18,41</b>	Rekatan

### Hasil pengujian tarik angkur

Kapasitas kuat tarik angkur diperoleh dari pembacaan *dial* pada alat tes uji tarik hingga terjadi kegagalan pada sampel. Untuk diameter 16 mm kondisi *uncleaned*, sampel 3 dan 5 tidak dilakukan pengujian dikarenakan lubang bor pada sampel tersebut sudah digunakan sebelumnya. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4 sampai dengan tabel 5.

Tabel 4. Hasil pengujian tarik angkur diameter 13 mm

No	d (mm)	Kedalaman Penanaman (mm)	Kondisi	Kapasitas Tarik Angkur (kN)	Jenis Keruntuhan
1	13	39	<i>Cleaned</i>	39,2	Rekatan
2				44,1	Rekatan
3				29,4	Rekatan
4				44,1	Rekatan
5				63,7	Rekatan
1	13	39	<i>Uncleaned</i>	1,96	Rekatan
2				14,7	Rekatan
3				1,96	Rekatan
4				14,7	Rekatan
5				4,9	Rekatan

Tabel 5. Hasil pengujian tarik angkur diameter 16 mm

No	d (mm)	Kedalaman Penanaman (mm)	Kondisi	Kapasitas Tarik Angkur (kN)	Jenis Keruntuhan
1	16	48	<i>Cleaned</i>	68,6	Rekatan
2				68,6	Rekatan
3				58,8	Rekatan
4				73,5	Rekatan
5				53,9	Rekatan
1	16	48	<i>Uncleaned</i>	14,7	Rekatan
2				39,2	Rekatan
3				-	-
4				14,7	Rekatan
5				-	-

### Perbandingan hasil perhitungan teoritis dengan hasil pengujian

Setelah hasil pengujian kapasitas tarik angkur diperoleh, maka hasil tersebut akan dilakukan perbandingan terhadap hasil perhitungan kapasitas tarik angkur teoritis. Perbandingan hasil tersebut dapat dilihat pada tabel 6 sampai dengan tabel 7.

Tabel 6. Perbandingan hasil perhitungan teoritis dengan hasil uji diameter 13 mm

No	d (mm)	Kedalaman Penanaman (mm)	Kondisi	Kapasitas Tarik Teoritis (kN)	Kapasitas Tarik Hasil Pengujian (kN)	Rasio Beban Uji/Teoritis
1	13	39	<i>Cleaned</i>	15,62	39,2	2,51
2				15,62	44,1	2,82
3				15,62	29,4	1,88
4				15,62	44,1	2,82
5				15,62	63,7	4,08

Tabel 6 (lanjutan). Perbandingan hasil perhitungan teoritis dengan hasil uji diameter 13 mm

No	d (mm)	Kedalaman Penanaman (mm)	Kondisi	Kapasitas Tarik Teoritis (kN)	Kapasitas Tarik Hasil Pengujian (kN)	Rasio Beban Uji/Teoritis
1				7,64	1,96	0,26
2				7,64	14,7	1,92
3	13	39	<i>Uncleaned</i>	7,64	1,96	0,26
4				7,64	14,7	1,92
5				7,64	4,9	0,64

Tabel 7. Perbandingan hasil perhitungan teoritis dengan hasil uji diameter 16 mm

No	d (mm)	Kedalaman Penanaman (mm)	Kondisi	Kapasitas Tarik Teoritis (kN)	Kapasitas Tarik Hasil Pengujian (kN)	Rasio Beban Uji/Teoritis
1				21,32	68,6	3,22
2				21,32	68,6	3,22
3	16	48	<i>Cleaned</i>	21,32	58,8	2,76
4				21,32	73,5	3,45
5				21,32	53,9	2,53
1				18,41	14,7	0,8
2				18,41	39,2	2,13
3	16	48	<i>Uncleaned</i>	18,41	-	-
4				18,41	14,7	0,8
5				18,41	-	-

#### Perbandingan hasil pengujian kondisi *cleaned* dan *uncleaned*

Hasil pengujian antara kondisi *cleaned* dan *uncleaned* akan dilakukan perbandingan agar mendapatkan persentase selisih antara kedua kondisi sehingga dapat diketahui pengaruh masing-masing kondisi terhadap kuat tarik angkur. Perbandingan hasil tersebut dapat dilihat pada tabel 8.

Tabel 8. Perbandingan hasil uji kondisi *cleaned* dan *uncleaned*

Sampel	d (mm)	Kedalaman Penanaman (mm)	Kapasitas Tarik Hasil Pengujian (kN)		Rata-rata Hasil Pengujian (kN)		Rasio <i>Uncleaned/Cleaned</i>
			<i>Cleaned</i>	<i>Uncleaned</i>	<i>Cleaned</i>	<i>Uncleaned</i>	
1			39,2	1,96			
2			44,1	14,7			
3	13	39	29,4	1,96	44,1	7,64	0,17
4			44,1	14,7			
5			63,7	4,9			
1			68,6	14,7			
2			68,6	39,2			
3	16	48	58,8	-	64,68	22,87	0,35
4			73,5	14,7			
5			53,9	-			

## 4. KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian tarik angkur pada kondisi *cleaned* dan *uncleaned*, berikut beberapa kesimpulan yang diperoleh:

1. Dari hasil pengujian tarik, seluruh sampel angkur mengalami kegagalan rekatan.
2. Dari hasil pengujian tarik pada sampel kondisi *cleaned*, hasil kapasitas kuat tarik angkur lebih besar dibandingkan dengan kapasitas kuat tarik angkur teoritis. Hal ini menunjukkan bahwa *chemical* yang

digunakan memiliki kuat rekat (*bond strength*) yang sangat kuat. Pada kondisi *uncleaned*, sebagian besar kapasitas kuat tarik ankur hasil pengujian berada di bawah perhitungan secara teoritis. Hal ini terjadi karena adanya pengaruh debu pada lubang bor yang mempengaruhi kuat rekat ankur.

3. Dari hasil pengujian tarik, semakin besar diameter ankur yang digunakan maka nilai rata-rata kapasitas tarik ankur semakin besar. Hal ini terjadi karena semakin besar diameter ankur, maka bidang kontak *chemical* akan semakin luas sehingga kuat rekatnya akan semakin kuat.
4. Dari hasil pengujian tarik, kondisi lubang bor yang dibersihkan (*cleaned*) dan tidak dibersihkan (*uncleaned*) memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kapasitas tarik ankur sehingga rasio yang dihasilkan sangat kecil. Hal ini dapat dilihat pada rata-rata rasio untuk diameter 13 mm sebesar 0,17 dan diameter 16 mm sebesar 0,35. Hal ini menunjukkan bahwa kapasitas tarik ankur kondisi *uncleaned* untuk diameter 13 mm hanya sebesar 17% kondisi *cleaned* sedangkan untuk kondisi *uncleaned* ankur diameter 16 mm hanya sebesar 35% dari kondisi *cleaned*.

## Saran

Berdasarkan hasil pengujian tarik ankur pada kondisi *cleaned* dan *uncleaned*, berikut beberapa saran yang dapat digunakan untuk penelitian selanjutnya:

1. Sampel yang digunakan pada penelitian ini adalah sampel beton tanpa tulangan tambahan. Untuk penelitian berikutnya dapat menggunakan sampel beton dengan tulangan tambahan.
2. Menggunakan produk *chemical* yang berbeda agar dapat dilakukan perbandingan dengan penelitian berikutnya.
3. Pengeboran pada penelitian ini dilakukan secara vertikal. Untuk penelitian berikutnya dapat melakukan pengeboran secara horizontal.
4. Pada penelitian selanjutnya dapat menggunakan diameter ankur yang lebih besar dengan jarak tepi yang berbeda dan kedalaman penanaman yang lebih dalam.

## 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). <http://sispk.bsn.go.id/SNI/DaftarList>
- Droesch, D. (2015). Bonded Anchors in Concrete Under Sustained Loading.
- González, F., Fernández, 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. <https://doi.org/10.2478/cee-2020-0031>
- Lundin, R. (2012). Introduction to concrete anchor rods. Kansas State University. <https://krex.k-state.edu/server/api/core/bitstreams/a7998c7d-9b5d-49e8-b3df-497e024d959d/content>
- Tarawneh, A. N. (2019). Behavior and design of post-installed anchors in thin concrete members [Doctoral dissertation, Clemson University]. <https://core.ac.uk/download/pdf/268683974.pdf>
- Tayeh, B. A., EL dada, Z. M., Shihada, S., & Yusuf, M. O. (2019). Pull-out behavior of post installed rebar connections using chemical adhesives and cement based binders. *Journal of King Saud University - Engineering Sciences*, 31(4), 332–339. <https://doi.org/10.1016/j.jksues.2017.11.005>