

## PENGARUH KEDALAMAN PENGANGKURAN TERHADAP KUAT TARIK ANGKUR ADHESIF PADA JARAK TEPI KRITIS

Daniel Christianto<sup>1\*</sup>, Sunarjo Leman<sup>1</sup>, Yenny Untari Liucius<sup>1</sup>, Nelson Zorovian<sup>1</sup>, dan Davin Kholin<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: 09-10-2025, diterima untuk diterbitkan: 23-01-2025

### ABSTRACT

*Over time, technology and materials in the construction industry have continued to evolve. One such advancement is adhesive post-installed anchors. These anchors are inserted into hardened concrete using adhesive material to create bonds between the adhesive, the concrete surface, and the fastening element. The relatively fast curing time and installation flexibility are advantages of adhesive post-installed anchors. Factors influencing anchor pull-out strength include embedment depth and edge distance. SNI 2847:2019 regulates rebar development length and anchor edge distance. However, field observations don't always align with applicable rules. Advanced adhesive anchor product technology can also impact field anchor application methods. This study tests the pull-out strength of adhesive post-installed anchors set in 40 MPa concrete with embedment depth follows practical field rules (10db) and theoretical calculations (SNI 2847:2019 Chapter 25.4.2.1), with a critical edge distance of 40mm using Hilti HIT-RE 500 V3 adhesive material and Baja Perkasa Sentosa's grade 420B reinforcement bar with 13mm dan 16mm diameters.. Test results showed the ratio of pull-out tensile capacity field practical to theoretical embedment for 13 mm diameter anchors is 0,7324 and for 16 mm diameter anchors is 0,7374.*

*Keywords: post installed adhesive anchor; adhesive anchor; embedment depth; tensile strength*

### ABSTRAK

Seiring dengan perkembangan waktu, teknologi dan material pada dunia konstruksi terus mengalami perkembangan. Salah satunya adalah angkur pasca pasang adhesif. Angkur adhesif adalah angkur yang dimasukkan ke dalam beton yang sudah mengeras dengan memanfaatkan bahan perekat untuk membentuk ikatan. Waktu curing yang cepat dan fleksibilitas pemasangan menjadi keunggulan angkur adhesif. Faktor yang berpengaruh terhadap kuat tarik angkur antara lain kedalaman penanaman dan jarak tepi angkur. SNI 2847:2019 telah mengatur mengenai kedalaman penyaluran tulangan dan jarak tepi angkur. Akan tetapi, fakta yang terjadi di lapangan tidak selalu sesuai dengan aturan yang berlaku. Perkembangan teknologi produk angkur adhesif yang semakin maju juga dapat mempengaruhi metode pengaplikasian angkur di lapangan. Pada penelitian ini dilakukan pengujian tarik terhadap angkur pasca pasang adhesif yang dipasang pada beton kuat rencana 40 MPa dengan kedalaman penanaman berdasarkan aturan praktis di lapangan (10db) dan analisis teoritis pada jarak tepi kritis sebesar 40 mm menggunakan bahan adhesif Hilti HIT-RE 500 V3 dan besi tulangan kelas 420B merk Baja Perkasa Sentosa diameter 13mm dan 16mm. Dari hasil pengujian, diperoleh rasio kapasitas kuat tarik pengangkuran (kedalaman 10db) dibanding penyaluran (kedalaman sesuai SNI 2847:2019 Pasal 25.4.2.1) untuk angkur berdiameter 13 mm sebesar 0,7324 dan untuk angkur berdiameter 16 mm sebesar 0,7374.

Kata kunci: angkur pasca pasang adhesif; angkur adhesif; kedalaman penanaman; kapasitas tarik

## 1. PENDAHULUAN

Perkembangan dunia konstruksi saat ini semakin pesat dan dapat sangat dirasakan oleh negara berkembang. Untuk mendukung pelaksanaan konstruksi yang pesat, material yang digunakan selama proses konstruksi berperan sangat penting. Oleh karena itu, pentingnya dilakukan penelitian terhadap material yang ada agar dalam proses penggunaannya sudah terdapat data yang teruji. Salah satu material yang banyak digunakan adalah angkur.

Angkur merupakan elemen baja yang ditanam dalam beton sebelum dicor atau dipasang kemudian ke dalam komponen beton yang sudah mengeras dan digunakan untuk menyalurkan beban yang bekerja ke beton (Badan Standardisasi Nasional, 2019). Berdasarkan sistem pemasangannya, angkur dapat dibagi menjadi 2 jenis yaitu angkur cor di tempat (*cast-in place*) dan angkur pasca pasang (*post-installed*) (Burtz, 2003). Pada konstruksi bangunan baru, angkur cor di tempat sangat umum digunakan sedangkan angkur pasca pasang sering digunakan saat rehabilitasi bangunan dan juga konstruksi bangunan baru (Ananta & Apriyatno, 2022).

Berdasarkan mekanisme penyaluran beban, angkur pasca pasang dapat dibagi menjadi 2 jenis yaitu angkur mekanikal dan angkur adhesif. Angkur adhesif adalah batangan baja berulir atau baja tulangan beton yang dimasukkan ke dalam lubang beton yang dibor dengan menambahkan bahan perekat untuk mengikat angkur dengan beton (Tarawneh, 2019). Angkur adhesif lebih efektif dari segi biaya dan waktu sehingga banyak digunakan saat ini. Angkur adhesif dapat menjadi alternatif jika jarak tepi beton adalah salah satu pertimbangan dalam pemasangan angkur untuk menghindari terjadinya pengelupasan beton (Cheok & Phan, 1998).

Kapasitas angkur pada beton penting untuk diketahui. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengujian tarik untuk mengetahui hal tersebut. Ketika angkur diberi beban tarik, terdapat beberapa kemungkinan kegagalan yang terjadi seperti lelehnya tulangan angkur, jebolnya beton, dan tercabutnya tulangan dari beton akibat bahan perekat maupun bukan (Tarawneh, 2019).

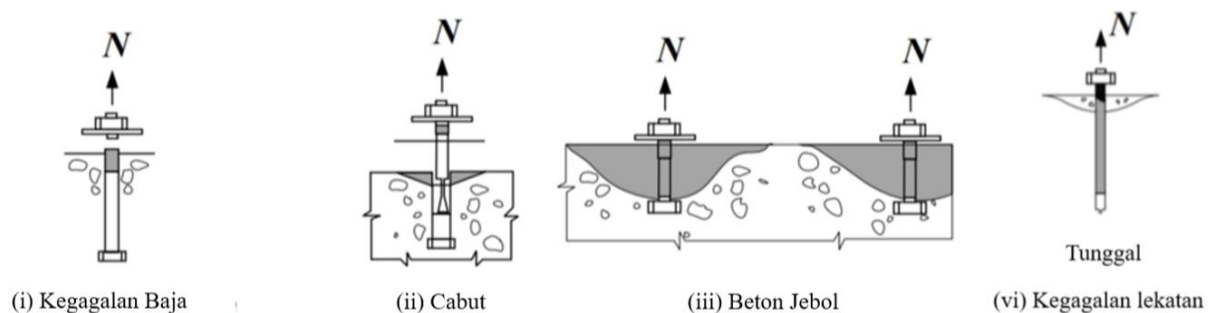
Salah satu faktor yang mempengaruhi kapasitas tarik angkur adalah kedalaman penanaman angkur dan jarak tepi beton. Peraturan desain beton yang berlaku saat ini, yaitu SNI 2847:2019, ACI 318-14, dan ACI 318-19, sudah memuat ketentuan desain angkur. Akan tetapi, fakta yang terjadi di lapangan tidak selalu sesuai dengan syarat dan kriteria teoritis yang sudah ditentukan. Umumnya, aturan praktis yang digunakan di lapangan untuk kedalaman penanaman angkur adalah 10db.

Salah satu produsen angkur adhesif, yaitu HILTI (PT Hilti Nusantara), bermaksud untuk melakukan penelitian tentang angkur-ankur adhesif yang sudah mereka produksi dengan spesifikasi bahan tertentu dengan bekerja sama dengan Program Studi Sarjana Teknik Sipil Universitas Tarumanagara. Kerja sama penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan data-data mengenai kapasitas angkur adhesif (*chemical adhesive anchor*).

Pada penelitian ini akan dilakukan pengujian tarik terhadap angkur pasca pasang adhesif dengan diameter besi tulangan yang berbeda dan kedalaman penanaman yang sesuai dengan aturan praktis di lapangan (10db) dan syarat perhitungan teoritis (SNI 2847:2019 Pasal 25.4.2.1), dimana kedalaman minimum penyaluran tulangan akibat tarik adalah 300 mm. Hasil pengujian tarik akan dibandingkan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh angkur pasca adhesif dengan diameter yang berbeda dan dipasang pada kedalaman secara aturan praktis dan teoritis pada jarak tepi kritis terhadap kapasitas tarik angkur.

### Pola Kegagalan Angkur Terhadap Gaya Tarik

Menurut SNI 2847:2019 (Badan Standardisasi Nasional, 2019), jenis kegagalan angkur akibat gaya tarik dapat berupa kegagalan baja angkur (putus), angkur tercabut, beton jebol, dan kegagalan pada lekatan/adhesif. Ilustrasi kegagalan-kegagalan tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Jenis-jenis mode kegagalan angkur terhadap gaya tarik (Badan Standardisasi Nasional, 2019)

### Kuat Baut Angkur Terhadap Tarik (*Steel Failure*)

Kekuatan nominal angkur dalam tarik,  $N_{sa}$ , perlu dievaluasi berdasarkan pada properti bahan angkur dan dimensi fisik angkur dengan perhitungan menggunakan Persamaan 1 (Badan Standardisasi Nasional, 2019).

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

dengan  $N_{sa}$  = kuat tarik nominal baut angkur (N),  $A_{se,N}$  = luas penampang efektif baut angkur terhadap tarik ( $\text{mm}^2$ ), dan  $f_{uta}$  = kuat tarik baut angkur yang disyaratkan ( $f_{uta} \leq 1,9 f_{ya}$  dan 860 MPa).

### Kuat Lekat Angkur Adhesif Terhadap Tarik (*Bond Strength*)

Untuk angkur adhesif dengan kedalaman penanaman  $4d_a \leq h_{ef} \leq 20d_a$ , persyaratan kekuatan lekat harus dianggap dipenuhi oleh prosedur desain (Badan Standardisasi Nasional, 2019). Kuat lekat nominal angkur adhesif terhadap tarik,  $N_a$  (tunggal) tidak boleh melebihi nilai dari Persamaan 2 (Dewobroto, 2016).

$$N_a = \frac{A_{Na}}{A_{Na0}} \psi_{ed,Na} \cdot \psi_{cp,Na} \cdot N_{ba} \quad (2)$$

dengan  $N_a$  = kuat lekat nominal angkur adhesif terhadap tarik (N),  $A_{Na}$  = luas proyeksi pengaruh angkur adhesif tunggal untuk jarak tepi  $\geq C_{Na}$ ,  $A_{Na0}$  = luas proyeksi pengaruh angkur adhesif tunggal untuk perhitungan kuat lekat terhadap tarik ( $\text{mm}^2$ ),  $\psi_{ed,Na}$  = faktor modifikasi untuk memperhitungkan kuat tarik berdasarkan pada eksentrisitas beban yang diterapkan,  $\psi_{cp,Na}$  = faktor modifikasi untuk angkur adhesif untuk beton yang tak retak tanpa tulangan kontrol belah, dan  $N_{ba}$  = kuat lekatan dasar dalam kondisi tarik dari angkur tunggal adhesif (N).

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

Kekuatan nominal jebol beton terhadap tarik,  $N_{cb}$ , untuk angkur tunggal tidak boleh melebihi nilai dari Persamaan 3 (Badan Standardisasi Nasional, 2019).

$$N_{cb} = \frac{A_{Nc}}{A_{Nco}} \Psi_{ed,N} \Psi_{c,N} \Psi_{cp,N} N_b \quad (3)$$

dengan  $N_a$  = kuat jebol beton nominal dalam kondisi tarik dari angkur tunggal (N),  $A_{Nc}$  = luas kegagalan beton terproyeksi dari angkur tunggal untuk perhitungan kekuatan tarik ( $\text{mm}^2$ ),  $A_{Nco}$  = luas kegagalan beton terproyeksi maksimum dari angkur tunggal ( $\text{mm}^2$ ),  $\Psi_{ed,N}$  = faktor modifikasi untuk memperhitungkan pengaruh baut angkur di bagian tepi komponen struktur beton,  $\Psi_{c,N}$  = faktor modifikasi untuk memperhitungkan kuat tarik baut angkur agar konservatif,  $\Psi_{cp,N}$  = faktor modifikasi untuk memperhitungkan adanya tegangan tarik belah (*splitting*) saat pemasangannya, dan  $N_b$  = kuat dasar jebol beton dasar dari angkur tunggal terhadap tarik (N).

### Panjang Penyaluran Batang Ulir dalam Kondisi Tarik

Untuk batang ulir dan kawat ulir, panjang penyaluran ( $l_d$ ) harus diambil yang terbesar dari nilai Persamaan 4 atau 300 mm (Badan Standardisasi Nasional, 2019).

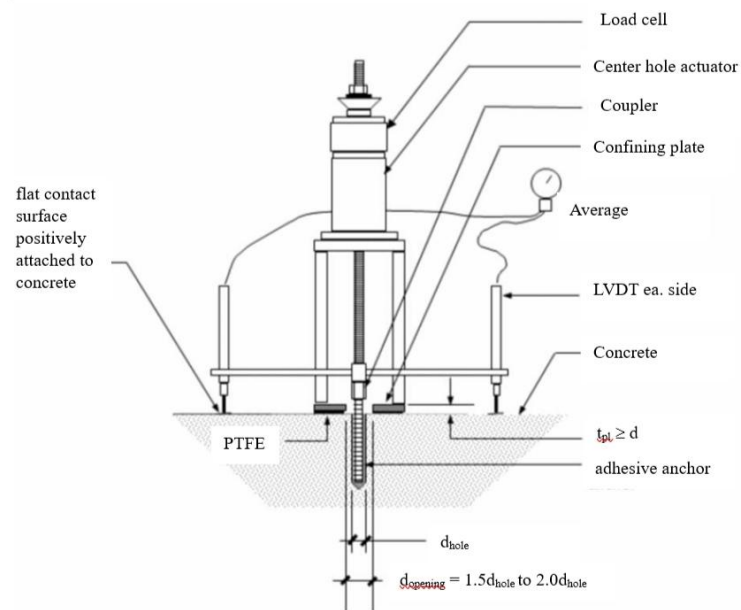
$$l_d = \left( \frac{f_y}{1,1\lambda\sqrt{f'c'}} \frac{\psi_t\psi_e\psi_s}{\left(\frac{c_b + K_{tr}}{d_b}\right)} \right) d_b \quad (4)$$

dengan  $l_d$  = panjang penyaluran (mm),  $f_y$  = kuat leleh tulangan (MPa),  $\lambda$  = faktor modifikasi beton ringan,  $f'c'$  = kuat tekan beton (MPa),  $\psi_t$  = faktor modifikasi untuk posisi pengecoran,  $\psi_e$  = faktor modifikasi untuk epoksi,  $\psi_s$  = faktor modifikasi untuk ukuran batang ulir,  $c_b$  = jarak dari pusat batang tulangan ke permukaan beton terdekat (mm),  $K_{tr}$  = indeks tulangan transversal (mm), dan  $d_b$  = diameter nominal batang tulangan (mm).

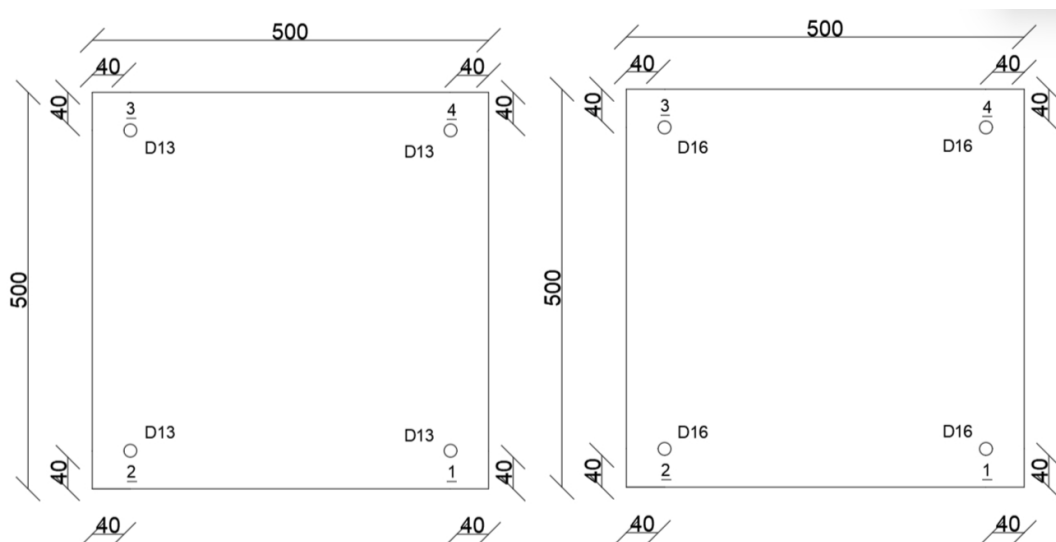
## 2. METODE PENELITIAN

### Metode penelitian

Penelitian ini disusun berdasarkan hasil uji tarik sampel angkur yang dilakukan di laboratorium. Angkur yang digunakan adalah besi tulangan dengan kelas 420B dari Baja Perkasa Sentosa berdiameter 13 mm dan 16 mm. Angkur dipasang menggunakan adhesif / *chemical* HIT-RE 500 V3 dari Hilti pada pelat beton yang dicor dengan ukuran 50 cm x 50 cm x 50 cm yang bermutu 40 MPa dengan umur > 28 hari. Angkur dipasang pada kedalaman 10 db dan sesuai perhitungan teoritis dengan jarak tepi kritis. Penelitian ini menggunakan metode *confined test* dalam uji tarik untuk memastikan kegagalan yang terjadi tidak pada beton sehingga dapat memicu terjadinya kegagalan pada lekatan (*chemical*) atau angkur (*steel failure*). Alat yang digunakan dalam uji tarik adalah alat tes *apparatus* yang dipasang berdasarkan ASTM E488 Bab 5 (2015), dengan diameter lubang dasar mengikuti aturan pada ASTM E488 untuk metode *confined test*. Ilustrasi acuan dari ASTM E488 dapat dilihat pada Gambar 2. Ilustrasi layout instalasi angkur dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 2. Ilustrasi setup confined test (ASTM, 2015)



Gambar 3. Layout instalasi angkur

### Tahapan instalasi dan pengujian angkur

Penelitian ini menggunakan bahan adhesif HIT-RE 500 V3 dari manufaktur Hilti. Oleh karena itu, tahapan instalasi angkur harus sesuai dengan prosedur dari Hilti agar angkur dapat dipasang secara optimal dan terhindar dari faktor-faktor yang dapat mempengaruhi kuat tarik angkur setelah dipasang. Langkah-langkah instalasi dan pengujian angkur yang sesuai dengan prosedur dari manufaktur dapat dilihat sebagai berikut (HILTI, 2023) dengan ilustrasi pada Gambar 4 hingga Gambar 10.

1. Menentukan titik pada sampel beton yang akan dipasang angkur dan diberi tanda.
2. Melakukan pengeboran lubang dengan *rotary hammer* pada titik yang sudah diberi tanda dengan diameter yang sesuai dengan petunjuk dari manufaktur dan kedalaman yang sudah ditentukan.



Gambar 4. Proses pengeboran lubang pada titik yang sudah di *marking*

3. Bersihkan lubang yang sudah dibor dengan *compressed air cleaning*.



Gambar 5. Pembersihan lubang bor dengan *blower* dan *blowout pump*

4. Masukkan bahan adhesif sebanyak  $\frac{2}{3}$  dari kedalaman lubang.



Gambar 6. Proses injeksi *chemical* ke dalam lubang yang sudah dibersihkan

5. Kemudian masukkan angkur dengan cara diputar dan ditekan ke arah lubang secara perlahan.



Gambar 7. Proses instalasi angkur ke dalam lubang bor

6. Diamkan angkur beberapa waktu sesuai dengan petunjuk dari manufaktur hingga bahan adhesif kering (waktu *curing* selesai).



Gambar 8. Angkur yang sudah diinstal pada sampel beton

7. Jika waktu *curing* sudah tercapai, *setup* pengujian angkur kemudian dipasang pada posisi angkur yang akan diuji.



Gambar 9. *Setup* uji tarik angkur

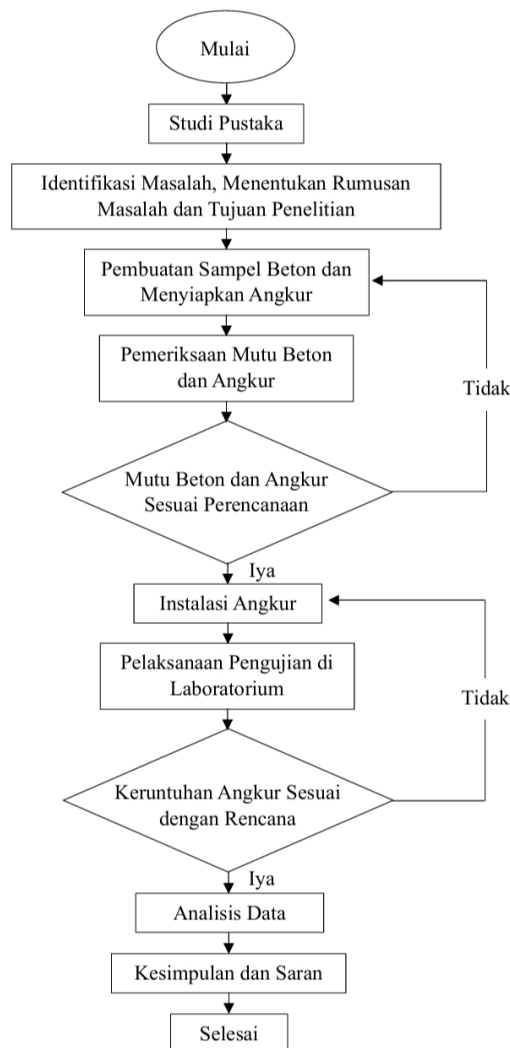
8. Setelah *setup* telah terpasang sesuai prosedur, dilakukan proses pengujian tarik hingga terjadi kegagalan.



Gambar 10. Proses uji tarik ankur

9. Catat hasil kuat tarik yang diperoleh dan pola kegagalan yang terjadi.

Diagram alir untuk tahapan penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Diagram alir tahapan penelitian

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Pemeriksaan material beton dan besi tulangan

Pemeriksaan material dalam penelitian ini meliputi pemeriksaan mutu beton dengan metode *ultrasonic pulse velocity test* yang dapat dilihat pada Tabel 1 hingga Tabel 3, uji tekan sampel silinder yang dapat dilihat pada Tabel 4, dan mutu besi tulangan dengan metode uji tarik yang dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 1. Hasil UPVT sampel beton 1

Jarak (cm)	Daerah Jarak Tepi (cm)	Waktu ( $\mu$ s)	Kecepatan (m/s)	Kekuatan (MPa)
50	5	125,1	3996,8026	36,3327
	15	117,3	4262,5746	40,0764
	25	116,6	4288,1647	40,4566
	35	116,1	4306,6322	40,7333
	45	112,6	4440,4973	42,7958

Tabel 2. Hasil UPVT sampel beton 2

Jarak (cm)	Daerah Jarak Tepi (cm)	Waktu ( $\mu$ s)	Kecepatan (m/s)	Kekuatan (MPa)
50	5	117,6	4251,7007	39,9159
	15	117,8	4244,4822	39,8097
	25	119,4	4187,6047	38,9829
	35	117,9	4240,8821	39,7569
	45	115,4	4332,7556	41,1278

Tabel 3. Hasil UPVT sampel beton 3

Jarak (cm)	Daerah Jarak Tepi (cm)	Waktu ( $\mu$ s)	Kecepatan (m/s)	Kekuatan (MPa)
50	5	121,4	4118,6161	38,0031
	15	119,4	4187,6047	38,9829
	25	119,4	4187,6047	38,9829
	35	117,9	4240,8821	39,7569
	45	113,9	4389,8156	42,0029

Tabel 4. Hasil uji tekan sampel silinder beton

No	Gaya Tekan (kN)	Tegangan (N/mm <sup>2</sup> )	Kuat Tekan Rata-Rata (MPa)
1	862,1	48,78	42,78
2	742,9	42,04	
3	663	37,52	

Tabel 5. Hasil uji tarik besi tulangan

No	d (mm)	Luas Penampang (mm <sup>2</sup> )	L0 (mm)	L1 (mm)	$\Delta$ L (mm)	Regangan (%)	fy (MPa)	fu (MPa)	fu/fy	
1	13	132,7323	200	240	40	20	524,7480	683,6505	1,3	
2		132,7323		240	40	20	513,6617	518,59	676,2597	1,32
3		132,7323		230	30	15	517,3572		672,5643	1,3
4	16	201,0619	200	234	34	17	478,1512	624,5240	1,31	
5		201,0619		231	31	15,5	461,0744	480,59	612,3263	1,33
6		201,0619		235	35	17,5	502,5467		634,2822	1,26



### Hasil analisis kedalaman penanaman teoritis

Hasil analisis kedalaman penanaman batang ulir akibat tarik dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil analisis kedalaman penanaman teoritis

db (mm)	Kedalaman Penanaman (cm)
13	25,1 $\approx$ 30
16	31

### Hasil analisis teoritis kapasitas kuat tarik angkur

Dilakukan analisis teoritis untuk mengetahui kapasitas kuat tarik dan jenis kegagalan angkur berdiameter 13 mm dan 16 mm pada beton dengan jarak tepi 40 mm dan kedalaman penanaman 10db dan kedalaman penanaman teoritis. Mutu beton ( $f_c'$ ) yang digunakan pada perhitungan adalah 40 MPa dan mutu besi ( $f_y$ ) 420 MPa. Hasil analisis teoritis dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Rekapitulasi hasil analisis kapasitas angkur berdasarkan SNI 2847:2019

db (mm)	Jarak Tepi (mm)	Kedalaman Penanaman	Kapasitas Kekuatan Angkur, $N_{sa}$ (kN)	Kapasitas Kegagalan Beton, $N_{cb}$ (kN)	Kapasitas Lekatan ( <i>Bond</i> ), $N_a$ (kN)	Yang Dipakai	Kegagalan yang Terjadi
13	40	130	89,93	31,62	2,92	2,92	<i>Chemical</i>
		300	89,93	95,56	2,01	2,01	<i>Chemical</i>
16	40	160	125,4	41,16	3,10	3,10	<i>Chemical</i>
		310	125,4	100,00	2,36	2,36	<i>Chemical</i>

### Data hasil uji tarik angkur

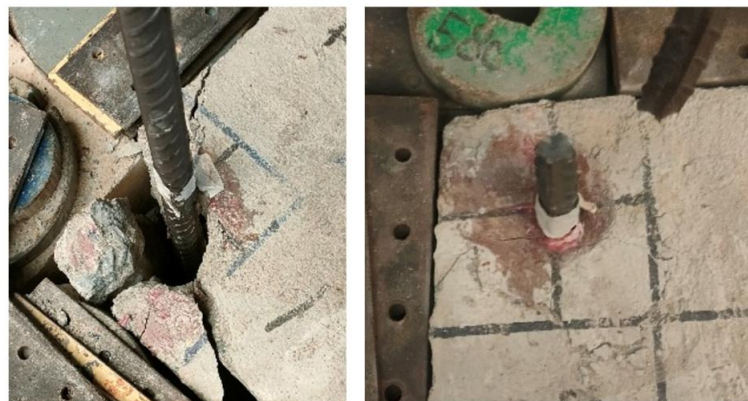
Saat pengujian tarik angkur, kapasitas kuat tarik angkur dapat diketahui dari hasil pembacaan dial pada alat uji tarik. Dial dibaca saat benda uji mencapai kapasitas tarik maksimum yang akan diikuti dengan terjadinya kegagalan pada salah satu elemen uji, baik pada bagian angkur, beton ataupun *chemical*. Tabel 8 menunjukkan hasil pengujian angkur dengan ukuran diameter 13 mm dan 16 mm yang dipasang pada kedalaman penanaman yang berbeda dengan jarak tepi yang sama.

Tabel 8. Data hasil uji tarik

Sampel	Diameter Angkur (mm)	Jarak Tepi (mm)	Kedalaman Penanaman (mm)	<i>Failure Mode</i>	$\Delta L$ (mm)	Kapasitas Beban (kN)	Kapasitas Beban Rata-Rata (kN)	Rasio Pgangkuran Penyaluran
A1	13	40	130 (Pgangkuran, 10db)	<i>Concrete Breakout</i>	0	58,8	63,7	0,7324
A2				<i>Concrete Breakout</i>	4	53,9		
A3				<i>Concrete Breakout</i>	10	78,5		
A4				<i>Concrete Breakout</i>	0	63,7		
C1	16	40	300 (Penyaluran, SNI 2847:2019)	<i>Steel</i>	16	73,5	87	
C2				<i>Steel</i>	93	88,3		
C3				<i>Steel</i>	79	93,2		
C4				<i>Steel</i>	65	93,2		
B1	16	40	160 (Pgangkuran, 10db)	<i>Concrete Breakout</i>	2	83,4	89,5	0,7374
B2				<i>Concrete Breakout</i>	0	103,0		
B3				<i>Concrete Breakout</i>	0	73,5		
B4				<i>Concrete Breakout</i>	0	98,1		

D1		<i>Concrete Breakout</i>	1	132,4	
D2	310	<i>Concrete Breakout</i>	16	117,7	
D3	(Penyaluran, SNI 2847:2019)	<i>Concrete Breakout</i>	24	103,0	121,4
D4		<i>Concrete Breakout</i>	1	132,4	

Kode A menunjukkan sampel beton yang dipasang angkur berdiameter 13 mm dengan kedalaman 130 mm, kode B menunjukkan sampel beton yang dipasang angkur berdiameter 16 mm dengan kedalaman 160 mm, kode C menunjukkan sampel beton yang dipasang angkur berdiameter 13 mm dengan kedalaman 300 mm, dan kode D menunjukkan sampel beton yang dipasang angkur berdiameter 16 mm dengan kedalaman 310 mm. Untuk penomoran 1,2,3, dan 4 menunjukkan posisi angkur yang dipasang pada sampel beton seperti pada layout Gambar 3. Gambar 12 menunjukkan contoh kegagalan yang terjadi saat uji tarik.



(i) Kegagalan *concrete breakout*

(ii) Kegagalan *steel failure*

Gambar 12. Contoh kegagalan yang terjadi saat uji tarik

### Perbandingan hasil perhitungan teoritis dan uji tarik

Dari hasil perhitungan teoritis dan hasil uji tarik angkur, dapat dibuat perbandingan antara kedua hasil pada jenis kegagalan yang sama dengan yang terjadi saat pengujian tarik. Perbandingan antara hasil perhitungan teoritis dengan hasil pengujian tarik dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Perbandingan hasil uji tarik dengan analisis teoritis

Sampel	Diameter Angkur (mm)	Jarak Tepi (mm)	Kedalaman Penanaman (mm)	Failure Mode	Kapasitas Beban Hasil Uji Tarik (kN)	Kapasitas Beban Hasil Perhitungan Teoritis (kN)	Rasio Hasil uji Teoritis
A1				<i>Concrete Breakout</i>	58,8	31,62	1,8610
A2			130	<i>Concrete Breakout</i>	53,9	31,62	1,7059
A3				<i>Concrete Breakout</i>	78,5	31,62	2,4813
A4	13	40		<i>Concrete Breakout</i>	63,7	31,62	2,0161
C1			300	<i>Steel</i>	73,5	89,93	0,8173
C2				<i>Steel</i>	88,3	89,93	0,9815
C3				<i>Steel</i>	93,2	89,93	1,0360
C4				<i>Steel</i>	93,2	89,93	1,0360
B1				<i>Concrete Breakout</i>	83,4	41,16	2,0252
B2	16	40	160	<i>Concrete Breakout</i>	103,0	41,16	2,5017
B3				<i>Concrete Breakout</i>	73,5	41,16	1,7869
B4				<i>Concrete Breakout</i>	98,1	41,16	2,3826

Tabel 10 (Lanjutan). Perbandingan hasil uji tarik dengan analisis teoritis

Sampel	Diameter Angkur (mm)	Jarak Tepi (mm)	Kedalaman Penanaman (mm)	Failure Mode	Kapasitas Beban Hasil Uji Tarik (kN)	Kapasitas Beban Hasil Perhitungan Teoritis (kN)	Rasio Hasil uji Teoritis
D1				Concrete Breakout	132,4	100,00	1,3239
D2			310	Concrete Breakout	117,7	100,00	1,1768
D3			310	Concrete Breakout	103,0	100,00	1,0297
D1				Concrete Breakout	132,4	100,00	1,3239

Dari data hasil uji, dapat diketahui bahwa hampir semua kegagalan yang terjadi saat uji tarik sudah sesuai dengan apa yang sudah dianalisis menggunakan rumus teoritis. Pada angkur yang dipasang dengan kedalaman 10db masih belum menahan beban tarik hingga tulangan mencapai *yield*, terutama pada kondisi angkur dengan jarak tepi kritis. Sedangkan pada angkur yang dipasang dengan kedalaman mengikuti perhitungan SNI 2847:2019, angkur berdiameter 13 mm sudah dapat menahan beban tarik hingga mencapai *yield* sampai *ultimate* dimana sesuai analisis teoritis untuk mencapai *yield* dibutuhkan kuat tarik 68,83 kN dan *ultimate/failure* sebesar 89,93 kN. Untuk angkur berdiameter 16 mm masih belum dapat mencapai *yield* dikarenakan mutu material yang digunakan saat uji tarik lebih tinggi daripada mutu material rencana sehingga memerlukan kedalaman yang lebih untuk mencapai *yield*.

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

##### Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, kesimpulan yang dapat ditarik adalah:

1. Sampel angkur yang diuji pada semua kondisi tidak ada yang mengalami kegagalan *chemical* walaupun dipasang pada jarak tepi kritis. Jika dilihat dari hasil perhitungan teoritis, kegagalan yang akan terjadi untuk semua kondisi pada penelitian ini adalah kegagalan *chemical* dikarenakan angkur dipasang pada jarak tepi 40 mm. Maka dari itu, dapat disimpulkan bahwa teknologi *chemical* HIT-RE 500 V3 dari Hilti memiliki daya lekat yang jauh lebih kuat daripada kemampuan beton untuk menahan beban tarik.
2. Angkur yang dipasang pada kedalaman 10db masih belum menahan beban tarik dengan maksimal, terutama pada kondisi angkur dengan jarak tepi kritis. Sedangkan pada angkur yang dipasang dengan kedalaman mengikuti perhitungan SNI 2847:2019 Pasal 25.4.2.3, untuk angkur berdiameter 13 mm sudah dapat menahan beban tarik hingga tulangan mencapai *yield* dan *ultimate*.
3. Nilai kapasitas tarik angkur yang diperoleh dari pengujian rata-rata lebih besar daripada nilai kapasitas tarik hasil analisis teoritis pada tipe kegagalan yang sama. Hal ini dibuktikan dengan rasio kapasitas hasil uji/teoritis pada angkur berdiameter 13 mm dan 16 mm yang rata-rata memiliki nilai  $\geq 1$ .

##### Saran

1. Pada penelitian selanjutnya angkur dapat dipasang pada jarak tepi yang berbeda dengan kedalaman yang sama agar dapat mengetahui jarak tepi yang aman untuk angkur yang dipasang dengan kedalaman 10db agar dapat menahan gaya tarik sehingga kegagalan yang terjadi adalah kegagalan angkur, bukan pada beton ataupun *chemical*.
2. Pada penelitian selanjutnya, sebaiknya pemeriksaan mutu terhadap material yang akan digunakan dilakukan di awal sebelum penelitian agar hasil analisis dapat lebih aktual dengan yang diuji.
3. Pada penelitian ini angkur dipasang pada sampel beton polos tanpa tulangan. Untuk penelitian selanjutnya, angkur dapat dipasang pada sampel beton bertulang agar dapat memberikan data hasil yang lebih sesuai dengan kondisi yang ada di lapangan.
4. Pada penelitian selanjutnya, mutu sampel beton yang digunakan dapat lebih variatif agar hasil dapat dibandingkan.

#### 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

- Ananta, B. D., & Apriyatno, H. (2022). Eksperimen kuat lekat chemical ankur deform kedalaman 110 mm metode cast-in place dan post-installed drill bit extractor. *Jurnal Ilmiah Multidisiplin Indonesia*, 2(3), 2807-5994.
- ASTM. (2015). Standard test methods for strength of anchors in concrete elements. ASTM E488/E488M-15.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan penjelasan (SNI 2847:2019). <http://sispk.bsn.go.id/SNI/DaftarList>
- Burtz, J. L. (2003). Behavior and design of grouted anchors loaded in tension including edge and group effects and qualification of engineered grout products [Master Thesis, University of Florida]. [https://ufdcimages.uflib.ufl.edu/UF/E0/00/08/54/00001/burtz\\_j.pdf](https://ufdcimages.uflib.ufl.edu/UF/E0/00/08/54/00001/burtz_j.pdf)
- Cheok, G. and Phan, L. (1998), Post-installed anchors: a literature review, NIST Interagency/Internal Report (NISTIR), National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD (Accessed April 4, 2025). <https://www.nist.gov/publications/post-installed-anchors-literature-review>
- Dewobroto, W. (2016). Struktur Baja - Perilaku, Analisis & Desain. Universitas Pelita Harapan.
- HILTI. (2023). HIT-RE 500 V3 Injection Mortar Technical Datasheet.
- 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>