

Analisis Kuat Lekat Angkur Pada Beton Berdasarkan Variasi Bentuk Angkur Dengan Menggunakan Metode Pemasangan *Cast In Place* (Studi Penelitian)

Darlina Tanjung¹, M Husni Malik Hasibuan², Afdhal Hubbig³, Nur Sabrina Rambe⁴

^{1,2,4} Universitas Islam Sumatera Utara

³ Politeknik Negeri Medan

Korespondensi Penulis : nursabrinarambe@gmail.com*

Abstract. An anchor is a steel element that is embedded in concrete when it is cast (cast in place) or installed later (post-installed) into concrete that has hardened and is used to distribute loads (tension and shear) acting on the concrete (SNI 2847:2019). The use of anchors in the world of construction is increasingly popular to help connect concrete structures. The installation of anchors has progressed from the initial anchors being installed before casting the concrete (cast in place), progressing to the anchors being installed after the concrete has hardened (post installed) by drilling. By drilling into concrete, installing and removing anchors becomes easier. Installation of cast-in-place anchors is generally used in the design of new construction, while post-installed anchor installation is generally used in old construction for repairs or retrofitting. Anchors have several variations including hex head, L bolt and J bolt anchor variations, but it is not yet known which anchor variation has a greater bond strength value, what are the results of the comparison of bond strength values for each variation of anchor and what are the differences in the anchor bond strength capacity for each variation? the anchor. With this research, it is hoped that we can find out the bond strength and bond stress values for each variation of anchor so that the comparison of the bond strength of the anchor can answer the differences in capacity of each variation of the anchor as well. Research on the bond strength of anchors based on variations in anchor shape using the cast in place method shows that the bond strength value shown at the highest loading value is the type J anchor variation with an average load of 27,816 kN, the type L anchor variation with an average load of 26,971 kN and variations of the hex head type anchor with an average load of 12.85 kN. It can be concluded that the stress value is directly proportional to the loading value. The greater the loading value, the greater the bond stress value. The highest bond stress value is found in the type J anchor variation with an average bond stress value of 151,397 Mpa, in the L type anchor variation with an average bond stress value of 147,798 Mpa and in the hex head type anchor variation with an average bond stress value of 69.953 Mpa, so the bond stress is directly proportional to the loading value.

Keywords: bond, anchor variations, cast in place, bond stress

Abstrak. Angkur merupakan elemen baja yang ditanam dalam beton saat dicor (*cast in place*) atau dipasang kemudian (*post-installed*) ke dalam beton yang sudah mengeras dan digunakan untuk menyalurkan beban (tarik dan geser) yang bekerja ke beton (SNI 2847:2019). Penggunaan angkur dalam dunia konstruksi semakin populer untuk membantu menghubungkan antar struktur beton. Pemasangan angkur mengalami perkembangan dari awal angkur dipasang sebelum pengecoran beton (*cast in place*), berkembang menjadi angkur dipasang setelah beton mengeras (*post installed*) dengan melakukan pengeboran. Adanya pengeboran pada beton, pemasangan dan pelepasan angkur menjadi lebih mudah. Pemasangan angkur secara *cast in place* pada umumnya digunakan pada perancangan konstruksi baru Sedangkan pemasangan angkur secara *post installed* umumnya digunakan pada konstruksi lama untuk perbaikan atau *retrofitting*. Angkur memiliki beberapa variasi diantaranya variasi angkur *hex head*, *L bolt* dan *J bolt* namun belum diketahui variasi angkur manakah yang memiliki nilai kuat lekat yang lebih besar, bagaimana hasil perbandingan nilai kuat lekat pada setiap variasi angkur dan bagaimana perbedaan kapasitas kuat lekat angkur pada setiap variasi angkurnya. Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat mengetahui nilai kuat lekat serta tegangan lekat dari setiap variasi angkur sehingga perbandingan dari kuat lekat angkur dapat menjawab perbedaan kapasitas dari setiap variasi angkur itu pula. Penelitian kuat lekat angkur berdasarkan variasi bentuk angkur dengan menggunakan metode *cast in place* menunjukkan nilai kuat lekat yang ditunjukkan pada nilai pembebanan tertinggi adalah variasi angkur tipe J dengan pembebanan rata-rata sebesar 27.816 kN, pada variasi angkur tipe L dengan pembebanan rata-rata sebesar 26,971 kN dan pada variasi angkur tipe *hex head* dengan pembebanan rata-rata sebesar 12,85 kN. dapat disimpulkan nilai tegangan berbanding lurus dengan nilai pembebanan. Semakin besar nilai pembebanan maka semakin besar juga nilai tegangan lekat tersebut.

Nilai tegangan lekat tertinggi terdapat pada variasi angkur tipe J dengan nilai rata-rata tegangan lekat sebesar 151.397 Mpa, pada variasi angkur tipe L dengan nilai rata-rata tegangan lekat sebesar 147.798 Mpa dan pada variasi angkur tipe *hex head* dengan nilai rata-rata tegangan lekat sebesar 69.953 Mpa maka dengan itu tegangan lekat berbanding lurus dengan nilai pembebanan.

Kata kunci : lekatan, variasi angkur, *cast in place*, tegangan lekatan

PENDAHULUAN

Angkur merupakan elemen baja yang ditanam dalam beton saat dicor (*cast in place*) atau dipasang kemudian (*post-installed*) ke dalam beton yang sudah mengeras dan digunakan untuk menyalurkan beban (tarik dan geser) yang bekerja ke beton (SNI 2847:2019). Penggunaan angkur dalam dunia konstruksi semakin populer untuk membantu menghubungkan antar struktur beton. Pemasangan angkur mengalami perkembangan dari awal angkur dipasang sebelum pengecoran beton (*cast in place*), berkembang menjadi angkur dipasang setelah beton mengeras (*post installed*) dengan melakukan pengeboran. Adanya pengeboran pada beton, pemasangan dan pelepasan angkur menjadi lebih mudah. Pemasangan angkur secara *cast in place* pada umumnya digunakan pada perancangan konstruksi baru. Sedangkan pemasangan angkur secara *post installed* umumnya digunakan pada konstruksi lama untuk perbaikan atau *retrofitting*.

Sekarang ini penggunaan angkur sebagai media untuk menghubungkan dan memasang komponen struktur beton menjadi sangat populer di dunia konstruksi. Sistem pemasangan angkur cor di tempat (*cast in place*) masih cukup populer dan digunakan di beberapa pekerjaan konstruksi beton karena dikenal lebih baik dalam hal kekuatan.

Angkur merupakan suatu alat yang digunakan untuk menjangkarkan tendon kepada komponen struktur beton dalam sistem pasca tarik atau suatu alat yang digunakan untuk menjangkarkan tendon selama proses pengerasan beton dalam sistem pratarik (asat.staff.umy.ac.id).

Kekuatan angkur yang tertanam pada beton dipengaruhi oleh beberapa faktor antara mutu angkur, mutu beton dan kedalaman angkur. Angkur yang beredar saat ini oleh ACI 318-11 mengklasifikasikannya ke dalam beberapa jenis seperti angkur stud, angkur berkait, angkur ekspansi, angkur *undercut*, angkur berulir, dsb. Berdasarkan jenisnya, angkur mentransfer tegangan ke dalam beton dengan beberapa cara seperti interlock mekanis, gesekan, ikatan (*bond*) atau kombinasi dari mekanisme tersebut. Selain mekanisme yang terjadi pada angkur, tegangan beton juga turut berperan dalam menyalurkan beban sehingga terjadi hubungan yang kuat antara angkur dengan beton.

Angkur dapat mengalami keruntuhan ketika diberikan beban yang melebihi kapasitasnya, salah satunya adalah pola keruntuhan terhadap gaya tarik. Beberapa perilaku

kerusakan akibat tarik didasarkan pada faktor dimensi angkur yaitu kedalaman efektif pemasangan angkur (hef). Kedalaman efektif pemasangan angkur (hef) dapat digunakan sebagai acuan atau tolak ukur untuk memprediksi adanya kegagalan angkur.

Untuk mengetahui kapasitas tarik dilakukan pengujian tarik angkur ke beton (*pull-out test*). Dalam pengujian, terdapat kemungkinan-kemungkinan kegagalan atau kerusakan yang akan terjadi, salah satunya *breakout* (jebol) beton akibat tarik. *Breakout* beton pada prinsipnya terjadi karena terlampaui kapasitas tarik ke beton sehingga beton rusak atau jebol dan terangkat ke atas (Štrba, 2015). Kegagalan *breakout* beton terjadi pada pemasangan angkur secara *cast in place* mengansumsikan kerucut beton jebol dengan sudut 35°. Mode kegagalan *breakout* beton memperkirakan angkur kelompok yang terjadi dengan memperhitungkan faktor jumlah jarak atau spasi angkur, jarak tepi angkur ke beton, kedalaman pemasangan angkur.

Dengan itu penelitian yang dilakukan yaitu Analisis Kuat lekat Angkur Pada Beton Berdasarkan Variasi Bentuk Angkur Dengan Menggunakan Metode Pemasangan *Cast In Place*.

TINJAUAN PUSTAKA

1. Penelitian Yang Relevan

Penelitian yang dilakukan oleh Milan Mazuznder (2020) dengan judul “*Investigation the Variation of Pull-Out Load Capacity of Adhesive Anchors with Mixture Ratio of Concrete and Rebar Grade*”, meneliti tentang kekuatan tarik pada angkur tipe *riber*. Eksperimen ini menggunakan metode *cast in place* atau disebut juga angkur cor ditempat. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa semakin tinggi mutu beton maka semakin tinggi juga nilai lekatan angkur pada beton sehingga nilai kuat lekat pada beton juga semakin besar.

Penelitian Nilforoush, Rasoul; Martin Nilsson; dan Lennart Elfgren, (2017) “*Experimental Evaluation Of Tensile Behaviour Of Single Cast-In-Place Anchor Bolts In Plain And Steel Fibre-Reinforced Normal- And High-Strength Concrete*” menghasilkan bahwa (1) kapasitas *breakout* beton akibat tarik *headed anchor* meningkat dengan meningkatnya ketebalan beton, kapasitas angkur meningkat hingga 17% dengan meningkatkan ketebalan anggota dari 1,5 menjadi 3,0 kali kedalaman angkur. (2) Kapasitas tarik baut angkur meningkat dengan meningkatkan kekuatan beton, perilaku pengangkutan pada *beton High-strength Plain Concrete (HPC)* lebih rapuh dari pada *beton Normal-strength Plain Concrete (NPC)*. (3) Penambahan serat baja ke campuran beton menyebabkan peningkatan yang signifikan dalam kapasitas *breakout headed anchor* di kedua beton kekuatan normal dan tinggi. (4) Pengujian tarik angkur yang diuji semua kegagalan jebol kerucut beton, kecuali untuk pengujian tarik

angkur pada beton NPC tertipis yang kegagalan splitting beton. Mode kegagalan splitting dari beton yang tipis dapat terjadi kegagalan jebol kerucut beton ketika ketebalan beton meningkat. (5) Pada displacement angkur yang sama, lebih sedikit retakan beton yang terbentuk pada baut angkur pada kekuatan *Normal-Reinforced Fiber (NFRC)* dan *High-strength Fiber Reinforced Concrete (HFRC)* daripada di beton NPC dan HPC.

2. Beton

Beton (*concrete*) berasal dari bahasa latin yaitu “*concretus*” yang berarti tumbuh bersama dan digabungkan menjadi satu. Maka dari itu beton adalah satu kesatuan suatu elemen dalam konstruksi yang merupakan struktur sederhana yang dibentuk oleh campuran semen, air, agregat (kasar dan halus). Semen berfungsi sebagai pengikat butir-butir agregat sehingga membentuk suatu massa padat dan mengisi rongga rongga udara di antara butir-butir agregat. Air berfungsi sebagai pelincir campuran semen dan agregat (kasar dan halus) agar mudah saat proses pencetakan. Agregat kasar (batu pecah atau kerikil) dan agregat halus (pasir) berfungsi sebagai pengisi bahan campuran beton dan juga memberikan kekuatan pada beton sehingga kualitas dari agregat baik kasar (batu pecah atau kerikil) dan agregat halus (pasir) mempengaruhi mutu beton yang akan dihasilkan. Variasi ukuran diameter agregat penyusun beton harus memiliki gradasi yang baik (heterogen) yang diatur standarnya dalam standar analisis saringan dari ASTM (*America Society of Testing Materials*). Pemilihan bahan harus sesuai dengan perhitungan kebutuhan yang direncanakan karena akan mempengaruhi kualitas, workability, dan mutu beton itu sendiri (Nugraha, 2007).

Menurut SNI-03-2847-2002, pengertian beton adalah campuran antara semen Portland atau semen hidraulik lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat. Beton disusun dari agregat kasar dan agregat halus. Agregat halus yang digunakan biasanya adalah pasir alam maupun pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu, sedangkan agregat kasar yang dipakai biasanya berupa batu alam maupun batuan yang dihasilkan oleh industri pemecah batu.

Menurut SNI 2847:2013, beton adalah campuran semen portland atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan (*admixture*).

Beton merupakan bahan dari campuran antara *Portland cement*, agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil), air dengan tambahan adanya rongga-rongga udara. Campuran bahan-bahan pembentuk beton harus ditetapkan sedemikian rupa, sehingga menghasilkan beton basah yang mudah dikerjakan, memenuhi kekuatan tekan rencana setelah mengeras dan cukup ekonomis (Sutikno, 2003:1 dalam Supriadi,2016).

Menurut Tjokrodimuljo (1996), beton merupakan hasil pencampuran semen, air, dan agregat. Terkadang ditambah menggunakan bahan tambah dengan perbandingan tertentu, mulai dari bahan kimia tambahan, fiber, sampai bahan buangan non kimia.

3. Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton adalah besarnya kapasitas beton dalam menerima beban tekan per satuan luas penampang beton. Nilai kuat tekan beton didapatkan melalui tata cara pengujian standar, menggunakan mesin uji dengan cara memberikan beban tekan dengan kecepatan peningkatan beban tertentu atas benda uji silinder beton (diameter 150 mm, tinggi 300 mm) sampai hancur (Apriyatno, 2010).

Nilai kuat tekan beton diperoleh dengan cara pengujian standar menggunakan mesin uji dengan cara memberikan beban tekan diatas benda uji silinder beton (diameter 150 mm, tinggi 300 mm) sampai hancur. Kuat tekan tertinggi (f'_c) dicapai pada umur beton 28 hari. Nilai kuat tekan beton diperoleh dari perbandingan dari besarnya beban tekan per satuan luas yang menyebabkan benda uji hancur.

4. Kuat Lekat

Kuat lekat (bahan) angkur sama halnya dengan kuat lekat baja adalah kemampuan baja dalam menerima beban tarik per satuan luas penampang, yang bertujuan untuk mengetahui grafik tegangan regangan baja. Pengujian dengan penarikan batang uji secara terus menerus dengan gaya yang bertambah besar sampai putus dengan tujuan untuk menentukan nilai tarik. (SNI 07-0408-1989).

Benda uji merupakan batang proporsional dimana perbandingan antara, panjang dan luas penampang sebelum pengujian adalah sama.

Parameter kuat lekat beton secara tepat sulit untuk diukur. Suatu pendekatan yang umum untuk mengukur nilai kuat lekat beton adalah dengan pengujian kuat lekat belah beton yang umumnya memberikan hasil yang mencerminkan besarnya kuat lekat yang sebenarnya, hasilnya digunakan untuk menentukan nilai kuat lekat beton. Karena kecilnya nilai kuat lekat beton maka digunakan baja tulangan untuk memperbaiki nilai kuat lekat beton. Tapi masih saja ada terjadi keruntuhan bangunan akibat tidak mampu menahan beban. Kegagalan perencanaan kekuatan beton ini sering terjadi karena tidak baiknya quality control pada pekerjaan beton saat pelaksanaan. Secara umum perencanaan yang baik mempertimbangkan semua aspek yang mungkin dapat terjadi pada bangunan. Salah satu aspek yang berperan penting dalam perencanaan adalah menentukan karakteristik dan kemampuan material yang akan dipakai pada struktur. Hal ini membutuhkan pengujian secara mendalam terhadap sifat dari material seperti kekuatan, durabilitas, dan sifat mekanis beton lainnya. Data kekuatan beton yang diukur

di laboratorium adalah kekuatan yang diuji pada skala kecil dan diuji hanya pada beberapa sampel dan satu jenis benda uji saja dan hasil kekuatan beton bukanlah suatu karakteristik mutlak.

5. Tegangan Lekat

Kuat lekat merupakan kombinasi kemampuan antara baja tulangan dan beton yang menyelimutinya dalam menahan gaya-gaya yang dapat menyebabkan lepasnya lekatan antara batang tulangan dan beton (Winter,1993). Gaya lekat akan terus meningkat seiring bertambahnya diameter tulangan, hal ini disebabkan karena gaya lekat merupakan luas bidang singgung dikalikan dengan tegangan lekat penjangkaran. Menurut Wang dan Salmon (1990), bahwa berapapun jumlah luas tulangan yang disediakan, tulangan-tulangan akan terlepas keluar apabila tidak diankerkan/dijangkarkan dengan memadai ke dalam beton. Untuk itu perlu penjangkaran sehingga gaya tarik yang timbul dapat ditahan oleh lekatan antara baja dan beton disekelilingnya. Penelitian yang dilakukan oleh Langi William (2018) dengan judul “*Tegangan Lekat Antara Baja Dan Beton Dengan Mutu Beton 40-70 MPa*”, meneliti tentang nilai tegangan lekat pada mutu beton yang berbeda-beda menunjukkan hasil eksperimen persentase peningkatan tegangan lekat maksimum dan persentase peningkatan kuat tekan maksimum terjadi pada 70 MPa dimana semakin tinggi kuat tekan (f_c) maka tegangan lekat (μ) antara tulangan baja dan beton semakin besar. Beton mempunyai kekuatan tekan yang tinggi, dan ketahanan terhadap tarik rendah. Bagian beton yang menahan gaya tarik akan diperkuat atau digantikan oleh baja tulangan. Baja tulangan berfungsi untuk meningkatkan daktilitas, sehingga kapasitas beton untuk mendukung beban menjadi meningkat. Jadi semakin tinggi mutu beton kuat lekat tulangannya juga semakin tinggi. Hubungan gaya cabut dengan perpanjangan tulangan linear sampai batas tertentu dan setelah itu tidak linear lagi. Kegagalan benda uji kuat lekat yang terjadi karena luluhnya tulangan.

Menurut Park dan Paulay (1975), tegangan lekat merupakan hubungan saling geser (shear interlock) antara elemen tulangan dan beton disekitarnya yang disebabkan oleh berbagai faktor. Efek ini dapat dinyatakan dalam tegangan geser per satuan luas permukaan tulangan. Tegangan langsung ini ditransformasikan dari beton ke permukaan tulangan sehingga mengubah tegangan tarik diseluruh panjang tulangan melalui mekanisme *bond*.

Kekuatan lekatan bergantung pada faktor-faktor utama sebagai berikut (Nawy, 1998):

1. Adhesi antara elemen beton dan tulangan baja.
2. Efek gripping (memegang) sebagai akibat dari susut pengeringan beton disekeliling tulangan dan saling geser antara tulangan dengan beton disekitarnya.

3. Tahanan gesekan (friksi) terhadap gelincir dan saling mengunci pada saat tulangan mengalami tegangan tarik.
4. Kualitas beton yaitu kekuatan tarik dan tekannya.
5. Efek mekanis penjangkaran ujung tulangan yaitu dengan panjang penyaluran (*development length*), panjang lewatan (*splicing*), bengkokan tulangan (*hooks*) dan persilangan tulangan.
6. Diameter, bentuk dan jarak tulangan karena semuanya mempengaruhi pertumbuhan retak.

6. Angkur

Angkur merupakan suatu alat yang digunakan untuk menjangkarkan tendon kepada komponen struktur beton dalam sistem pasca tarik atau suatu alat yang digunakan untuk menjangkarkan tendon selama proses pengerasan beton dalam sistem pratarik (asat.staff.umy.ac.id). Angkur adalah jenis material yang kinerjanya mencakup gabungan dari dua jenis material yang berbeda, baja yang daktail serta beton yang bersifat getas.

Dikenal dua jenis angkur berdasarkan cara pemasangannya yaitu cor ditempat (*cast-in place*) dan pasca pasang (*post installed*). Kuat jebol (*Breakout*) beton terhadap gaya geser dipengaruhi oleh jarak dari pusat baut ke tepi beton dan juga panjang penanaman baut kedalam beton (*hef*). Jebol beton terjadi karena kapasitas beton menahan beban geser terlampaui,

Angkur merupakan elemen baja baik ditanam dalam beton pada saat sebelum dicor (*cast in place*) atau dipasang setelahnya (*post-installed*) ke dalam beton yang mengeras dan digunakan untuk menyalurkan beban (tarik dan geser) yang bekerja ke beton.

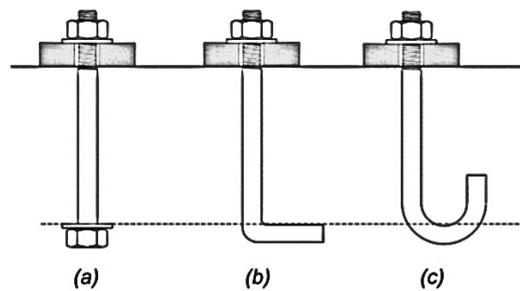
Spasi dan jarak tepi minimum untuk angkur dan tebal minimum komponen struktur harus memenuhi spasi minimum pusat ke pusat angkur harus sebesar $4d_a$ untuk angkur yang dicor di tempat yang tidak akan terpuntir, dan $6d_a$ untuk angkur yang dicor di tempat dengan torsi dan angkur tanam pascacor kecuali apabila tulangan tambahan disediakan untuk mengontrol pembelahan beton. Nilai yang lebih rendah dari uji spesifik produk yang diadakan. Untuk stud berkepala, baut berkepala, atau baut berkait yang dicor di tempat yang secara menerus dilas ke perangkat penyambung baja yang mempunyai tebal minimum sama dengan yang terbesar dari 10 mm dan setengah diameter angkur, kekuatan jebol beton dasar dalam kondisi geser dari angkur tunggal pada beton retak. (SNI 2847:2019).

Untuk kasus baut berkepala dicor di tempat yang secara menerus dilas ke perangkat penyambung, data uji (Shaikh and Yi 1985) menunjukkan bahwa terlihat kekuatan geser yang lebih tinggi, mungkin karena sambungan las kaku yang menjepit angkur lebih efektif daripada perangkat penyambung dengan anchor gap. Karenanya, nilai geser dasar untuk angkur tersebut

meningkat tetapi dikenakan batas atas karena pengujian pada angkur berdiameter besar yang dilas ke perangkat penyambung baja tidak tersedia untuk membuktikan nilai yang lebih tinggi.

Metode *cast in place* merupakan metode pemasangan angkur dimana angkur dipasang dan diposisikan sebelum dilakukan pengecoran beton. Metode *cast in place* memberikan keunggulan berupa mekanisme ikatan maksimum antara beton dengan angkur, namun memiliki kelemahan utama yaitu tidak dapat dipindahkan setelah setelah beton mengeras serta adanya potensi penempatan yang salah. (Dewobroto,2015).

Baut angkur cor di tempat (*cast in place*) memiliki beberapa variasi diantaranya adalah [a] *hex head bolt* [b] *L-bolt*; [c] *J-bolt* dipasang sebelum pengecoran beton.



Gambar Variasi angkur metode *cast in place*

(a) *hex head*; (b) *L-bolt*; (c) *J-bolt*

METODE PENELITIAN

1. Metode Penelitian

Metode penelitian merupakan suatu cara atau langkah-langkah yang ditempuh untuk melaksanakan sebuah penelitian secara sistematis dan teknik pengumpulan data yang diperoleh dalam penelitian. Metode yang digunakan dalam penelitian adalah metode eksperimental laboratorium, suatu pengujian yang dilakukan disuatu laboratorium yang disesuaikan dengan teori dan mendapatkan hasil data dalam penelitian.

Penelitian yang dilakukan ialah pengujian kuat lekat angkur dengan menggunakan metode *cast in place* dengan diameter angkur 10 mm, kedalaman efektif (*hef*) 10 mm. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai kuat lekat angkur pada beton dengan variasi angkur yang berbeda-beda.

2. Waktu dan Tempat Penelitian

Pelaksanaan penelitian dimulai dari persiapan peralatan uji hingga pengujian kuat lekat dilakukan sejak 25 September 2023 sampai 30 Oktober 2023. penelitian ini bertempat di

Laboratorium Teknik Sipil Universitas Islam Sumatera Utara dan Laboratorium Teknik Sipil Politeknik Negeri Medan.

3. Pengujian Kuat Lekat

Benda uji dalam pengujian kuat lekat angkur ke dengan variasi angkur *hex head bolt*, *J-bolt* dan *L-bolt*. Benda uji berbentuk silinder diameter 155 mm dan tinggi 300 mm pengujian terlebih dahulu dilakukan pengecoran ke bekisting yang disiapkan secara bertahap satu persatu hingga terisi ke seluruh bekisting.

Pengujian kuat lekat baut angkur ke beton dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Politeknik Negeri Medan. Pengujian dilakukan untuk mengetahui kapasitas kuat lekat variasi baut angkur pada yang dipasang secara *cast in place* (angkur dipasang pada saat akan melakukan pengecoran). Pengujian kuat lekat baut angkur pada beton menggunakan *Universal Testing Machin*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Kuat Tekan Beton

Hasil kuat tekan dan hasil kuat tekan rata-rata pada umur 7 hari dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 1. Kuat tekan beton

Umur (Hari)	Nomor Sampel	Tanggal		Berat isi (kg)	Kuat tekan (Mpa)
		Pembuatan	Pengujian		
7	1	12-10-2023	19-10-2023	13,53	15,28
	2	12-10-2023	19-10-2023	13,28	15,28
	3	12-10-2023	19-10-2023	13,28	16,41
	Rata-rata			13,36	15,65

Sumber : Hasil Pemeriksaan Laboratrium (2023)

Hasil Kuat Lekat Angkur Pada Beton

Hasil pengujian kuat lekat angkur pada beton menunjukkan beban puncak tertinggi pada angkur variasi J dengan nilai beban puncak rata-rata sebesar 27,816 kN, pada angkur variasi L dengan nilai beban puncak rata-rata sebesar 26,971 kN dan angkur variasi *head heax* dengan nilai beban puncak rata-rata sebesar 12,85 kN.

Tabel 2. Kuat lekat Angkur Pada Beton

Tipe Angkur	No. Benda Uji	Diameter Angkur (cm)	Kedalaman Angkur (cm)	Pembebanan (kN)	Pembebanan Rata-rata (kN)	Tegangan (Mpa)
<i>Hex Head</i>	1	10	10	14.349	12,85	78.099
	2	10	10	13.975		76.064
	3	10	10	10.233		55.697
L	1	10	10	27.283	26.971	148.496
	2	10	10	29.887		162.669
	3	10	10	23.743		129.229
J	1	10	10	27.568	27.816	150.047
	2	10	10	28.145		153.188
	3	10	10	27.735		150.956

Sumber : Hasil Penelitian Laboraturium (2023)

Dari hasil uji lekat dapat dilihat kondisi fisik dari angkur terhadap beton dimana keadaan angkur variasi *hed heax* mengalami penarikan sehingga angkur yang tertanam mencuat keluar daripada beton begitu juga pada angkur variasi *L bolt* namun kondisi yang berbeda terjadi pada angkur variasi *J bolt* dimana kondisi angkur pada beton tidak mengalami penarikan sehingga mencuat daripada beton yang terjadi ialah angkur pada variasi ini patah. Hal ini berbanding lurus dengan nilai rata-rata dari tegangan lekat pada setiap variasi angkur dimana angkur dengan variasi *J bolt* memiliki nilai rata-rata tegangan tertinggi. Maka dari itu dapat disimpulkan bahwa nilai residu pada angkur menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi nilai tegangan lekat diantara angkur dengan beton.



Gambar 1. Spesimen uji lekat angkur variasi *hed heax*

Sumber : Hasil Penelitian Laboraturium (2023)



Gambar 2. Hasil uji lekat angkur variasi *hed heax*

Sumber : Hasil Penelitian Laboraturium (2023)



Gambar 3. Spesimen uji lekat angkur variasi L bolt
Sumber : Hasil Penelitian Laboraturium (2023)



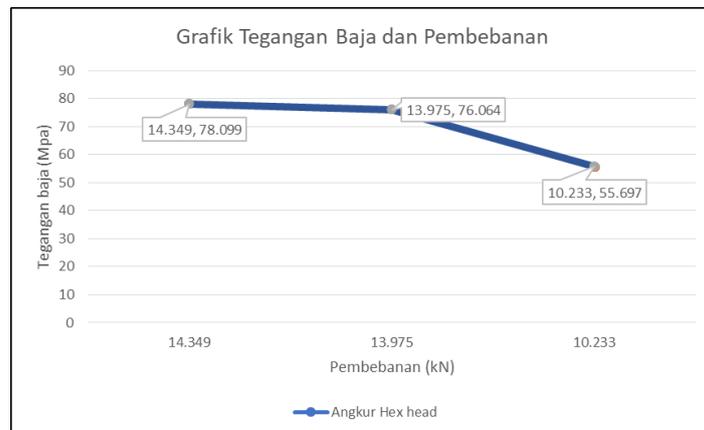
Gambar 4. Hasil uji lekat angkur variasi L bolt
Sumber : Hasil Penelitian Laboraturium (2023)



Gambar 5. Spesimen uji lekat angkur variasi J bolt
Sumber : Hasil Penelitian Laboraturium (2023)

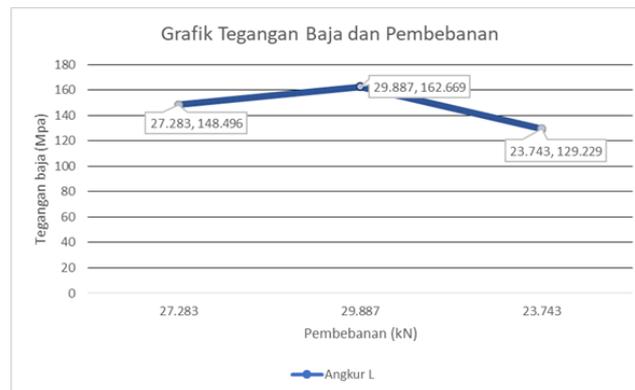


Gambar 6. Hasil uji lekat angkur variasi J bolt
Sumber : Hasil Penelitian Laboraturium (2023)



Gambar 7. Grafik tegangan baja dan pembebanan angkur *hed heax*
Sumber : Hasil Penelitian Laboraturium (2023)

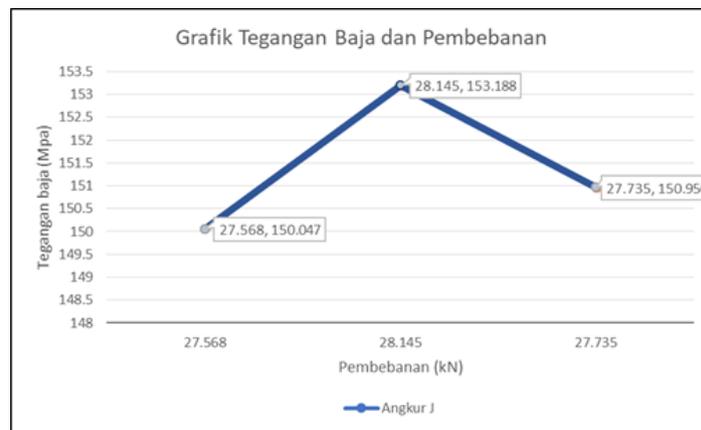
Hasil pengujian kuat lekat angkur terhadap beton berdasarkan variasi angkur *hed heax* dengan menggunakan metode *cast in place* menunjukkan hasil rata rata pembebanan sebesar 12,85 kN dan hasil rata rata tegangan lekat sebesar 69,953 Mpa.



Gambar 8. Grafik tegangan baja dan pembebanan angkur *L bolt*

Sumber : Hasil Penelitian Laboraturium (2023)

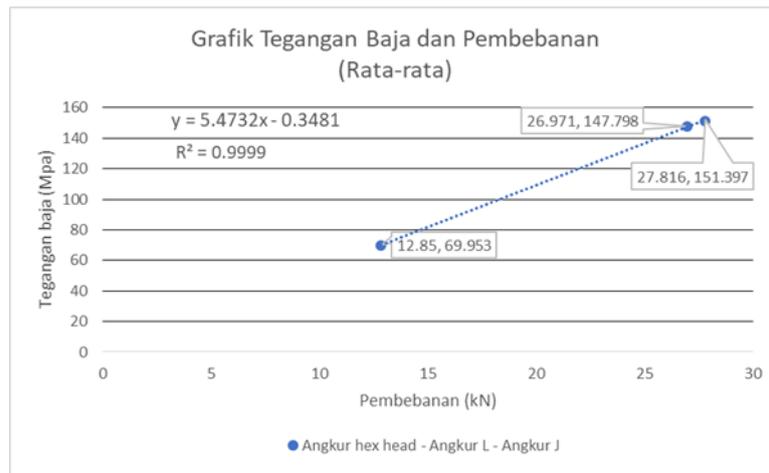
Hasil pengujian kuat lekat angkur terhadap beton berdasarkan variasi angkur *L bolt* dengan menggunakan metode *cast in place* menunjukkan hasil rata rata pembebanan sebesar 26,971 kN dan hasil rata rata tegangan lekat sebesar 147,798 Mpa.



Gambar 9. Grafik tegangan baja dan pembebanan angkur *J bolt*

Sumber : Hasil Penelitian Laboraturium (2023)

Hasil pengujian kuat lekat angkur terhadap beton berdasarkan variasi angkur *J bolt* dengan menggunakan metode *cast in place* menunjukkan hasil rata rata pembebanan sebesar 27,816 kN dan hasil rata rata tegangan lekat sebesar 151,397 Mpa.



Gambar 10. Grafik rata-rata tegangan baja dan pembebanan

Sumber : Hasil Penelitian Laboraturium (2023)

Hasil pengujian kuat lekat angkur terhadap beton berdasarkan variasi angkur dengan menggunakan metode *cast in place* menunjukkan hasil yang berbeda pada setiap variasi angkurnya. Nilai pembebanan dan tegangan rata rata menunjukkan bahwa nilai tertinggi/terkuat pada penelitian variasi angkur ini terdapat pada spesimen beton dengan variasi angkur *J Bolt*.

Analisa Keseluruhan Penelitian dan Bahasan Masalah

Dari hasil penelitian pengujian kuat lekat angkur berdasarkan variasi angkur pada beton dapat dianalisis pada grafik 4.8 variasi angkur J lebih efektif digunakan karena nilai tegangan lekat variasi angkur tipe J terhadap beton lebih besar dibandingkan variasi angkur tipe L dan *hed heax*. Nilai tegangan lekat ini perbengaruh terhadap nilai kuat lekat angkur pada beton hal ini bertujuan untuk mengetahui diantara ketiga variasi angkur tersebut variasi angkur manakah yang tegangan lekatnya lebih besar terhadap beton tersebut dalam penelitian ini variasi angkur J memiliki nilai tegangan lekat yang paling besar diantara variasi angkur tersebut.

Adapun perbedaan signifikan pada setiap variasi angkur terletak pada bentuk dan nilai radiusnya. Radius adalah nilai lengkungan yang terdapat pada angkur. Pada variasi angkur *hed heax* tidak memiliki nilai radius, variasi angkur L memiliki nilai radius sebesar 10 mm dan variasi angkur J memiliki nilai radius sebesar 20mm. Dapat ditarik kesimpulan bahwa bentuk dari angkur mampu mempengaruhi kekuatan tarik angkur didalam beton itu sendiri.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian, analisa dan pembahasan hasil eksperimen dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Dari hasil uji lekat variasi angkur yang menunjukkan nilai pembebanan tertinggi adalah variasi angkur tipe J dengan pembebanan rata-rata sebesar 27.816 kN, pada variasi angkur tipe L dengan pembebanan rata-rata sebesar 26,971 kN dan pada variasi angkur tipe hex head dengan pembebanan rata-rata sebesar 12,85 kN.
2. Dari hasil uji lekat variasi angkur dapat disimpulkan nilai tegangan berbanding lurus dengan nilai pembebanan. Semakin besar nilai pembebanan maka semakin besar juga nilai tegangan tersebut. Nilai tegangan tertinggi terdapat pada variasi angkur tipe J dengan nilai rata-rata tegangan sebesar 151.397 Mpa, pada variasi angkur tipe L dengan nilai rata-rata tegangan sebesar 147.798 Mpa dan pada variasi angkur tipe *hex head* dengan nilai rata rata tegangan sebesar 69.953 Mpa

Saran

Dari pengalaman setelah penelitian maka diberi saran – saran sebagai berikut:

1. Memperhatikan diameter angkur yang akan digunakan untuk benda uji atau spesimen uji lekat terhadap beton.
2. Untuk mendapatkan nilai kuat lekat yang lebih nyata maka sebaiknya benda uji atau spesimen berbentuk balok dan angkur tidak hanya di letakkan ditengan

DAFTAR PUSTAKA

- Ananta, B. D., & Apriyatno, H. (2022). Experiment On Chemical Attachment Of Anchor Deform Depth 110 Mm Cast-In Place And Post-Installed Drill Bit Extractor Method. *Citizen : Jurnal Ilmiah Multidisiplin Indonesia*, 2(3), 543–550. <https://doi.org/10.53866/jimi.v23.107>
- Badan Standar Nasional. (T.T.). SNI 7656:2012 Tata Cara Pemeliharaan Campuran Untuk Beton Normal, Beton Berat Dan Beton Massa.
- Badan Standar Nasional (BSN). (T.T.). SNI 07-2529-1991 Metode Pengujian Kuat Tarik Baja Beton.
- Badan Standar Nasional (BSN). (2019). SNI 2847-2019 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung 1. 303–328.
- Huda, A. (2020). Eksperimen Tarik Angkur Tipe Ekspansi Secara Cast In Place Dan Post-Installed Dengan Kegagalan Breakout Beton.
- Langi, W., Kumaat, E. J., & Manalip, H. (2018). Tegangan Lekat Antara Baja Dan Beton Dengan Mutu Beton 40-70 Mpa. *Sipil Statik*, 6, 1–8.

- Malombasang, A. M. A. (2023). Pengaruh Kedalaman Terhadap Gaya Tarik Angkur Lipat Pada Tanah Lunak.
- Maming, M. I., Djamaluddin, A. R., Harianto, T., & Muhiddin, A. B. (2019). Uji Model Kapasitas Tarik Angkur Tanah Type Lipat (Folding Type) Pada Tanah Kohesif.
- Mazumder, M., Amin, A., Riyad, R. H., & Fayzul Bari, A. K. M. (2020). Investigation The Variation Of Pull-Out Load Capacity Of Adhesive Anchors With Mixture Ratio Of Concrete And Rebar Grade. *Civil Engineering & Architecture*, 63(2), 1–9.
- Nilforoush, R., Nilsson, M., & Elfgren, L. (2017). Experimental Evaluation Of Tensile Behaviour Of Single Cast-In-Place Anchor Bolts In Plain And Steel Fibre-Reinforced Normal- And High-Strength Concrete. *Engineering Structures*, 147, 195–206. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2017.05.062>
- Rahman, M. P., & Kurniawan, F. A. (2022). Analisa Kekuatan Material Bahan Carbon Steel Aisi 1018 Dan Baja Tulangan Polos Sni P40 Sebagai Angkur Pada Tower Dengan Metode Uji Tarik. 17, 1–11.
- Badan Standar Nasional. SNI 07-2529-1991 Metode Pengujian Kuat Tarik Baja Beton.
- Štrba, M., & Karmazínová, M. (2016). Using Of The Design Assisted By Testing Method In Case Of The Experimental Verification Of The Load-Carrying Capacity Of Expansion Anchors. *International Journal Of Mechanics*, 10, 1–8.
- Wiguntoro. (2020). Eksperimen Perbandingan Kapasitas Kekuatan Angkur Menggunakan Metode Cast In Place Dan Post-Installed Pada Kegagalan Pull-Out.
- Winters, J., Jenny, P. D., & Dolan, W. C. (2013). Concrete Breakout Capacity Of Cast-In-Place Anchors In Early Age Concrete