



**DEFORMASI BAUT ANGKUR PADA POLA KEGAGALAN  
BREAKOUT GESER MENGGUNAKAN METODE  
PEMASANGAN *CAST-IN PLACE* DAN *POST INSTALLED***

**Skripsi**

**diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar**

**Sarjana Teknik Program Studi Teknik Sipil**

**Oleh**

**Helmy Khrisna Indryawan**

**NIM.5113416033**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG  
2020**

## PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama : Helmy Khrisna Indryawan  
NIM : 5113416033  
Program Studi : Teknik Sipil S1  
Judul : DEFORMASI BAUT ANGKUR PADA POLA  
KEGAGALAN *BREAKOUT* GESER MENGGUNAKAN  
METODE PEMASANGAN *CAST-IN PLACE* DAN *POST  
INSTALLED*

Skripsi/TA ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke sidang panitia ujian Skripsi/TA Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

Semarang, 2020

Pembimbing,

Mahasiswa,



Drs. Henry Apriyatno, S.T., M.T.

NIP. 195904091987021001



Helmy Khrisna Indryawan

NIM. 513416033

## PENGESAHAN

Skripsi/TA dengan judul "DEFORMASI BAUT ANGKUR PADA POLA KEGAGALAN *BREAKOUT* GESER MENGGUNAKAN METODE PEMASANGAN *CAST-IN PLACE* DAN *POST INSTALLED*" telah dipertahankan di depan sidang Panitia Ujian Skripsi/TA Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang pada tanggal 15 Agustus 2020

Oleh

Nama : Helmy Khrisna Indryawan  
NIM : 5113416033  
Program Studi : Teknik Sipil

Panitia:

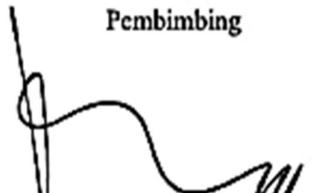
Ketua

  
Aris Widodo, S.Pd., M.T.  
NIP.197102071999031001

Sekretaris

  
Dr. Rini Kusumawati, S.T., M.T., M.Sc.  
NIP. 197809212005012001

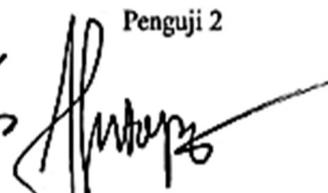
Pembimbing

  
Drs. Henry Apriyatno, M.T.  
NIP.195904091987021000

Penguji 1

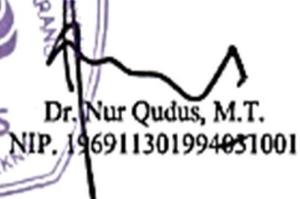
  
Endah Kanti P., S.T., M.T.  
NIP. 197207091998032003

Penguji 2

  
Dr. Yechi Sutopo, M.Pd., M.T.  
NIP.196307301987021001

Mengetahui  
Dekan Fakultas Teknik



  
Dr. Nur Qudus, M.T.  
NIP. 196911301994031001

## PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi/TA ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (sarjana, magister, dan/atau doktor), baik di Universitas Negeri Semarang (UNNES) maupun di perguruan tinggi lain;
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan; rumusan; dan penelitian saya sendiri; tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan Pembimbing dan masukan Tim Penguji;
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka;
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi ini.

Semarang, 15 Agustus 2020

Yang membuat pernyataan,



Helmy Khrisna Indryawan

NIM. 5113416033

## MOTTO

***“Man Jadda Wajada”***

*Siapa Yang Bersungguh-Sungguh Maka Ia Akan Dapat*

***“Fastabiqul Khairaat”***

*Maka Berlomba-Lombalah Kamu (Dalam Berbuat) Kebaikan*

***“Dan kamu pahat sebagian dari gunung-gunung untuk dijadikan rumah-rumah dengan rajin”***

Q.S Asy-Syu'ara' : 149

***“Dan mereka memahat rumah-rumah dari gunung-gunung batu (yang didiami) dengan aman”***

Q.S Al-Hijr : 82

## PERSEMBAHAN

Dengan rasa syukur kepada Allah SWT., atas segala karunianya skripsi ini saya persembahkan kepada :

- Ayahanda Andry Khrisnawan dan ibunda Aryani Endah Purwati *“atas doa, kasih sayang, perjuangan, bimbingan, dan motivasi yang tiada henti kepada anaknya”*
- Kakak dan adik-adik saya tercinta, Febriana Indryawati, Salsabilla Rahma Indryadewi, dan Naufaldy Khrisna Indryanugroho terima kassih atas semangat yang selalu diberikan kepada penulis.
- Almamater UNNES dan teman-teman seperjuangan Jurusan Teknik Sipil angkatan 2016

## SARI

**Helmy Khrisna Indryawn**

**2020**

### **DEFORMASI BAUT ANGKUR PADA POLA KEGAGALAN *BREAKOUT* GESER MENGGUNAKAN METODE PEMASANGAN *CAST-IN PLACE* DAN *POST INSTALLED***

**Drs. Henry Arpiyatno, M.T.**

**Teknik Sipil S1**

Angkur merupakan jenis material yang kinerjanya mencakup gabungan dari dua jenis material yang berbeda, baja yang daktail serta beton yang bersifat getas. Menurut Appendix D (ACI 2011) 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 ( $h_{ef}$ ). Jebol beton terjadi karena kapasitas beton menahan beban geser terlampaui, sehingga beton pecah membentuk sudut  $35^\circ$ . Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah : menganalisis kapasitas kuat jebol beton terhadap geser ; menganalisis perbedaan beban dan deformasi pada kedua metode pemasangan ; menganalisis paralelitas gradien garis regresi hubungan antara beban dengan deformasi pada angkur dengan kedua metode pemasangan.

Penelitian dilakukan meliputi pengujian tekan beton, pengujian tarik belah beton menggunakan 6 unit spesimen beton berbentuk silinder 150 mm x 300 mm, dan pengujian *Breakout* geser angkur menggunakan media beton yang ditinjau berdimensi 300 mm x 300 mm x 150 mm sebanyak 6 unit. Angkur yang digunakan adalah angkur pukol Sanko berdiameter 12 mm sebanyak 4 unit untuk 1 spesimen beton. Setiap baut dipasang dengan panjang penanaman ( $h_{ef}$ ) ke beton sebesar 60 mm. Jarak antar baut digunakan sebesar 100 mm sedangkan jarak baut ke tepi beton digunakan sebesar 100 mm.

Hasil pengujian kuat tarik angkur didapatkan hasil tegangan leleh sebesar 338 MPa dan tegangan ultimate sebesar 383 MPa, sedangkan hasil pengujian kuat tekan beton didapatkan hasil sebesar 25,69 MPa. Kapasitas kuat jebol (*Breakout*) beton dari hasil hitungan toritis didapatkan hasil sebesar 47595,86 N. Pengujian mendapatkan hasil kuat jebol untuk metode pemasangan *Cast-in Place* sebesar 48150.75 N dengan deformasi 10.94 mm. Serta, untuk metode pemasangan *Post Installed* sebesar 47742.00 N dengan deformasi 13.40 mm. Metode pemasangan *cast-in place* dikatakan lebih baik dibandingkan dengan metode *post installed*. Hasil perhitungan statistika untuk mengetahui paralelitas garis regresi didapatkan bahwa garis regresi dapat dikatakan paralel dan tidak berhimpit.

***Kata Kunci : Baut Angkur, Breakout, Cast-in Place, Post Installed***

## ABSTRACT

**Helmy Khrisna Indryawan**  
2020

### **DEFORMATION OF ANCHOR BOLTS ON BREAKOUT SHEAR FAILURE PATTERNS USING CAST-IN PLACE AND POST INSTALLED INSTALLATION METHODS**

**Drs. Henry Apriyatno, M.T.**  
Civil Engineering S1

*Anchor is a type of material which performance includes a combination of two different types of material, ductile steel and brittle concrete. According to Appendix D (ACI 2011) it is known two types of anchor based on the way it is installed namely cast-in place and post installed. Strong breakout of concrete against shear force is influenced by the distance from the center of the bolt to the edge of the concrete and also the length of the planting of bolts into the concrete ( $h_{ef}$ ). The concrete break occurs because the concrete capacity of holding the shear load is exceeded, so the broken concrete forms a  $35^\circ$  angle. The purposes of this research are: analyzing the strong capacity of concrete to slide; analyzing load differences and deformations in both installation methods; analyzing the gradient parallelity of the regression line relationship between the load and the deformation of the anchor with both installation methods.*

*Research was conducted including concrete press testing, concrete pull testing using 6 units of cylinder-shaped concrete specimen 150 mm x 300 mm, and testing of anchor sliding breakout using concrete media reviewed with dimension of 300 mm x 300 mm x 150 mm which are 6 units. The anchor used is Sanko anchor with 12 mm in diameter which are 4 units for 1 concrete specimen. Each bolt is mounted with a planting length ( $h_{ef}$ ) 60 mm into concrete. The distance between bolts used is 100 mm while the bolt distance to the concrete edge is 100 mm.*

*The results of the anchor pull strength test were obtained the result of melt voltage of 338 MPa and the ultimate voltage of 383 MPa, while the test results of concrete press strength were obtained the result of 25.69 MPa. Concrete breakout capacity from theoretical calculation resulted in 47595.86 N. Testing found from breakout results for Cast-in Place installation method is 48150.75 N with deformation of 10.94 mm. Also, for post installed method is 47742.00 N with deformation 13.40 mm. The cast-in place installation method is said to be better than the post installed method. The result of statistical calculation to find out the parallelity of the regression line is obtained that the regression line can be said to be parallel and not coincide.*

**Keywords:** Anchor Bolt, Breakout, Cast-in Place, Post Installed

## PRAKATA

Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi/TA yang berjudul “Deformasi Baut Angkur Pada Pola Kegagalan *Breakout* Geser Menggunakan Metode Pemasangan *Cast-In Place an Post Installed*”. Skripsi/TA ini disusun sebagai salah satu persyaratan meraih gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil S1 Universitas Negeri Semarang. Shalawat dan salam disampaikan kepada Nabi Muhammad SAW, mudah-mudahan kita semua mendapatkan safaat Nya di yaumul akhir nanti, Amin.

Penyelesaian karya tulis ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih sertapenghargaan kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Fathur Rokhman, M.Hum, Rektor Universitas Negeri Semarang atas kesempatan yang diberikan kepada penulis untuk menempuh studi di Universitas Negeri Semarang;
2. Bapak Dr. Nur Qudus, MT, Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang yang telah memberikan ijin untuk melaksanakan penelitian;
3. Bapak Aris Widodo S.Pd., M.T., Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang yang telah memberikan ijin untuk melaksanakan penelitian;
4. Ibu Dr. Rini Kusumawardani S.T., M.T., M.Sc., Koordinator Program Studi Teknik Sipil S1 Universitas Negeri Semarang yang telah memberikan ijin untuk melaksanakan penelitian;

5. Bapak Drs. Henry Apriyatno, M.T., sebagai Dosen Pembimbing yang penuh perhatian dan atas perkenaan memberi bimbingan dan dapat dihubungi sewaktu-waktu disertai kemudahan menunjukkan sumber-sumber yang relevan dengan penulisan skripsi ini;
6. Ibu Endah Kanti P, S.T., M.T. sebagai Penguji I yang telah memberi masukan yang sangat berharga berupa saran, ralat, perbaikan, pertanyaan, komentar, tanggapan, menambah bobot dan kualitas karya tulis ini;
7. Bapak Dr. Yeri Sutopo, M.Pd., M.T. sebagai Penguji II yang telah memberi masukan yang sangat berharga berupa saran, ralat, perbaikan, pertanyaan, komentar, tanggapan, menambah bobot dan kualitas karya tulis ini;
8. Semua dosen Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang yang telah memberi bekal pengetahuan yang berharga;
9. Berbagai pihak yang telah memberi bantuan untuk karya tulis ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis berharap semoga Skripsi/TA ini dapat bermanfaat untuk pelaksanaan pembelajaran di masa yang akan datang.

Semarang, 15 Agustus 2020

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN .....</b>	<b>iv</b>
<b>HALAMAN MOTTO DAN PERSEMBAHAN .....</b>	<b>v</b>
<b>SARI .....</b>	<b>vi</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>vii</b>
<b>PRAKATA .....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xvi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian .....	4
1.4.1 Manfaat Teoritis .....	4
1.4.2 Manfaat Praktis .....	5
1.5 Batasan Masalah .....	5
1.6 Sistematika Penulisan .....	6
1.6.1 Bagian Awal .....	6
1.6.2 Manfaat Praktis .....	6

1.6.3 Bagian Akhir .....	7
--------------------------	---

## **BAB II KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI**

2.1 Kajian Pustaka .....	8
2.2 Landasan Teori .....	9
2.2.1 Beton .....	9
2.2.1.1 Kuat Tekan Beton ( $f'c$ ) .....	10
2.2.1.2 Kuat Tarik Beton .....	12
2.2.2 Pengujian Tarik Baja .....	13
2.2.3 Angkur .....	14
2.2.4 Jenis Jenis Angkur .....	15
2.2.4.1 <i>Cast In Place</i> .....	15
2.2.4.2 <i>Post Installed</i> .....	15
2.2.5 Pola Pola Keruntuhan Baut Angkur .....	16
2.2.5.1 Pola Keruntuhan Akibat Gaya Tarik .....	17
2.2.5.2 Pola Keruntuhan Akibat Gaya Geser .....	19
2.2.6 Beton Jebol ( <i>Breakout</i> ) Akibat Geser .....	20
2.2.7 Uji Statistik .....	23
2.2.7.1 Uji Statistik Kedua Garis Regresi Paralel .....	23
2.2.7.2 Uji Statistik Kedua Garsi Regresi Berhimpit .....	24

## **BAB III METODE PENELITIAN**

3.1 Tinjauan Umum .....	26
3.2 Lokasi Penelitian .....	26
3.3 Waktu Penelitian .....	27

3.4	Alat dan Bahan .....	27
3.5	Langkah – Langkah Penelitian .....	28
3.5.1	Pengujian Material Baut Angkur .....	29
3.5.2	Pengujian Material Beton .....	31
3.5.3	Perawatan Beton .....	32
3.5.4	Pengujian Kuat Jebol ( <i>Breakout</i> ) Beton Terhadap Geser .....	33
3.5.5	Bagan Alir Penelitian .....	36

#### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

4.1	Pengujian Kuat Tarik Angkur .....	38
4.2	Pengujian Beton .....	39
4.2.1	Pengujian Kuat Tekan Beton .....	39
4.2.2	Pengujian Kuat Tarik Belah Beton .....	40
4.3	Tinjauan Teoritis .....	40
4.4	Hasil Pengujian .....	45
4.4.1	Hasil Pengujian Metode <i>Cast-in Place</i> .....	45
4.4.2	Hasil Pengujian Metode <i>Post Installed</i> .....	47
4.4.3	Perbandingan Antara Metode <i>Cast-In Place</i> Dengan <i>Post Installed</i> .....	49
4.4.4	Analisis Regresi .....	50
4.5	Pola Kerusakan .....	51
4.6	Analisis Uji F Dengan Metode Anova .....	54
4.6.1	Metode <i>Cast-In Place</i> .....	54
4.6.2	Metode <i>Post Installed</i> .....	55

4.6.3 Uji Beda <i>Cast-in Place</i> dan <i>Post Installed</i> .....	56
4.7 Pembahasan .....	58
<b>BAB V PENUTUP</b>	
5.1 Simpulan .....	61
5.2 Saran .....	63
<b>DAFTAR NOTASI DAN KEPUSTAKAAN .....</b>	<b>66</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>67</b>
<b>LAMPIRAN 1 .....</b>	<b>69</b>
<b>LAMPIRAN 2 .....</b>	<b>74</b>
<b>LAMPIRAN 3 .....</b>	<b>77</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Hasil Percobaan Kegagalan Breakout Kangsik Kim .....	8
Gambar 2.2 Hasil Percobaan Kegagalan Breakout Sanghyun Jeon .....	9
Gambar 2.3 Sampel Silinder Beton pengujian Tekan .....	11
Gambar 2.4 Benda Uji Tarik Baja .....	13
Gambar 2.5 Diagram Tegangan Regangan Hasil Uji Tarik Baja .....	14
Gambar 2.6 Jenis - Jenis Baut Tipe <i>Cast-In Place</i> .....	15
Gambar 2.7 Jenis - Jenis Baut Tipe <i>Post Installed</i> .....	16
Gambar 2.8 Jenis - Jenis Keruntuhan Akibat Gaya Tarik .....	17
Gambar 2.9 Jenis - Jenis Keruntuhan Akibat Gaya Geser .....	19
Gambar 2.10 Kasus Untuk Memperhitungkan <i>Avc</i> .....	21
Gambar 3.1 Baut Angkur Tipe Ekspansi .....	29
Gambar 3.2 Baut Angkur Yang Sudah Dibubut .....	30
Gambar 3.3 Baut Yang Sudah Diuji Tarik .....	31
Gambar 3.4 Pembuatan Benda Uji Silinder Beton .....	32
Gambar 3.5 Desain Perencanaan Benda Uji .....	33
Gambar 3.6 Pengecoran Beton Ready Mix .....	35
Gambar 3.7 Arah Gaya Yang Diberikan Untuk Pengujian .....	36
Gambar 3.8 Bagan Alir Penelitian .....	37
Gambar 4.1 Benda Uji <i>Breakout</i> Geser .....	41
Gambar 4.2 Kerusakan Baut Angkur Yang Tergeser .....	42
Gambar 4.3 Kerusakan Jebol ( <i>Breakout</i> ) Beton Terhadap Geser .....	42

Gambar 4.4 Kerusakan Rempal ( <i>Pryout</i> ) Beton Terhadap Geser .....	43
Gambar 4.5 Grafik Hubungan Antara Beban Dan Deformasi Metode <i>Cast-In Place</i> dengan Perhitungan Teoritis .....	46
Gambar 4.6 Grafik Hubungan Antara Beban Dan Deformasi Metode <i>Post Installed</i> dengan Perhitungan Teoritis .....	48
Gambar 4.7 Grafik Hubungan Antara Beban Dan Deformasi Metode <i>Cast-In Place</i> dan <i>Post Installed</i> dengan Perhitungan Teoritis .....	49
Gambar 4.8 Grafik Hasil Analisis Regresi Linear Hubungan Antara Beban dan Deformasi Metode <i>Cast-In Place</i> dan <i>Post Installed</i> .....	51
Gambar 4.9 Pola Kerusakan Pegujian Breakout (a) <i>Cast-in Place</i> dan (b) <i>Post Installed</i> .....	52

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Spasi Kritis Pemasangan Baut .....	17
Tabel 3.1	Alat dan Bahan Perlengkapan Pengujian .....	27
Tabel 4.1	Hasil Kuat Tarik Angkur .....	38
Tabel 4.2	Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton .....	39
Tabel 4.3	Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton .....	40
Tabel 4.4	Rata-Rata Hasil Pengujian Metode Cast-in Place .....	45
Tabel 4.5	Rata-Rata Hasil Pengujian Metode Post Installed .....	47
Tabel 4.6	Model Summary Cast-in Place .....	54
Tabel 4.7	ANOVA Cast-in Place .....	54
Tabel 4.8	Model Summary Post Installed .....	55
Tabel 4.9	ANOVA Post Installed .....	56
Tabel 4.10	Hasil Uji Beda .....	57
Tabel 4.11	Hasil Uji Levene Test .....	57
Tabel L.1.1	Hasil Uji Tarik Angkur Uji 1 .....	70
Tabel L.1.2	Hasil Uji Tarik Angkur Uji 2 .....	71
Tabel L.1.3	Hasil Uji Tarik Angkur Uji 3 .....	72
Tabel L.1.4	Hasil Uji Tarik Angkur Uji 4 .....	73
Tabel L.2.1	Hasil Uji Tekan Beton .....	75
Tabel L.2.2	Hasil Uji Tarik Belah Beton .....	76
Tabel L.3.1	Hasil Perhitungan Uji Statistik .....	78

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Baut angkur atau anchor bolt adalah sambungan antara beton dengan elemen struktural maupun non-struktural (Wikipedia). Anchor bolt berfungsi menyalurkan gaya tekan, gaya tarik dan gaya geser diantara sambungan tersebut. Biasanya digunakan untuk menghubungkan beton dengan struktur besi, seperti tiang lampu jalan ke pondasi beton bertulang di bawahnya, struktur atap baja ringan, dan sebagainya.

Menurut Appendix D (ACI 2011) dikenal dua jenis angkur berdasarkan cara pemasangannya yaitu cor ditempat (*cast in place*) dan pasca pasang (*post installed*). Keunggulan penggunaan jenis angkur cor ditempat yaitu sangat cocok untuk berbagai macam konstruksi, namun penggunaannya terbatas hanya pada konstruksi baru. Adapun keunggulan penggunaan angkur jenis pasca pasang yaitu fleksibilitas waktu pemasangan, namun dari segi harga akan relatif lebih mahal dan terbatas pada ukurannya. Jenis baut angkur cor di tempat adalah baut segienam dan ring; Baut-L; Baut-J; dan Stud. Adapula jenis angkur pasca pasang banyak jenisnya. Secara umum terbagi dalam kelompok Angkur adesif; Angkur bertakik; Angkur terkontrol puntir tipe selongsong; Angkur terkontrol puntir tipe stud; Angkur terkontrol perpindahan.

Angkur merupakan jenis material yang kinerjanya mencakup gabungan dari dua jenis material yang berbeda, baja yang daktail dan mempunyai kekuatan yang sama terhadap tarik dan tekan, serta beton yang bersifat getas dan hanya kuat menerima tegangan tekan saja. Pola keruntuhan baut angkur adalah terhadap gaya tarik dan gaya geser, salah satunya adalah Kuat Jebol (*Breakout*) Beton Terhadap Gaya Geser. (Wiryanto,2015)

*Concrete Breakout* merupakan salah satu pola keruntuhan pada penggunaan angkur. *Concrete Breakout* sendiri ada dua penyebab kegagalan, yaitu kegagalan akibat gaya tarik, dan juga akibat gaya geser. Jika *Breakout* terhadap gaya tarik akan menyebabkan beton yang sejajar dengan baut pecah pada bagian atas yang terangkat. Sedangkan *Breakout* terhadap gaya geser, beton yang tegak lurus dengan baut akan pecah bagian pinggir mengikuti arah dari gaya yang diberikan.

Persamaan kekuatan geser dikembangkan dari Metode CCD (*Concrete Capacity Design*), yang mengasumsikan bahwa sudut kerucut jebol (*breakout cone*) adalah sekitar  $30^{\circ}$ - $35^{\circ}$  dan dipertimbangkan teori mekanika fraktur. Pengaruh angkur majemuk, spasi angkur, jarak ke tepi, dan ketebalan kompoen beton pada kekuatan jebol beton nominal dalam geser disertakan dengan menerapkan faktor reduksi. (SNI 2847:2019)

Dengan adanya permasalahan tersebut, maka penulis akan mengadakan penelitian mengenai kegagalan baut angkur khususnya kegagalan *Breakout* dengan judul penelitian **“Deformasi Baut Angkur Pada Pola Kegagalan**

## **Breakout Geser Menggunakan Metode Pemasangan *Cast-In Place* dan *Post Installed***

### **1.2 Rumusan Masalah**

Adapun rumusan masalah yang dapat ditarik dari permasalahan diatas adalah :

- a. Bagaimana kapasitas kuat jebol beton (*Breakout*) terhadap gaya geser ?
- b. Bagaimana perbedaan defleksi baut angkur antara yang menggunakan metode pemasangan cor ditempat (*cast in place*) dengan pasca pasang (*post installed*) ?
- c. Bagaimana paralelitas gradien kemiringan (garis regresi) hubungan antara beban dengan deformasi pada baut angkur yang dipasang menggunakan metode pemasangan cor ditempat (*cast in place*) dan pasca pasang (*post installed*) ?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dan manfaat dari penulisan Tugas Akhir ini adalah :

- a. Menganalisis kapasitas kuat jebol beton (*Breakout*) terhadap gaya geser;
- b. Menganalisis perbedaan beban dan deformasi baut angkur antara yang menggunakan metode pemasangan cor ditempat (*cast in place*) dengan pasca pasang (*post installed*);

- c. Menganalisis paralelitas gradien kemiringan (garis regresi) hubungan antara beban dengan deformasi pada baut angkur yang dipasang menggunakan metode pemasangan cor ditempat (*cast in place*) dan pasca pasang (*post installed*).

#### 1.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang bermanfaat. Manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini dapat dibagi menjadi dua, yaitu :

##### 1.4.1 Manfaat Teoritis

- a. Mendukung konsep persamaan tentang kuat jebol (*Breakout*) beton terhadap geser pada penggunaan baut angkur yang terdapat pada karya Wiryanto Dewobroto yang mengacu pada Appendix D ACI 318 tahun 2011 dan juga Lampiran D SNI 2847 tahun 2013;
- b. Sebagai suatu karya ilmiah, hasil penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi bagi perkembangan ilmu pengetahuan khususnya dibidang penggunaan baut angkur dengan metode pemasangan *cast-in place* dan juga *post installed*;
- c. Hasil penelitian dapat digunakan sebagai pedoman untuk kegiatan penelitian yang sejenis dimasa yang akan datang.

#### 1.4.2 Manfaat praktis

a. Bagi penulis

Dapat menambah wawasan dan pengalaman langsung tentang berbagai cara pemasangan baut angkur pada beton.

b. Bagi Mahasiswa

Penelitian diharapkan dapat memberikan pengetahuan mengenai eksperimen laboratorium sehingga mahasiswa dapat meningkatkan pengalaman dalam melakukan penelitian laboratorium.

c. Bagi Lembaga

Sebagai bahan pertimbangan dalam menyusun program perkuliahan mengenai eksperimen di Laboratorium.

#### 1.5 Batasan Masalah

Pembatasan masalah dalam penulisan Tugas Akhir ini adalah :

- a. Benda uji tekan beton yang digunakan mempunyai diameter 150 mm dan tinggi 300 mm sebanyak 3 unit.
- b. Benda uji beton untuk pengujian kuat tarik dan geser berupa pelat dengan dimensi 30 cm x 30 cm x 15 cm, mutu material beton ditentukan yaitu sebesar 25 MPa.
- c. Spesifikasi baut angkur yang digunakan memiliki diameter angkur 12 mm, panjang 120 mm, dan tegangan leleh ( $f_y$ ) 350 MPa.
- d. Baut angkur yang digunakan adalah baut tipe ekspansi merk sanko dengan jumlah 4 baut dalam satu kali pengujian

- e. Jarak antar baut angkur dan jarak pusat baut ke pinggir beton mengacu pada peraturan SNI 2847-2013
- f. Perencanaan mengacu pada Lampiran D SNI 2847-2013
- g. Pengujian yang dilakukan yaitu pengujian kuat geser. Tinjauan dilakukan pada Kuat Jebol (*Breakout*) terhadap gaya geser.
- h. Pengujian hanya dilakukan untuk mengetahui tegangan lekat yang bekerja pada metode *cast in place* dan *post installed*.

## 1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan Tugas Akhir ini dibagi menjadi tiga bagian, yaitu:

### 1.6.1 Bagian Awal terdiri dari:

- a. Halaman Judul.
- b. Halaman Pengesahan.
- c. Motto dan Persembahan.
- d. Abstrak.
- e. Kata Pengantar.
- f. Daftar Isi.
- g. Daftar Tabel.
- h. Daftar Gambar.

### 1.6.2 Bagian isi terdiri dari:

- a. BAB I – Pendahuluan

Mencakup latar belakang, rumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan

b. BAB II – Studi Pustaka

Menjelaskan tentang studi pustaka yang mendukung dalam pelaksanaan penelitian meliputi:

Beton, definisi beton, kuat tekan dan kuat geser. Angkur, jenis jenis angkur, metode cast in place, post installed, pola keruntuhan baut angkur, dan khususnya lebih menjelaskan pada kegagalan jebol (*Breakout*) beton terhadap gaya geser.

c. BAB III – Metodologi Penelitian

Jenis penelitian, lokasi dan waktu penelitian, alat dan bahan, tahapan penelitian, proses pembuatan benda uji, pengujian benda uji, pencatatan hasil pengujian.

d. BAB IV – Analisis Hasil

Menjelaskan tentang data-data yang diperoleh dari pengujian menjadi suatu grafik dan membahas tentang apa yang menjadi pada fokus penelitian.

e. BAB V – Penutup

Menjelaskan kesimpulan apa yang didapat dari penelitian yang sudah dilakukan dan memberikan saran untuk penelitian sejenis yang akan dilakukan pada masa yang akan datang.

1.6.3 Bagian Akhir terdiri dari:

a. Daftar Pustaka.

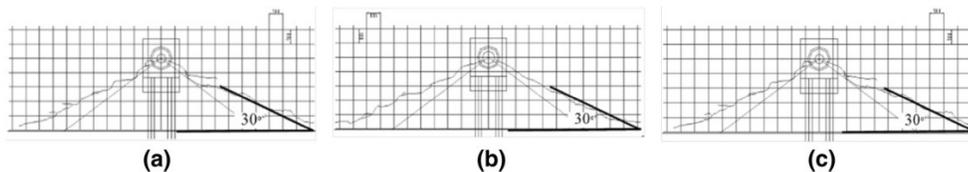
b. Lampiran

## BAB II

### KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

#### 2.1 Kajian Pustaka

Penelitian Kangsik Kim, Kwangsoo Lee, dan Gyeonghee An (2016) mengenai “Prediction of Shear Strength for Large Anchors Considering the Prying Effect and Size Effect” menghasilkan persamaan baru untuk prediksi kekuatan angkur terhadap breakout geser termasuk ukuran angkur yang besar, berdasarkan latar belakang teoritis seperti kegagalan permukaan yang jebol. Analisis elastis dilakukan dan menghasilkan bahwa efek jebol meningkat seiring dengan peningkatan ukuran angkur. Kerusakan yang terjadi pada ketiga model membentuk sudut  $30^\circ$ .

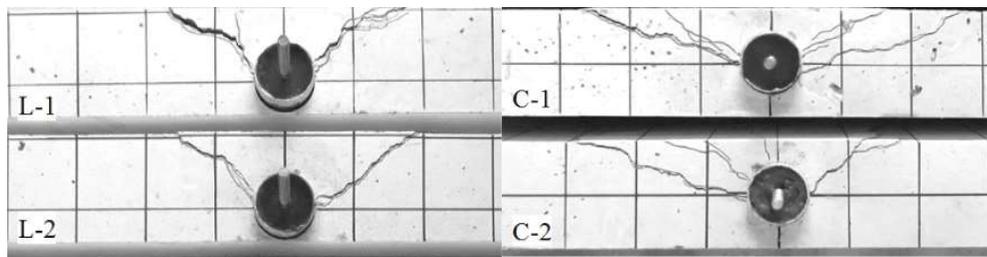


**Gambar 2.1 Hasil Percobaan Kegagalan Breakout Kangsik Kim**

(Sumber : Kangsik Kim, Kwangsoo Lee, dan Gyeonghee An, 2016)

Penelitian Sanghyun Jeon, Kim Moon-gil, Chun Sung-cheol, Jaeyeol Kim (2019) mengenai “Concrete Breakout Strength of Cast-in High-Shear Ring Anchors in Shear Installed on Sides of Slabs” menghasilkan semua spesimen mengalami kerusakan pada beton dan keretakan terjadi mulai dari

bagian luar ring angkur. Perbandingan hasil eksperimen dengan rumus prediksi menghasilkan rasio intensitas rata-rata sebesar 1,11 yang artinya rumus prediksi aman untuk digunakan dan untuk dikembangkan lagi.



**Gambar 2.2 Hasil Percobaan Kegagalan Breakout Sanghyun Jeon**

(Sumber : Sanghyun Jeon, Kim Moon-gil, Chun Sung-cheol, Jaeyeol Kim, 2019)

## 2.2 Landasan Teori

### 2.2.1 Beton

Beton (*Concrete*) yaitu campuran semen portland atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan campuran tambahan (*admixture*) (SNI-2847-2013). Menurut John Wiley dan Sons (2001) menyatakan bahwa “beton adalah suatu campuran yang terdiri dari pasir, kerikil, batu pecah, atau agregat-agregat lain yang dicampur menjadi satu dengan pasta yang terbuat dari semen dan air membentuk suatu massa mirip-batuan”.

Beton mempunyai sifat keras dan berat seperti batu, akan tetapi beton lemah terhadap kuat tarik. Sifat-sifat tersebut dipengaruhi oleh kualitas dan perbandingan dari unsur-unsur material pembuatan beton. Beton memang

lemah terhadap kuat tarik, akan tetapi apabila beton disatukan dengan baja tulangan, maka beton akan kuat terhadap tekan maupun tarik.

Menurut Ranap (2008), Baja dan beton dapat bekerja sama atas dasar beberapa hal:

1. Lekatan (bond) yang merupakan innteraksi antara baja tulangan dengan beton disekelilingnya, yang akan mencegah slip dari baja relatif terhadap beton.
  2. Campuran beton yang memadai yang memberikan sifat anti resap yang cukup dari beton untuk mencegah karat baja.
1. Kuat Tekan Beton ( $f'c$ )

Kuat tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas, diasumsikan bahwa semua tegangan tekan didukung oleh beton. Penentuan kekuatan tekan dapat dilakukan dengan menggunakan alat uji tekan dan benda uji berbentuk silinder dengan prosedur uji ASTM (American Society for Testing Materials) pada umur 28 hari (Mulyono, 2004). Pengujian kuat tekan beton, benda uji berupa silinder beton berdiameter 15 cm dan tingginya 30 cm ditekan dengan beban P sampai runtuh. Karena ada beban tekan P, maka terjadi tegangan tekan pada beton ( $\sigma_c$ ) sebesar beban (P) dibagi dengan luas penampang (A), sehingga dirumuskan:

$$\sigma_c = \frac{P}{A} \quad (\text{Pers. 2.1})$$

dengan:

$\sigma_c$  = tegangan tekan beton (MPa)

P = besar beban tekan (N)

A = luas penampang beton (mm<sup>2</sup>)

Beban P juga mengakibatkan bentuk fisik silinder beton berubah menjadi lebih pendek, sehingga timbul regangan tekan pada beton ( $\epsilon_c'$ ) sebesar perpendekan beton (L) dibagi dengan tinggi awal silinder beton ( $L_0$ ), ditulis dengan rumus:

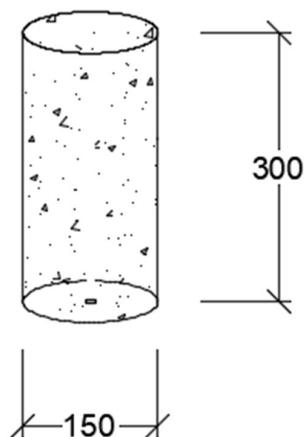
$$\epsilon_c' = \frac{L}{L_0} \quad (\text{Pers. 2.2})$$

dengan:

$\epsilon_c'$  = regangan tekan beton

L = perpendekan beton (mm)

$L_0$  = tinggi awal silinder (mm)



**Gambar 2.3 Sampel Silinder Beton pengujian Tekan**

## 2. Kuat Tarik Beton

Kuat tarik terbagi atas dua kondisi yaitu tarik belah yang dilakukan dengan *split cylinder test* dan tarik lentur kekuatan tarik beton akibat momen (modulus of rupture) (Budiono, 2000). Kuat tarik belah ( $f_{ct}$ ) adalah kuat tarik beton yang ditentukan berdasarkan kuat tekan belah dari silinder beton yang ditekan pada sisi panjangnya. Lenturan murni adalah lenturan yang terjadi pada beton dengan mengkondisikan gaya lintangnya sama dengan nol (Apriyatno H, 2000). Kuat tarik lentur beton dapat ditentukan melalui pengujian beton dengan meletakkan beton pada tumpuan sederhana.

Uji tarik beton dilakukan meliputi uji tarik beton dengan menggunakan silinder beton, diperkirakan kuat tarik belah beton kira-kira 10 % sampai 15 % dari kekuatan tekan, kuat tarik belah beton lebih sulit untuk diukur dan hasilnya berbeda-beda dari satu bahan percobaan ke bahan percobaan yang lain dibandingkan untuk silinder tekan (Sutanto dan Setiono, 1991).

Rumus yang digunakan untuk perhitungan kuat tarik belah beton adalah:

$$f_{ct} = \frac{2P}{\pi \cdot d \cdot L} \quad (\text{Pers. 2.3})$$

dengan :

$f_{ct}$  = kuat tarik belah (MPa)

P = beban pada waktu belah (N)

d = diameter benda uji silinder (mm)

$L$  = panjang benda uji silinder (mm)

$\pi$  = phi = 3,14

### 2.2.2 Pengujian Tarik Baja

Untuk mengetahui kuat Tarik baja dilakukan pengujian Tarik baja dengan menggunakan 4 spesimen dengan diameter 12 mm yang diubut hingga menjadi diameter 8 mm di bagian tengah dan dengan panjang spesimen masing masing 300 mm, sehingga didapatkan grafik tegangan dan regangan baja.

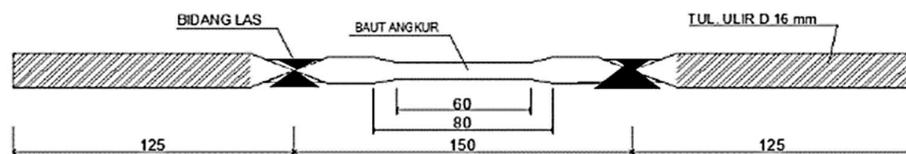
$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (\text{Pers. 2.4})$$

dengan :

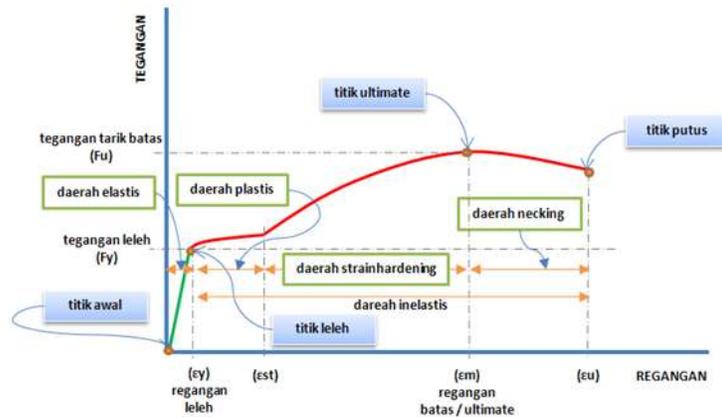
$\sigma$  = Tegangan

$P$  = Tekanan

$A$  = Luas penampang



**Gambar 2.4 Benda Uji Tarik Baja**



**Gambar 2.5 Diagram Tegangan Regangan Hasil Uji Tarik Baja**

(Sumber : <http://kampustekniksipil.blogspot.com>)

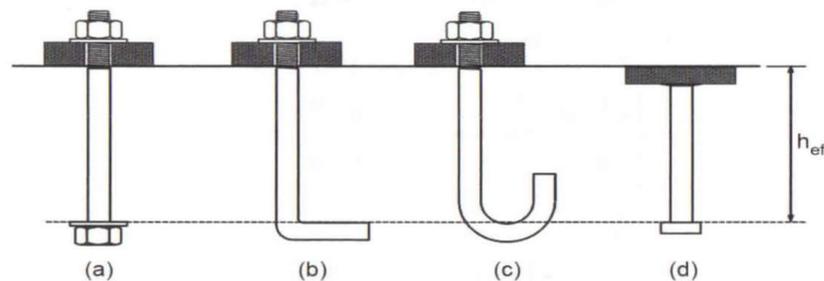
### 2.2.3 Angkur

Angkur merupakan elemen baja yang ditanam dalam beton sebelum dicor (cast in place) atau dipasang kemudian (post-installed) ke dalam beton yang mengeras dan digunakan untuk menyalurkan beban (tarik dan geser) yang bekerja ke beton (SNI 2847:2019). Menurut Appendix D (ACI 2011) dikenal dua jenis angkur berdasarkan cara pemasangannya, yaitu cor ditempat (*cast in place*) dan pasca pasang (*post installed*). 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.

## 2.2.4 Jenis Jenis Angkur

### 2.2.4.1 *Cast-In Place*

Sebelum melakukan pengecoran beton, baut angkur dipasang pada posisi tertentu sesuai dengan perencanaan. Setelah posisi baut angkur diatur, cor beton dituangkan ke dalam bekisting yang sudah disediakan. Tipe-tipe baut angkur yang dipasang secara cast in place sebagai berikut :



**Gambar 2.6 Jenis - Jenis Baut Tipe *Cast In Place***

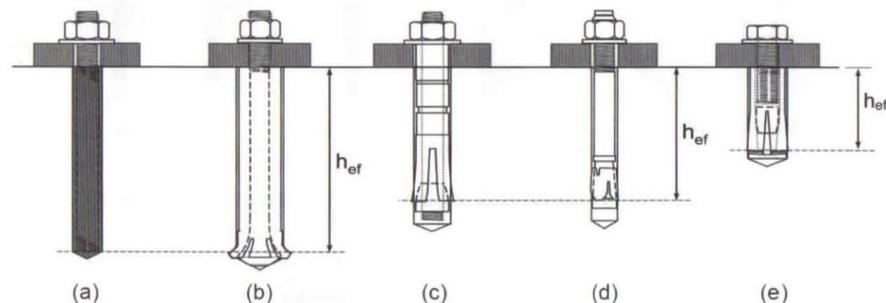
(Sumber : Wiryanto Dewobroto, 2015)

- a. Baut Segienam Dan Ring
- b. Baut-L
- c. Baut-J
- d. Stud

### 2.2.4.2 *Post Installed*

Pada sistem pemasangan baut angkur secara *post installed* berbeda dengan *cast in place*. Pada pemasangan baut angkur secara *post installed* dimana beton sudah mengeras, tetapi baut angkur belum terpasang pada

struktur beton tersebut. Sehingga diperlukan adanya pengeboran untuk pemasangan baut angkur. Biasanya hal ini dilakukan, karena adanya perkuatan struktur atau renovasi struktur. Secara umum baut angkur tipe *post installed* ada beberapa jenis, yaitu:



**Gambar 2.7 Jenis - Jenis Baut Tipe *Post Installed***

(Sumber : Wiryanto Dewobroto, 2015)

- a. Angkur Adesif
- b. Angkur Bertakik
- c. Angkur Terkontrol Puntir Tipe Selongsong
- d. Angkur Terkontrol Puntir Tipe Stud
- e. Angkur Terkontrol Perpindahan

### 2.2.5 Pola Pola Keruntuhan Baut Angkur

Pemasangan baut yang lebih dari satu, maka baut angkur yang dipasang berdekatan dengan jarak kurang dari spasi kritisnya harus memperhitungkan kekuatan pengaruh kelompoknya.

Adapun spasi kritis pemasangan baut angkur untuk bekerja individu atau kelompok tergantung dari pola keruntuhan yang ditinjau.

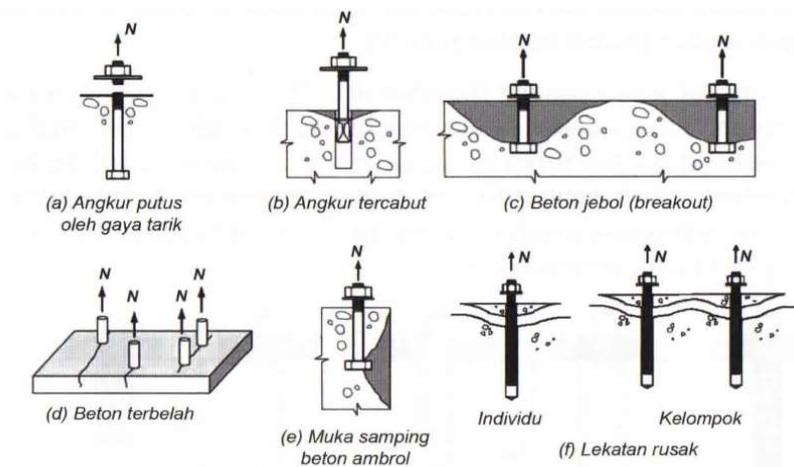
**Tabel 2.1 Spasi Kritis Pemasangan Baut**  
(Sumber : Wiryanto Dewobroto, 2015)

Pola keruntuhan yang ditinjau	Spasi kritis
Beton jebol terhadap tarik	$3h_{ef}$
Lekatan rusak terhadap tarik	$2C_{Na}$
Beton jebol terhadap geser	$3C_{a1}$

Salah satu upaya agar tidak terjadi kerusakan pada beton, baut angkur dipasang dengan jarak minimum  $6d_a$  dari angkur lain atau dari tepi beton. (Wiryanto,2015)

### 2.2.5.1 Pola Keruntuhan Akibat Gaya Tarik

Ada beberapa pola keruntuhan akibat gaya tarik, yaitu



**Gambar 2.8 Jenis - Jenis Keruntuhan Akibat Gaya Tarik**

(Sumber : Wiryanto Dewobroto, 2015)

a. Angkur Putus Oleh Gaya Tarik

Kegagalan yang terjadi pada kondisi tarik adalah baut mengalami putus ketika tegangan tarik mencapai kondisi ultimit yang tidak mampu ditahan oleh baut angkur. Kuat tarik rencana baut angkur  $\phi N_s$  ditentukan dari mutu bahan material dan dimensi fisik, dihitung berdasarkan persamaan berikut. (Wiryanto, 2015).

b. Angkur Tercabut (*Pullout*)

Keruntuhan yang terjadi pada baut akibat gaya tarik, dimana baut terlepas keseluruhan dari betonnya.

c. Beton Jebol (*Breakout*)

Akibat gaya tarik yang diberikan, dengan kekuatan baut yang lebih tinggi daripada betonnya, maka kegagalan akan terjadi pada beton seperti terlihat pada dimana posisi baut berada di tengah dan beton terangkat ke atas.

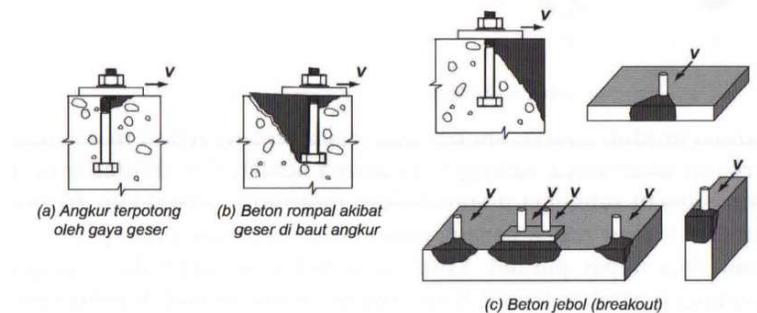
d. Beton Terbelah (*Splitting*)

e. Muka Samping Beton Ambrol (*Sideface Blowout*)

Pengaruh kuat ambrol tergantung pada kedalaman penyaluran, jarak tepi ke beton dan luas proyeksi kegagalan.

### 2.2.5.2 Pola Keruntuhan Akibat Gaya Geser

Ada beberapa pola keruntuhan akibat gaya geser, yaitu :



**Gambar 2.9 Jenis - Jenis Keruntuhan Akibat Gaya Geser**

(Sumber : Wiryanto Dewobroto, 2015)

#### a. Angkur Terpotong Oleh Gaya Geser

Kerusakan akibat geser terjadi karena beton dan baut mempunyai kekuatan yang sama, baut bersifat duktail dan terus mengalami deformasi hingga apabila beban geser diberikan secara terus-menerus maka lama kelamaan baut akan putus.

#### b. Beton Rempal (*Pryout*) Akibat Geser

Terjadi akibat baut mempunyai kekuatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan betonnya, sehingga apabila diberikan gaya geser maka baut akan tetap utuh sedangkan beton akan terkoyak.

#### c. Beton Jebol (*Breakout*) Akibat Geser

Kerusakan ini biasanya terjadi akibat letak baut angkur dekat dengan tepi bebas. Kerusakan pada beton yang mengalami pecah pada bagian tepi akibat gaya geser yang membentuk sudut sekitar  $35^\circ$ .

### 2.2.6 Beton Jebol (*Breakout*) Akibat Geser

Kuat jebol beton (*breakout*) biasanya terjadi ketika jarak baut angkur dekat dengan tepi bebas. Sudut  $\alpha$  besarnya tergantung dari jarak tepi, yang berarti sudut kecil jika jarak pusat baut angkur sampai ke tepi kecil, dan juga sebaliknya.

Kuat jebol beton rencana terhadap geser dari baut angkur adalah  $\phi V_{cb}$  (tunggal) atau  $\phi V_{cbg}$  (kelompok). Adapun kuat jebol nominal baut angkur, yaitu :

- a) Untuk gaya geser yang tegak lurus terhadap tepi pada angkur tunggal

$$V_{cb} = \frac{AV_c}{AV_{co}} \cdot \psi_{ed}, V \cdot \psi_c, V \cdot \psi_h, V \cdot V_b \quad (\text{Pers. 2.5})$$

- b) Untuk gaya geser yang tegak lurus terhadap tepi pada kelompok angkur

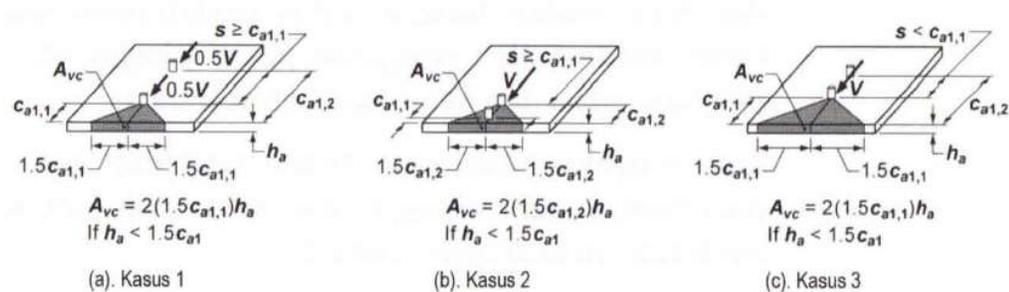
$$V_{cb} = \frac{AV_c}{AV_{co}} \cdot \psi_{ec}, V \cdot \psi_{ed}, V \cdot \psi_c, V \cdot \psi_h, V \cdot V_b \quad (\text{Pers. 2.6})$$

- c) Untuk gaya geser yang sejajar terhadap tepi,  $V_{cb}$  atau  $V_{cbg}$  diizinkan sebesar dua kali nilai gaya geser ditentukan berturut turut oleh Pers. (D-30 SNI 2847:2013) atau (D-31 SNI 2847:2013), dengan gaya geser yang diasumsikan bekerja tegak lurus terhadap tepi dan dengan  $\psi_{ed}, V$  diambil sama dengan 1,0.
- d) Untuk angkur yang terletak di sudut, batas kekuatan jebol beton nominal harus ditentukan untuk setiap tepi, dan nilai minimum harus digunakan.

dimana :

- $\phi$  : Faktor reduksi kuat rompal beton terhadap geser dari baut angkur, sebesar 0.75 untuk Kondisi-A (dipasang tulangan tambahan), dan 0.70 untuk Kondisi-B jika hanya beton saja, tanpa tulangan.
- $A_{vc}$  : Luas proyeksi kerusakan beton terhadap geser dari baut angkur tunggal untuk perhitungan jika tidak dibatasi oleh pengaruh posisi pinggir atau pojokan, spasi dan ketebalan beton ( $\text{mm}^2$ )
- $A_{vco}$  : Luas proyeksi kerusakan beton terhadap geser dari baut angkur tunggal atau kelompok, untuk perhitungan kuat geser ( $\text{mm}^2$ )

Untuk memperhitungkan  $A_{vc}$  dari baut angkur kelompok ada beberapa kasus yang bisa terjadi, yaitu :



**Gambar 2.10 Kasus Untuk Memperhitungkan  $A_{vc}$**

(Sumber : Wiryanto Dewobroto, 2015)

Kasus 1 : Asumsi pertama, dianggap 1/2 gaya geser terdistribusi pada baut angkur paling depan pada luas bidang proyeksinya. Parameter kuat jebol beton terhadap geser diambil  $C_{a1,1} = C_{a1}$

Kasus 2 : Asumsi ke dua, dianggap gaya geser total terdistribusi sekaligus pada luas bidang proyeksinya, tetapi ini hanya berlaku jika baut angkur dilas pada pelat penghubungnya secara kaku. Parameter kuat jebol beton terhadap geser diambil  $C_{a1.1} = C_{a1}$

Kasus 3 : Jika  $s < C_{a1.1}$  maka semua gaya geser dipikul baut angkur terdepan pada luas bidang proyeksinya. Parameter kuat jebol beton terhadap geser diambil ,  $C_{a1.1} = C_{a1}$ . Tetapi ini tidak berlaku jika baut angkur dilas kaku dengan pelat penghubungnya.

Sedangkan untuk memperhitungkan  $A_{vco}$  digunakan rumus perhitungan

$$A_{vco} = 4,5(C_{a1})^2$$

Kekuatan jebol (Breakout) beton dasar dalam kondisi geser pada beton retak,  $V_b$  adalah nilai terkecil dari dua persamaan berikut :

$$V_b = 0.6 \left( \frac{l_e}{d_a} \right)^{0.2} \sqrt{d_a} \lambda_a \sqrt{f'_c} (c_{a1})^{1.5} \quad (\text{Pers. 2.7})$$

atau

$$V_b = 3.7 \lambda_a \sqrt{f'_c} (c_{a1})^{1.5} \quad (\text{Pers. 2.8})$$

dimana :

- $l_e$  : panjang tumpu angkur terhadap geser,  $l_e = h_{ef}$  untuk panjang dengan kekakuan konstan, atau  $l_e = 2d_a$  untuk angkur pasca pasang kontrol torsi, untuk semua kasus  $l_e \leq 8d$  .

## 2.2.7 Uji Statistik

Ada 2 buah uji statistik yang diperlukan untuk membandingkan antara 2 garis regresi linear sederhana, yaitu:

### 2.2.7.1 Uji Statistik Untuk Mengetahui Apakah Kedua Garis Regresi

#### Paralel

Uji ini untuk mengetahui apakah kedua garis regresi memiliki nilai kemiringan yang sama. Jika nilai kemiringannya sama, maka bisa dipastikan bahwa kedua garis itu paralel. Oleh karena itu, uji ini juga dikenal sebagai uji untuk mengetahui apakah kedua garis regresi paralel.

Tahap tahap uji garis regresi paralel adalah sebagai berikut :

- a. Menentukan hipotesa nol ( $H_0$ ) dan hipotesa alternatif ( $H_1$ )

$$H_0 : \beta_1 = \beta_2 \text{ (kedua garis regresi paralel)}$$

$$H_1 : \beta_1 \neq \beta_2 \text{ (kedua garis regresi tidak paralel)}$$

- b. Menghitung statistik uji t menggunakan rumus sebagai berikut :

$$t = \frac{(b_1 - b_2)}{\sqrt{\text{var}(b_1 - b_2)}} \quad (\text{Pers. 2.9})$$

dimana :

$$\text{var}(b_1 - b_2) = \frac{S_p^2}{\sum (X_1 - \bar{X}_1)^2} + \frac{S_p^2}{\sum (X_2 - \bar{X}_2)^2}$$

$$S_p^2 = \frac{JKS_1 + JKS_2}{(n_1 - 2) + (n_2 - 2)}$$

$$JKS_1 = \sum (Y_1 - \bar{Y}_1)^2 - \frac{\sum (X_1 - \bar{X}_1)(Y_1 - \bar{Y}_1)}{\sum (X_1 - \bar{X}_1)^2}$$

$$JKS_2 = \sum (Y_2 - \bar{Y}_2)^2 - \frac{(\sum (X_2 - \bar{X}_2)(Y_2 - \bar{Y}_2))^2}{\sum (X_2 - \bar{X}_2)^2}$$

- c. Menghitung nilai tingkat signifikansi dari nilai absolut statistik uji  $t = |t|$  untuk menggunakan distribusi t Student untuk dua ekor dengan derajat bebas  $db = n_1 + n_2 - 4$ .

Nilai signifikansi ini dikenal juga sebagai nilai p yaitu titik kritis nilai kemungkinan mulai menolak  $H_0$ .

- d. Menarik kesimpulan:

Dalam praktek, biasanya dipilih tingkat signifikansi 5%, sehingga bila nilai  $p < 5\%$  maka  $H_0$  ditolak. Sebaliknya, bila  $p > 5\%$ , maka  $H_0$  diterima.

#### 2.2.7.2 Uji Statistik Untuk Mengetahui Apakah Kedua Garis Regresi

##### Berhimpit

Uji ini untuk mengetahui apakah kedua garis regresi memiliki intersep yang sama. Uji ini hanya dilakukan bila kedua garis regresi memiliki nilai kemiringan yang tidak berbeda nyata ( $\beta_1 = \beta_2$ ). Bila dua garis regresi memiliki nilai kemiringan dan intersep yang sama ( $\beta_1 = \beta_2$  dan  $\alpha_1 = \alpha_2$ ), maka kedua garis regresi tersebut sama atau berhimpit.

Tahap tahap uji garis regresi berhimpit adalah sebagai berikut :

- a. Menentukan hipotesa nol ( $H_0$ ) dan hipotesa alternatif ( $H_1$ )

$H_0 : \beta_1 = \beta_2$  (kedua garis regresi berhimpit)

$H_1 : \beta_1 \neq \beta_2$  (kedua garis regresi tidak berhimpit)

- b. Menghitung nilai kemiringan gabungannya ( $b_s$ ) menurut rumus :

$$b_s = \frac{\sum(x_1 - \bar{x}_1)(y_1 - \bar{y}_1) + \sum(x_2 - \bar{x}_2)(y_2 - \bar{y}_2)}{\sum(x_1 - \bar{x}_1)^2 + \sum(x_2 - \bar{x}_2)^2} \quad (\text{Pers. 2.10})$$

- c. Menghitung statistik uji t menggunakan rumus sebagai berikut :

$$t = \frac{(\bar{Y}_1 - \bar{Y}_2) - b_f(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)}{\sqrt{S_p^2 \left( \frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} + \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)^2}{\sum (X_1 - \bar{X}_1)^2 + \sum (X_2 - \bar{X}_2)^2} \right)}} \quad (\text{Pers. 2.11})$$

- d. Menghitung nilai tingkat signifikansi dari nilai absolut statistik uji  $t = |t|$  untuk menggunakan distribusi t Student untuk dua ekor dengan derajat bebas  $db = n_1 + n_2 - 3$ .

- e. Menarik kesimpulan:

Dalam praktek, biasanya dipilih tingkat signifikansi 5%, sehingga bila nilai  $p < 5\%$  maka  $H_0$  ditolak. Sebaliknya, bila  $p > 5\%$ , maka  $H_0$  diterima.

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian adalah metode eksperimental laboratorium, yaitu suatu pengujian yang dilakukan di laboratorium untuk mendapatkan hasil yang diinginkan. Benda uji yang dibuat adalah benda uji beton berbentuk pelat dengan ukuran 30 cm x 30 cm x 15 cm sebanyak 6 buah, dimana 3 buah untuk pengujian dengan metode *cast in place* dan 3 buah untuk pengujian metode *post installed*.

Dalam penyusunan tugas akhir ini, penulis menyusun langkah-langkah yang akan dilakukan agar penulisan tugas akhir menjadi sistematis dan teratur. Oleh karena itu diperlukan suatu langkah-langkah penelitian yang akan dijelaskan sebagai berikut

#### 3.2 Lokasi Penelitian

Pada penelitian mengenai “Perilaku Kegagalan Jebol (*Breakout*) Pada Baut Angkur Pukul Sanko Terhadap Perbandingan Kekuatan Metode Pemasangan *Cast-In Place* dan *Post Installed* Pada Beton Mutu 25 MPa” akan membuat benda uji yang sesuai dengan desain dan diadakan pengujian metode *cast in place* dan metode *post installed* dengan gaya geser baut pada benda uji yang akan dilaksanakan di Laboratorium Bahan, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Negeri Semarang.

### 3.3 Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan terhitung dari tahap perencanaan penelitian, pelaksanaan penelitian, sampai pembuatan laporan penelitian. Penelitian akan dilaksanakan di bulan Januari 2020 sampai dengan bulan Juli 2020.

### 3.4 Alat dan Bahan

Selama penelitian dilaksanakan akan ada beberapa alat dan bahan yang digunakan.

- a. Pada tahap perencanaan alat yang digunakan yaitu alat bantu hitung berupa aplikasi Mathcad v.15 dan alat bantu gambar berupa aplikasi Autocad 2013.
- b. Pada tahap pembuatan benda uji dan pengujian, cukup banyak alat dan bahan yang akan digunakan, yaitu :

**Tabel 3.1 Alat dan Bahan Perlengkapan Pengujian**

Alat :	Bahan :
1. Alat uji <i>Loading Frame</i>	1. Beton Ready Mix
2. <i>Dial gauge</i>	2. Angkur tipe Ekspansi
3. <i>Load cell</i>	3. Papan triplek
4. Palu	4. Base Plate
5. Meteran Ukur	
6. Bor	

- c. Sedangkan pada tahap terakhir, alat yang digunakan yaitu alat bantu hitung untuk membantu menganalisis hasil data yang didapatkan dari pengujian.

### 3.5 Langkah – Langkah Penelitian

Pada langkah ini dilakukan perencanaan penelitian. Perencanaan meliputi penetapan setiap komponen pada benda uji, yaitu : penentuan mutu beton, mutu baja baut angkur, jarak antar baut angkur, jarak baut angkur ke tepi beton, hingga penentuan apa saja yang ingin penulis teliti. Perencanaan baut angkur mengacu pada ketentuan yang tertera pada SNI 2847:2013.

Selanjutnya langkah melakukan pembuatan dan pengujian benda uji. Langkah-langkah ini meliputi

- a. Pengadaan dan pengujian material angkur
- b. Perakitan benda bekesting untuk membentuk beton sesuai dengan desain pada tahap perencanaan.
- c. Penyesuaian tata letak baut angkur sesuai dengan desain pada tahap perencanaan.
- d. Pembuatan beton dan pengujian beton sesuai dengan desain pada tahap perencanaan.
- e. Pemisahan antara benda uji untuk pengujian metode *cast in place* dan metode *post installed*.

- f. Setelah beton cukup umur untuk dilakukan pengujian, maka baseplat dan baut angkur dengan metode *post installed* dipasang dengan beton dilubangi terlebih dahulu menggunakan alat bor.
- g. Setelah semua persiapan untuk dilakukan pengujian siap, maka pengujian siap dilaksanakan.

Selanjutnya langkah melakukan analisis data. Data data yang telah diambil pada tahap pengujian, pada tahap ini dianalisis se-demikian rupa sehingga apa yang telah menjadi tujuan penelitian tercapai.

### 3.5.1 Pengujian Material Baut Angkur

Pengujian material baut angkur dilakukan untuk memperoleh nilai  $f_y$  dan  $f_u$  yang akan digunakan dalam tahap perencanaan. Pengujian material baut memiliki langkah langkah sebagai berikut :

- a. Persiapan baut angkur tipe angkur ekspansi dengan diameter 12 mm dan panjang baut angkur 100 mm



**Gambar 3.1** Baut Angkur Tipe Ekspansi

(Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2020)

- b. Dengan tujuan agar putus pas di area tengah maka harus dibubut dengan diameter yang diinginkan untuk area tengah menjadi diameter 8 mm dan diameter yang aslinya masih 12 mm. dengan panjang yang dibubut 80 mm



**Gambar 3.2** Baut Angkur Yang Sudah Dibubut

(Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2020)

- c. Dikarenakan mesin yang digunakan untuk uji tarik mengharuskan untuk menggunakan sampel benda uji yang panjang maka dilakukan penyambungan pada sisi atas dan bawah. Diperoleh panjang total 30 cm, penyambungan dengan menggunakan las listrik.
- d. Melakukan pengujian material dengan uji tarik baut angkur untuk memperoleh  $f_y$ , menggunakan Mesin Uji Tarik UTM (Universal Testing Mechine) di Laboratorium pengujian Bahan Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang.
- e. Setelah pengujian baut angkur selesai diperoleh kuat leleh baja angkur yaitu sebesar  $f_y$  320 MPa dan  $f_u$  350 MPa



**Gambar 3.3 Baut Yang Sudah Diuji Tarik**

(Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2020)

### 3.5.2 Pengujian Material Beton

Sebagai tempat dimana nantinya angkur akan diletakkan, maka mutu beton juga harus diperhatikan. Mutu beton yang akan digunakan yaitu  $f'c$  25 MPa sesuai pada tahap perencanaan. Benda uji beton yang digunakan berbentuk silinder, sesuai dengan perencanaan yaitu 30 cm x 30 cm x 15 cm.

Langkah-langkah pengujian beton yaitu :

- a. Beton yang digunakan yaitu beton *ready mix* sehingga mutu yang dihasilkan sesuai dengan yang diharapkan.
- b. Pembuatan beton harus ada 6 sampel beton untuk pengujian dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm
- c. Pembuatan benda uji beton sebanyak 6 buah menggunakan bekisting yang sesuai dengan SNI 1974-2011 yaitu berbentuk silinder yang berdimensi 150 mm x 300 mm dengan menuang beton segar secara bertahap hingga penuh.



**Gambar 3.4 Pembuatan Benda Uji Silinder Beton**

(Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2020)

- d. Keluarkan beton yang sudah mengeras dan lakukan proses curing dengan cara perendaman dalam bak air.
- e. Timbang setiap benda uji dan catat berat dari masing masing benda uji
- f. Lakukan perataan permukaan atas silinder beton dengan cara *capping* dengan menggunakan belerang agar beban tersalurkan secara merata pada permukaan beton.
- g. Lakukan pengujian dengan menggunakan alat uji tekan hingga beton mengalami kerusakan. Lakukan pengujian untuk semua benda uji. Catat hasil beban maksimal dari setiap pengujian.

### 3.5.3 Perawatan Beton

*Curing* atau perawatan beton bertujuan untuk menjaga supaya beton tidak terlalu cepat kehilangan air, atau sebagai tindakan menjaga kelembapan dan suhu beton. Kualitas dan durasi perawatan beton berpengaruh pada kekuatan beton, keawetan struktur beton, kekedapan air beton, ketahanan permukaan beton, dan kestabilan volume.

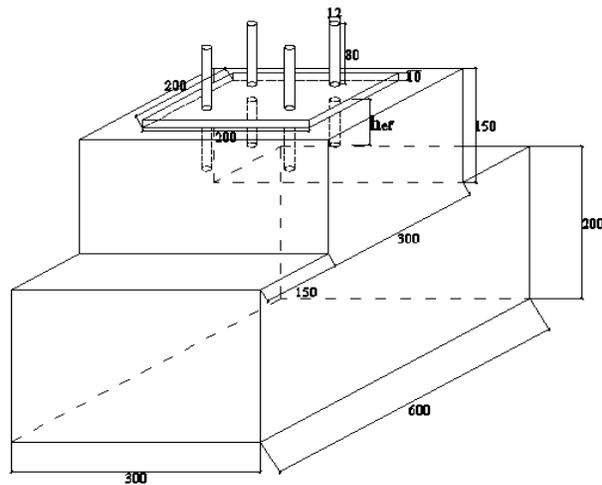
Menurut SNI 2847-2013 perawatan beton normal harus dilakukan diatas suhu 10° dan dalam kondisi lembab dilakukan sekurang kurangnya 7 hari setelah pengecoran. Menurut ACI 318 mensyaratkan curing dilakukan sampai tercapai minimal 70% kuat tekan beton ( $f_c'$ ) yang disyaratkan

Ada beberapa metode yang digunakan untuk perawatan beton di lapangan antara lain :

- a. Membasahi permukaan dengan air secara berkala selama perawatan
- b. Merendam beton dengan air
- c. Menutup permukaan beton dengan bahan yang dapat mengurangi penguapan dan dibasahi secara berkala
- d. Menggunakan material khusus untuk perawatan beton (*curing compound*)

#### 3.5.4 Pengujian Kuat Jebol (*Breakout*) Beton Terhadap Geser

Penelitian ini memfokuskan pada kuat breakout beton terhadap gaya geser. Untuk mendapatkan hasil yang sesuai dengan apa yang diteliti, maka pengujian harus sesuai dengan perencanaan awal. Sebagai batasan pengujian, adapun persyaratan sebagai berikut :



**Gambar 3.5 Desain Perencanaan Benda Uji**

- a. Pengujian akan dilakukan dengan 2 metode, yaitu *cast in place* dan *post installed*.
- b. Dibutuhkan benda uji sebanyak 3 buah untuk masing masing metode pengujian.
- c. Penggunaan baut angkur tipe angkur ekspansi dengan diameter 12mm dan panjang 100mm.
- d. Panjang baut angkur yang masuk kedalam beton ( $h_{ef}$ ) ditentukan sebesar 60mm
- e. Untuk spasi jarak antar baut maupun jarak baut ke tepi beton harus memenuhi syarat yang ada pada SNI 2847:2013 yaitu sebesar  $6d_a$ .
- f. Perencanaan yang sudah dibuat sebelumnya, jarak antar baut ( $s_1$ ) ditentukan sebesar 100mm dan jarak baut ke tepi beton ( $C_{a1}$ ) sebesar 100mm.
- g. Base plate dengan tebal 16mm digunakan sebagai media dimana gaya akan diberikan.

Adapun langkah langkah dalam pengujian benda uji adalah sebagai berikut :

- a. Menyiapkan semua bahan yang akan dibutuhkan.
- b. Pembuatan bekesting untuk membentuk beton sesuai dengan desain perencanaan.
- c. Untuk benda uji dengan metode *cast in place* maka baut angkur ditancapkan pada bekesting. Untuk benda uji dengan metode *post installed* pada bekesting diberi lubang dan tanda untuk dilakukan pengeboran saat beton telah mengeras
- d. Dilakukan pengecoran dengan menggunakan beton *ready mix*.

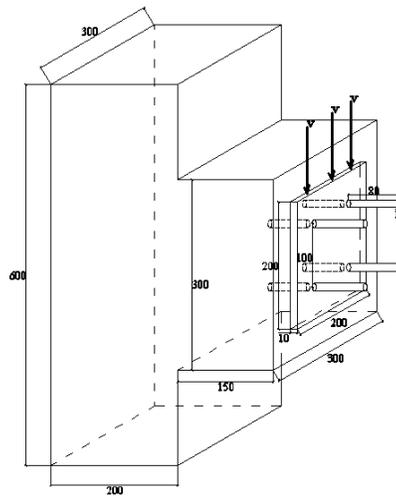


**Gambar 3.6 Pengecoran Beton *Ready Mix***

(Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2020)

- e. Dilakukan perawatan beton dengan menggunakan bahan yang dapat mengurangi penguapan, contohnya karung goni atau menggunakan geotextile *non woven* dan dibasahi secara berkala.
- f. Perawatan beton dilakukan sampai tercapainya minimal 70% dari kuat tekan rencana.

- g. Pada beton umur 28 hari atau lebih dilakukan pengeboran pada tanda yang telah diberikan.
- h. Pengeboran dilakukan menggunakan alat bor yang sudah disesuaikan dengan kedalaman baut yang akan tertanam ke beton sesuai pada tahap perencanaan.
- i. Tancapkan baut angkur pada lubang yang sudah dibuat sebelumnya.
- j. Susun benda uji pada alat uji *frame* sehingga pengujian dapat dilaksanakan.
- k. Lakukan pengujian geser pada hari yang sama untuk kedua metode di Laboratorium Bahan, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Negeri Semarang.

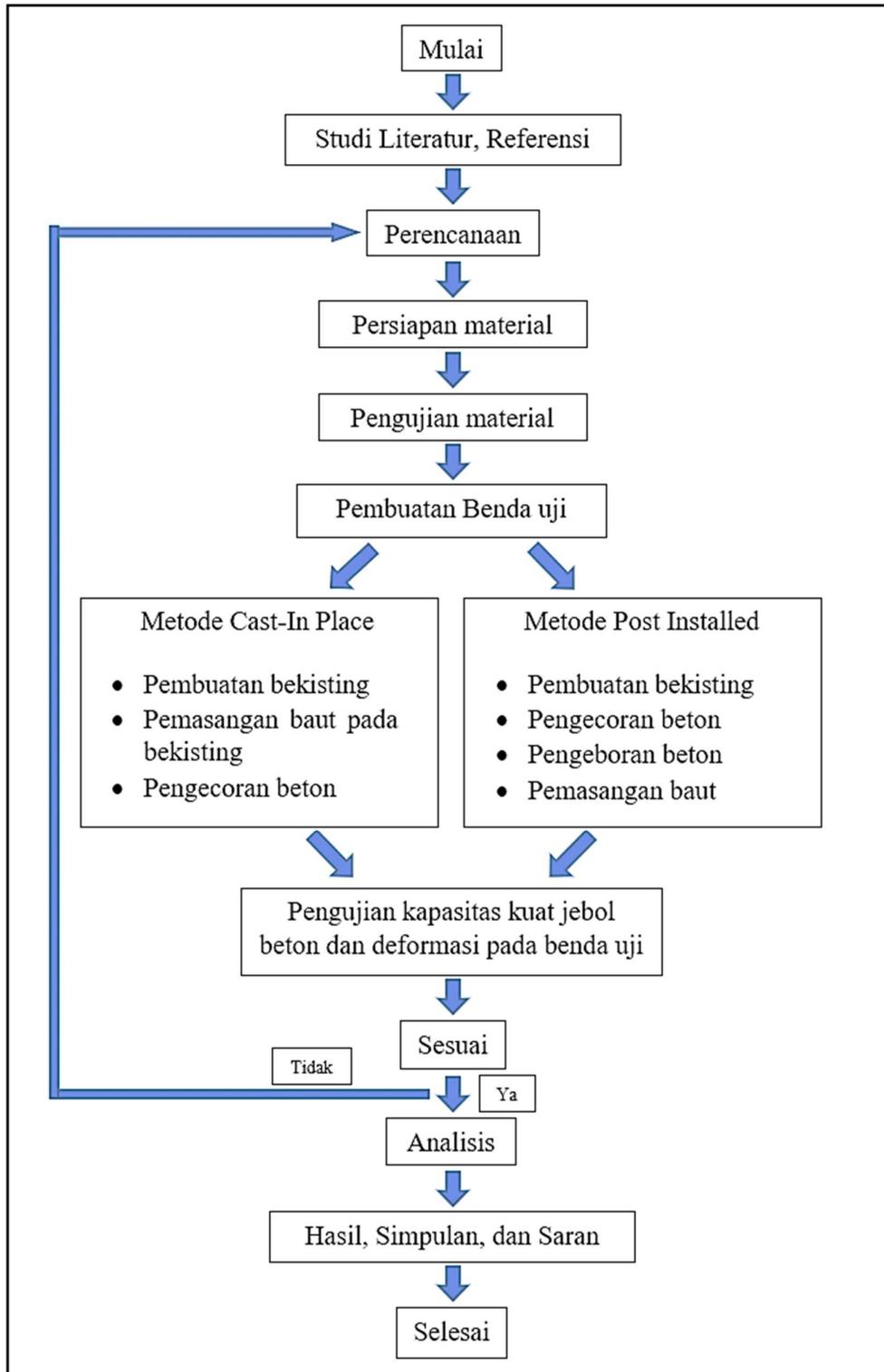


**Gambar 3.8 Arah Gaya Yang Diberikan Untuk Pengujian**

- 1. Catat semua data yang dibutuhkan untuk melakukan analisis.

### 3.5.5 Bagan Alir Penelitian

Langkah – langkah penelitian yang sudah dijelaskan, dapat dipersingkat dengan menjadikannya bagan alir penelitian. Berikut adalah bagan alirnya.



**Gambar 3.8 Bagan Alir Penelitian**

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Pengujian Kuat Tarik Angkur

Pengujian kuat tarik angkur dilakukan dengan menggunakan UTM (Universal Testing Machine) di Laboratorium Teknik Mesin, Universitas Negeri Semarang. Benda uji tarik angkur menggunakan angkur M12x150 diameter 12 mm, panjang 150 mm, disambung baja ulir tulangan diameter 16 mm sehingga panjang keseluruhan menjadi 300 mm dan dibubut agar terjadi putus di area tengah. Penyambungan dengan cara dilas dan benda uji seperti pada **Gambar 2.4**. Dari hasil pengujian tersebut didapatkan hasil sebagai berikut :

**Tabel 4.1 Hasil Kuat Tarik Angkur**

NO. BENDA UJI	D <sub>0</sub> (MM)	ΔL (MM)	L (MM)	F <sub>Y</sub> (MPA)	F <sub>U</sub> (MPA)	REGANG AN (%)
1	8	4.2	400	310	358	1.05%
2	8	5.2	400	385	425	1.30%
3	8	4.5	400	345	375	1.13%
4	8	4.5	400	310	375	1.13%
<b>RATA-RATA</b>		4.6		337.5	383.25	1.15%

Berdasarkan hasil pengujian yang ditunjukkan pada **Tabel 4.1** maka dari empat sampel benda uji tarik, maka dapat diambil rata-rata kuat tarik dari

angkur tersebut adalah 337.5 MPa untuk tegangan leleh ( $f_y$ ) dan 383 MPa untuk tegangan ultimate ( $f_u$ ). Untuk regangan rata rata dari keempat sampel benda uji yaitu 1.15%.

## 4.2 Pengujian Beton

### 4.2.1 Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan di Bonindo Batching Plant, Leyangan, Ungaran Timur, Kab. Semarang. Dari hasil pengujian tersebut didapatkan hasil sebagai berikut :

**Tabel 4.2 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton**

<b>NO. BENDA UJI</b>	<b>UMUR (HARI)</b>	<b>D (MM)</b>	<b>H (MM)</b>	<b>KOKOH TEKAN (MPA)</b>	<b>KOKOH SILINDE R 28 HARI (MPA)</b>
<b>1</b>	40	150	300	30.763	29.616
<b>2</b>	40	150	300	24.187	23.286
<b>3</b>	40	150	300	25.127	24.190
<b>RATA-RATA</b>				26.692	25.698

Berdasarkan hasil pengujian yang ditunjukkan pada **Tabel 4.2** maka dari 3 sampel benda uji tekan dapat diambil rata-rata kuat tekan beton yaitu sebesar 25.69 MPa

#### 4.2.2 Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan di Bonindo Batching Plant, Leyangan, Ungaran Timur, Kab. Semarang. Dari hasil pengujian tersebut didapatkan hasil sebagai berikut :

**Tabel 4.3 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton**

<b>NO. BENDA UJI</b>	<b>UMUR (HARI)</b>	<b>D (MM)</b>	<b>H (MM)</b>	<b>KOKOH TEKAN (MPA)</b>	<b>KOKOH SILINDE R 28 HARI (MPA)</b>
<b>1</b>	40	150	300	2.575	2.479
<b>2</b>	40	150	300	2.659	2.560
<b>3</b>	40	150	300	2.787	2.683
<b>RATA-RATA</b>				2.674	2.574

Berdasarkan hasil pengujian yang ditunjukkan pada **Tabel 4.3** maka dari 3 sampel benda uji tekan dapat diambil rata-rata kuat tarik belah beton yaitu sebesar 2.574 MPa. Hasil tersebut telah memenuhi syarat batas kuat geser sebesar 10 – 15 % dari kuat tekan beton yaitu sebesar 10.02%.

#### 4.3 Tinjauan Teoritis

Pada perencanaan struktur berbasis kuat batas, maka setiap pola keruntuhan perlu ditinjau, kekuatan terkecil yang menentukan. Dengan

konsep yang seperti itu, maka perilaku keruntuhan yang terjadi dapat diprediksi terlebih dahulu dan dapat dipastikan apakah keruntuhannya bersifat duktail, sehingga faktor keamanan yang sesuai dapat diberikan. Kuat baut angkur terhadap gaya geser berdasarkan berbagai kondisi batas dari pola keruntuhannya telah dilakukan perhitungan dan didapatkan hasil sebagai berikut :

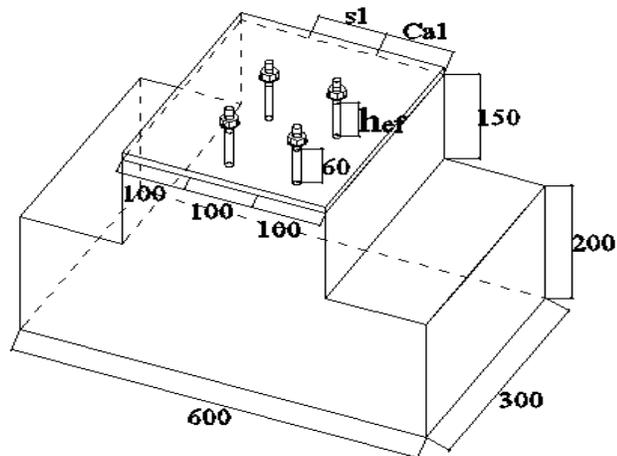
a) Data yang digunakan untuk melakukan perhitungan

#### Spesifikasi Baut

$n := 4$		$h_{ef} := 60$	mm
$d_a := 12$	mm	$c_{a.1} := 100$	mm
$f_y := 335$	MPa	$s_1 := 100$	mm
$f_u := 383$	MPa	$s_2 := 100$	mm

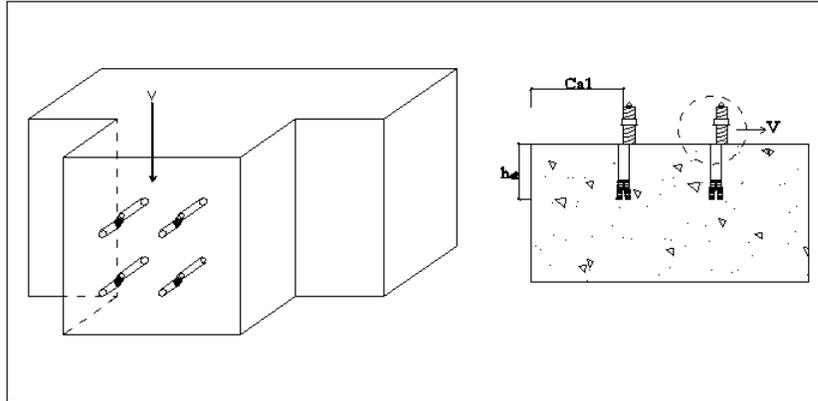
#### Spesifikasi Beton :

$f_c' := 25.6$	MPa
----------------	-----



**Gambar 4.1 Benda Uji *Breakout* Geser**

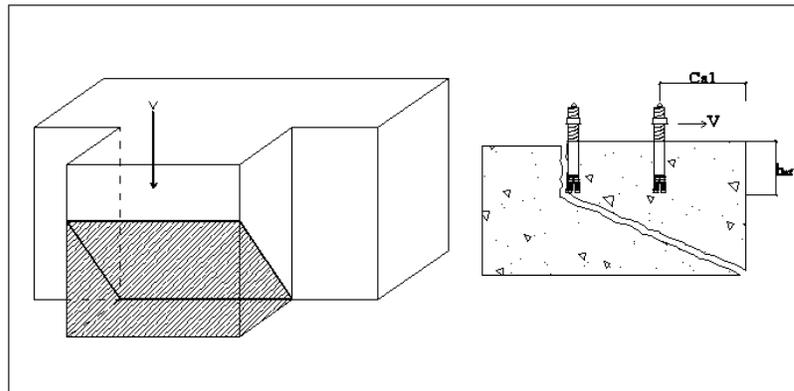
## b) Kuat Baut Angkur Terhadap Gaya Geser



Gambar 4.2 Kerusakan Baut Angkur Yang Tergeser

$$A_{se.V} := \left( \frac{\pi}{4} \right) \cdot \left[ d_a - \left( \frac{0.9743}{1} \right) \right]^2 = 95.478 \text{ mm}^2$$

$$V_{sa} := \frac{n \cdot 0.6 \cdot A_{se.V} \cdot f_u}{1000} = 87.763 \text{ kN}$$

c) Kuat Jebol (*Breakout*) Beton Terhadap GeserGambar 4.3 Kerusakan Jebol (*Breakout*) Beton Terhadap Geser

$$s_1 = 100 \text{ mm} \quad c_{a.1} = 100 \text{ mm}$$

$$s_2 = 100 \text{ mm} \quad c_{a.1.2} := c_{a.1} + s_1$$

$$A_{vc} := 2(1.5 \cdot c_{a.1.2}) \cdot 1.5c_{a.1} = 9 \times 10^4 \text{ mm}^2$$

$$A_{vco} := 4.5 \cdot c_{a.1}^2 = 4.5 \times 10^4 \text{ mm}^2$$

$$c_{a.2} := c_{a.1}$$

$$\text{untuk } c_{a.2} \leq 1.5c_{a.1} \text{ maka } \psi_{ed} := 0.7 + 0.3 \cdot \frac{c_{a.2}}{1.5 \cdot c_{a.1}} = 0.9$$

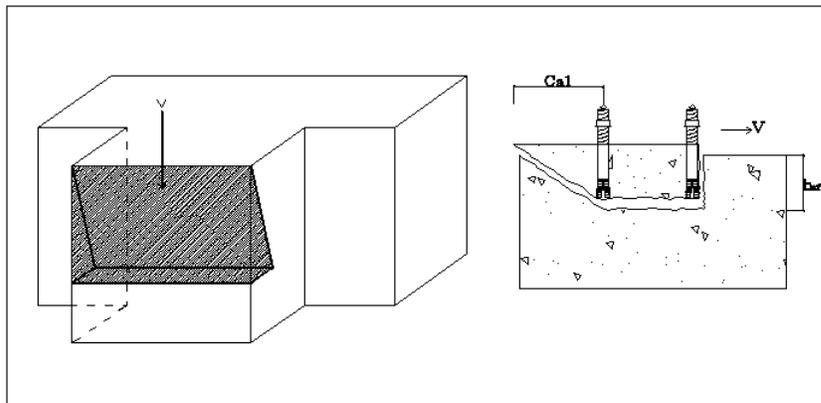
$$h_{ef} < 8 \cdot d_a \text{ maka } l_e := 8 \cdot d_a = 96 \text{ mm}$$

$$\lambda_a := 1$$

$$V_b := \frac{\left[ 0.6 \left( \frac{l_e}{d_a} \right) \right]^{0.2} \cdot \sqrt{d_a} \lambda_a \cdot \sqrt{f_c} \cdot (c_{a.1})^{1.5}}{1000} = 23.7 \text{ kN}$$

$$V_{cbg} := \left( \frac{A_{vc}}{A_{vco}} \right) \cdot V_b = 47.59586 \text{ kN}$$

d) Kuat Rempal (*Pryout*) Beton Terhadap Geser



**Gambar 4.4 Kerusakan Rempal (*Pryout*) Beton Terhadap Geser**

$$k_{cp} := \begin{cases} 1 & \text{if } h_{ef} < 65 \\ 2 & \text{if } h_{ef} > 65 \end{cases} = 1$$

$$\text{posisi angkur di pinggir} \quad c_{a.1} = 100 \text{ mm}$$

$$1.5 \cdot h_{ef} = 90 \text{ mm}$$

$$A_{Nco} := 9 \cdot (h_{ef})^2 = 3.24 \times 10^4 \text{ mm}^2$$

$$A_{Nc} := (c_{a.1} + s_1 + 1.5 \cdot h_{ef}) \cdot (c_{a.2} + s_2 + 1.5 \cdot h_{ef}) = 8.41 \times 10^4 \text{ mm}^2$$

$$N_b := \frac{\left[ 3.9 \cdot \lambda_a \cdot \sqrt{f_c} \cdot (h_{ef})^{\frac{5.2}{3.0}} \right]}{1000} = 23.653 \text{ kN}$$

$$N_{b.m} := \frac{k_c \cdot \lambda_a \cdot \sqrt{f_c} \cdot h_{ef}^{1.5}}{1000} = 23.331$$

$$N_{cb} := \frac{A_{Nc}}{A_{Nco}} \cdot N_b = 61.397 \text{ kN}$$

$$N_{cp} := N_{cb} = 61.397 \text{ kN}$$

$$V_{cp} := k_{cp} \cdot N_{cp} = 61.397 \text{ kN}$$

Dari beberapa hasil perhitungan teoritis dengan variabel yang sudah ditentukan, maka hasil untuk pola kerusakan kuat jebol (*breakout*) beton terhadap geser adalah yang paling kecil yaitu sebesar 47595.86 N, sehingga kerusakan *breakout* yang akan menentukan dari kerusakan akibat gaya geser.

#### 4.4 Hasil Pengujian

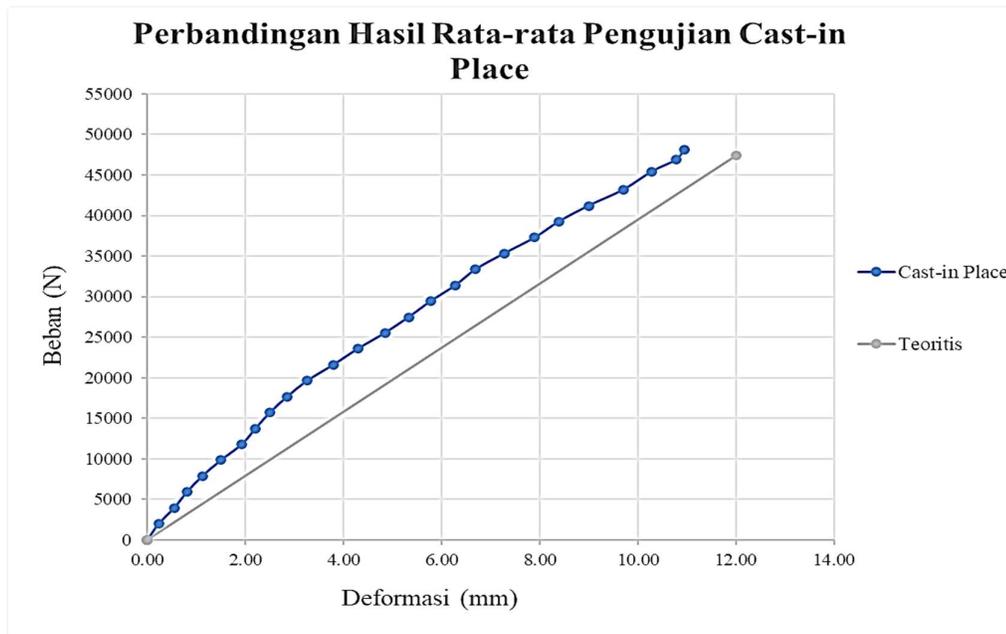
##### 4.4.1 Hasil Pengujian Metode Cast-in Place

Pengujian baut angkur dengan menggunakan metode pemasangan *cast-in place* didapatkan hasil sebagai berikut :

**Tabel 4.4 Rata-Rata Hasil Pengujian Metode Cast-in Place**

Rata-Rata Hasil Pengujian Metode Cast-in Place								
No.	Beban (N)			Rata-Rata Beban (N)	Deformasi (mm)			Rata-Rata Deformasi (mm)
	B-1	B-2	B-3		B-1	B-2	B-3	
1	0	0	0	0	0	0	0	0.00
2	1962	1962	1962	1962	0.31	0.15	0.22	0.23
3	3924	3924	3924	3924	0.81	0.29	0.53	0.54
4	5886	5886	5886	5886	1.1	0.44	0.87	0.80
5	7848	7848	7848	7848	1.35	0.85	1.15	1.12
6	9810	9810	9810	9810	1.87	1.12	1.5	1.50
7	11772	11772	11772	11772	2.59	1.43	1.75	1.92
8	13734	13734	13734	13734	2.78	1.88	1.95	2.20
9	15696	15696	15696	15696	3.15	2.17	2.17	2.50
10	17658	17658	17658	17658	3.69	2.44	2.42	2.85
11	19620	19620	19620	19620	4.4	2.68	2.7	3.26
12	21582	21582	21582	21582	5.05	3	3.32	3.79
13	23544	23544	23544	23544	5.75	3.21	3.9	4.29
14	25506	25506	25506	25506	6.46	3.54	4.52	4.84
15	27468	27468	27468	27468	6.72	3.92	5.34	5.33
16	29430	29430	29430	29430	7.05	4.37	5.91	5.78
17	31392	31392	31392	31392	7.55	4.79	6.5	6.28
18	33354	33354	33354	33354	7.85	5.21	7.01	6.69
19	35316	35316	35316	35316	8.15	5.87	7.8	7.27

20	37278	37278	37278	37278	8.9	6.45	8.34	7.90
21	39240	39240	39240	39240	9.12	7.14	8.9	8.39
22	41202	41202	41202	41202	9.48	8	9.5	8.99
23	43164	43164	43164	43164	9.88	8.94	10.28	9.70
24	45126	45126	46008.9	45420.3	10.1	9.75	11	10.28
25	47088	47578.5	46008.9	46891.8	10.55	10.8	11	10.78
26	50864.85	47578.5	46008.9	48150.75	11.02	10.80	11.00	10.94



**Gambar 4.5 Grafik Hubungan Antara Beban dan Deformasi Metode Cast-In Place dengan Perhitungan Teoritis**

Hasil eksperimen dengan metode cast-in place didapatkan hasil sebesar 48150.75 N dengan deformasi sebesar 10.94 mm

Hasil eksperimen metode pemasangan *cast-in place* lebih besar yaitu sebesar 48150.75 N jika dibandingkan dengan hasil perhitungan secara teoritis yang sebesar 47595.86 N. Terdapat perbedaan hasil sebesar 1.15%. Dengan demikian dapat ditarik kesimpulan bahwa perhitungan secara teoritis dapat dipastikan aman untuk digunakan. Hal ini juga dapat dilihat pada **Gambar 4.5** yang berisi hasil eksperimen metode pemasangan *cast-in place* dan hasil perhitungan teoritis.

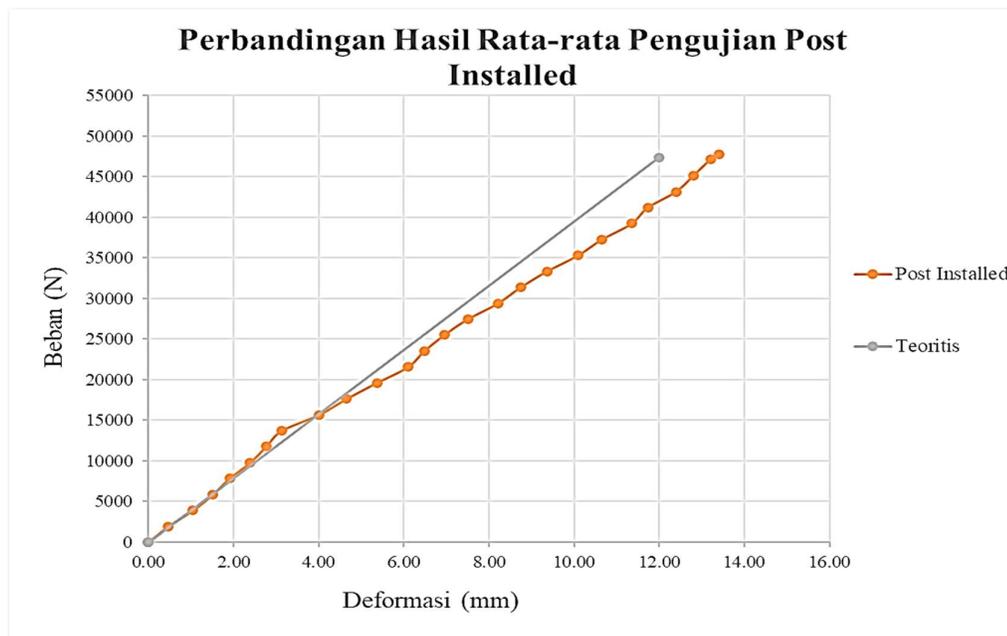
#### 4.4.2 Hasil Pengujian Metode Post Installed

Pengujian baut angkur dengan menggunakan metode pemasangan *post installed* didapatkan hasil sebagai berikut :

**Tabel 4.5 Rata-Rata Hasil Pengujian Metode Post Installed**

Rata-Rata Hasil Pengujian Metode Post Installed								
No	Beban (N)			Rata-Rata Beban (N)	Deformasi (mm)			Rata-Rata Deformasi (mm)
	B-1	B-2	B-3		B-1	B-2	B-3	
1	0	0	0	0	0	0	0	0.00
2	1962	1962	1962	1962	0.3	0.9	0.2	0.47
3	3924	3924	3924	3924	0.9	1.65	0.58	1.04
4	5886	5886	5886	5886	1.35	2.4	0.79	1.51
5	7848	7848	7848	7848	1.6	3.15	0.96	1.90
6	9810	9810	9810	9810	1.95	3.95	1.27	2.39
7	11772	11772	11772	11772	2.28	4.5	1.51	2.76
8	13734	13734	13734	13734	2.7	4.85	1.85	3.13
9	15696	15696	15696	15696	4.78	4.98	2.27	4.01
10	17658	17658	17658	17658	5.7	5.25	3.01	4.65
11	19620	19620	19620	19620	6.9	5.5	3.69	5.36
12	21582	21582	21582	21582	7.75	6.26	4.29	6.10
13	23544	23544	23544	23544	8.1	6.51	4.84	6.48

14	25506	25506	25506	25506	8.4	6.95	5.49	6.95
15	27468	27468	27468	27468	8.8	7.5	6.21	7.50
16	29430	29430	29430	29430	9.9	8.2	6.55	8.22
17	31392	31392	31392	31392	10.55	8.67	7.02	8.75
18	33354	33354	33354	33354	11.2	9.5	7.39	9.36
19	35316	35316	35316	35316	12.2	10.35	7.73	10.09
20	37278	37278	37278	37278	12.6	11.25	8.12	10.66
21	39240	39240	39240	39240	13	12.5	8.57	11.36
22	41202	41202	41202	41202	13.35	12.79	9.06	11.73
23	43164	43164	43164	43164	14.3	13.14	9.75	12.40
24	45126	45126	45126	45126	14.9	13.25	10.27	12.81
25	47088	46940.85	47480.4	47169.75	15.4	13.45	10.79	13.21
26	48804.75	46940.85	47480.4	47742.00	15.97	13.45	10.79	13.40

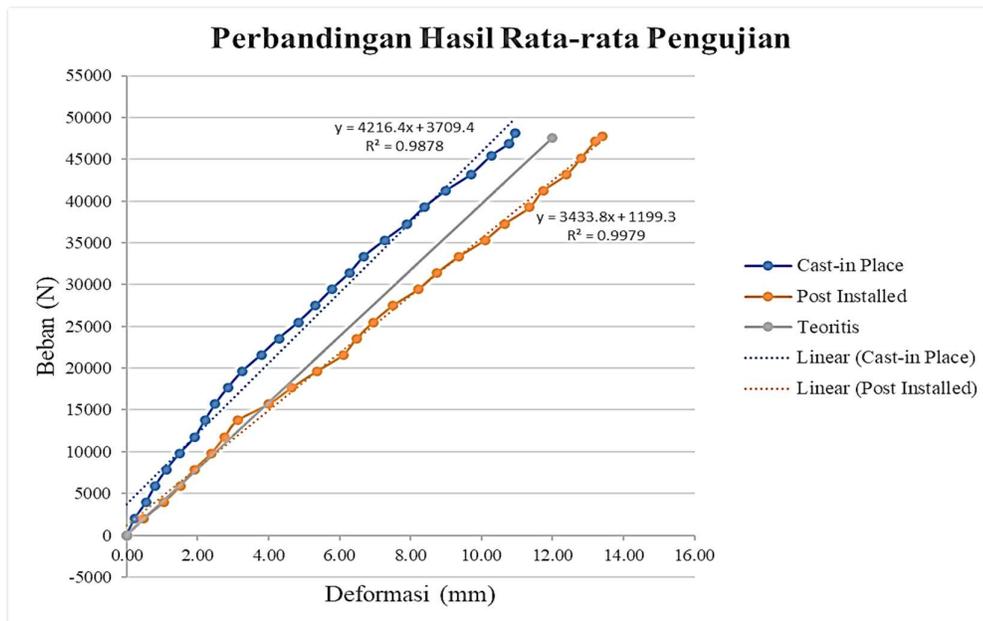


**Gambar 4.6 Grafik Hubungan Antara Beban dan Deformasi Metode Post Installed dengan Perhitungan Teoritis**

Hasil eksperimen dengan metode post installed didapatkan hasil sebesar 47742 N dengan deformasi sebesar 13.40 mm

Hasil eksperimen metode pemasangan *post installed* lebih besar yaitu sebesar 47742 N jika dibandingkan dengan hasil perhitungan secara teoritis yang sebesar 47595.86 N. Terdapat perbedaan hasil sebesar 0.31%. Dengan demikian dapat ditarik kesimpulan bahwa perhitungan secara teoritis dapat dipastikan aman untuk digunakan. Hal ini juga dapat dilihat pada **Gambar 4.6** yang berisi hasil eksperimen metode pemasangan cast-in place dan hasil perhitungan teoritis.

#### 4.4.3 Perbandingan Antara Metode Cast-In Place Dengan Post Installed



**Gambar 4.7 Grafik Hubungan Antara Beban dan Deformasi Metode Cast-In Place dan Post Installed dengan Perhitungan Teoritis**

Dari grafik yang ditunjukkan pada **Gambar 4.7** menunjukkan bahwa hasil dari eksperimen baik *cast-in place* maupun *post installed* lebih besar dari hasil perhitungan teoritis. Dari grafik juga diperoleh hasil kapasitas *cast-*

*in place* lebih besar dibandingkan dengan kapasitas *post installed* dengan perbedaan 408.75 N atau sebesar 0.85%.

Deformasi yang terjadi pada eksperimen metode *cast-in place* sebesar 10.94 mm dan metode *post installed* sebesar 13.40 mm. Deformasi yang terjadi pada metode *post installed* lebih besar dari *cast-in place* sebesar 18.38%. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa metode pemasangan *cast-in place* dapat dikatakan lebih baik karena deformasi yang terjadi lebih kecil. Hal ini diperkirakan terjadi karena metode *post installed* pada saat pengeboran, lubang baut tidak sama besar dengan diameter bautnya.

#### 4.4.4 Analisis Regresi

Data yang didapatkan dari penelitian, dilakukan analisis regresi untuk mengetahui paralelitas gradien kemiringan. Dari **Gambar 4.7** dapat diketahui persamaan untuk masing masing metode pemasangan. Hubungan beban dengan deformasi yang terjadi untuk metode *cast-in place* mempunyai persamaan sebagai berikut :

$$y = 4216.4x + 3709.4.$$

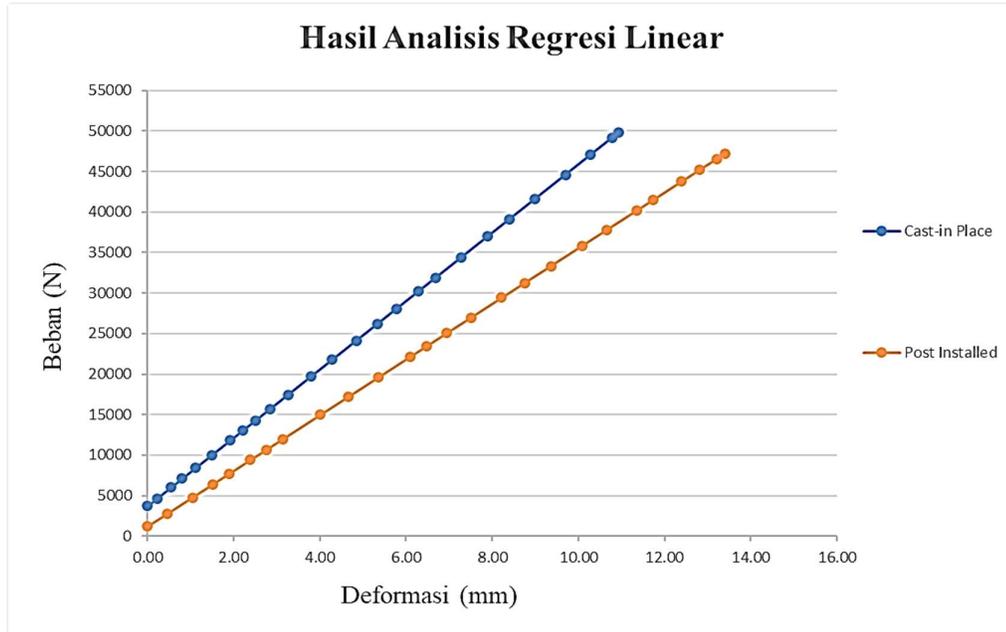
Sedangkan, hubungan beban dengan deformasi yang terjadi untuk metode *post installed* mempunyai persamaan sebagai berikut :

$$y = 3433.8x + 1199.3.$$

dengan :

x = beban (N)

y = deformasi (mm)



**Gambar 4.8 Grafik Hasil Analisis Regresi Linear Hubungan Antara Beban dan Deformasi Metode *Cast-In Place* dan *Post Installed***

Berdasarkan hasil analisis regresi linear yang dapat dilihat pada **Gambar 4.8** dan dengan dilakukannya perhitungan menggunakan rumus yang ditunjukkan pada **Pers. 2.9** ; **Pers. 2.10** ; dan **Pers 2.11** dapat ditarik kesimpulan bahwa hubungan antara beban dengan deformasi baut angkur pada persamaan metode *cast-in place* dan *post installed* didapatkan gradien kemiringan (garis regresi) adalah paralel dan tidak berimpit.

#### 4.5 Pola Kerusakan

Pengujian berjalan sesuai dengan rencana yaitu beton pecah pada bagian tepi. Tidak adanya kerusakan tipe lain, seperti baut tidak putus akibat geser, beton tidak rompal pada bagian tengah antara baut.

Selama pengujian dilakukan, tidak ditemukannya gejala retak, dikarenakan pada spesimen tidak digunakannya tulangan, maka rusaknya beton sejalan dengan sifat dari beton itu sendiri yang getas. Dengan tidak adanya gejala sebelum pecah maka pola retakan hanya bisa dilihat setelah beton itu mengalami kerusakan.



(a)



(b)

**Gambar 4.9 Pola Kerusakan Pegujian Breakout**

**(a) *Cast-in Place* dan (b) *Post Installed***

(Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2020)

Pola retak yang dialami oleh beton sesuai dengan apa yang diharapkan dan juga sesuai dengan apa yang ada pada teori, yaitu beton pecah

membentuk sudut kurang lebih  $34^\circ$  dari angkur paling belakang sehingga beton pada bagian tepi hancur.

Hasil pengujian ini didukung oleh hasil pengujian sebelumnya yang telah dilakukan oleh Kangsik Kim, Kwangsoo Lee, dan Gyeonghee An (2016) mengenai "*Prediction of Shear Strength for Large Anchors Considering the Prying Effect and Size Effect*" bahwa kerusakan yang terjadi pada ketiga model membentuk sudut  $30^\circ$ . Sedangkan pada penelitian ini didapatkan hasil kerusakan membentuk sudut sekitar  $34^\circ$ . Ini membuktikan bahwa apa yang ada pada metode CCD (*Concrete Capacity Design*) sesuai yaitu kira kira sebesar  $30^\circ$  sampai  $35^\circ$ .

Hasil pengujian ini didukung pula oleh hasil pengujian Sanghyun Jeon, Kim Moon-gil, Chun Sung-cheol, Jaeyeol Kim (2019) mengenai "*Concrete Breakout Strength of Cast-in High-Shear Ring Anchors in Shear Installed on Sides of Slabs*" menghasilkan semua spesimen mengalami kerusakan pada beton dan keretakan terjadi mulai dari bagian luar ring angkur. Hal ini sejalan dengan hasil yang ditemukan pada penelitian ini bahwa kerusakan beton terjadi dari angkur bagian luar hingga beton runtuh sepenuhnya.

#### 4.6 Analisis Uji F Dengan Metode ANOVA

Uji F digunakan untuk mengetahui apakah variabel-variabel independen secara simultan berpengaruh signifikan terhadap variabel dependen. Derajat kepercayaan yang digunakan adalah 0,05. Dalam uji F (Anova) dilakukan menggunakan *software* SPSS untuk data hasil pengujian.

##### 4.6.1 Metode *Cast-In Place*

**Tabel 4.6 Model Summary Cast-in Place**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.967 <sup>a</sup>	.934	.933	.83727

a. Predictors: (Constant), XCAST

R *square* adalah seberapa besar variable X(besar pembebanan) mempengaruhi Y(panjang angkur yang terdeformasi), dari data diatas variable X mempengaruhi variable Y sebesar 93%, Sisanya (7%) dipengaruhi variable lain.

#### ANOVA<sup>a</sup>

**Tabel. 4.7 ANOVA Cast-in Place**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	677.583	1	677.583	966.572	.000 <sup>b</sup>
	Residual	47.669	68	.701		
	Total	725.252	69			

a. Dependent Variable: YCAST

b. Predictors: (Constant), XCAST

### Interpretasi Output

Berdasarkan hasil output SPSS di atas dapat melihat dimana nilai F hitung lebih besar dari pada nilai F tabel ( $966,572 > 3,13$ ) dengan tingkat signifikan di bawah 0,05 yaitu 0,000. Berdasarkan cara pengambilan keputusan uji simultan dalam analisis regresi dapat disimpulkan bahwa besar pembebanan jika diuji berpengaruh signifikan terhadap panjang angkur yang tercabut.

#### 4.6.2 Metode *Post Installed*

**Tabel 4.8 Model Summary Post Installed**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.944 <sup>a</sup>	.892	.890	1.48841

a. Predictors: (Constant), XPOST

R *square* adalah seberapa besar variable X(besar pembebanan) mempengaruhi Y(panjang angkur yang terdeformasi), dari data diatas variable X mempengaruhi variable Y sebesar 89%, Sisanya (11%) dipengaruhi variable lain.

**ANOVA<sup>a</sup>****Tabel 4.9 ANOVA Post Installed**

	Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1352.402	1	1352.402	610.466	.000 <sup>b</sup>
	Residual	163.937	74	2.215		
	Total	1516.339	75			

a. Dependent Variable: YPOST

b. Predictors: (Constant), XPOST

**Interpretasi Output**

Berdasarkan hasil output SPSS di atas dapat melihat dimana nilai F hitung lebih besar dari pada nilai F tabel ( $610,466 > 3,12$ ) dengan tingkat signifikan di bawah 0,05 yaitu 0,000. Berdasarkan cara pengambilan keputusan uji simultan dalam analisis regresi dapat disimpulkan bahwa besar pembebanan jika diuji berpengaruh signifikan terhadap panjang angkur yang tercabut.

**4.6.3 Uji Beda Cast-in Place dan Post Installed**

Dasar pengambilan keputusan uji beda signifikansi adalah ( $P \text{ value} < 0,05$ ).  $P \text{ value}$  dilihat ditabel Sig. (2-tailed), dengan prasyarat awal data harus bersifat Homogen. Data Homogen dilihat di *Levene Test* jika nilai ( $F \text{ sig value} > 0,05$ ).

**Tabel 4.10 Hasil Uji Beda**

<b>Group Statistics</b>					
	Metode Uji	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
<b>Hasil Uji</b>	Cast In	70	25610.4857	13899.83141	1661.34762
	Post In	70	21105.6857	11761.63291	1405.78401

**Tabel 4.11 Hasil Uji Levene Test**

<b>Independent Samples Test</b>										
		Levene's Test For Equality of Variances			T-Test For Equality of Means					
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-Tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval Of The Difference	
								Lower		Upper
<b>Hasil Uji</b>	Equal Variances Assumed	2.383	.125	2.070	138	.040	4504.800	2176.30526	201.58389	8808.01611
	Equal Variances Not Assumed			2.070	134.321	.040	4504.800	2176.30526	200.54112	8809.05888

Uji prasyarat awal untuk Uji Beda adalah data harus bersifat Homogen. Data Homogen dilihat di *Levene Test* jika nilai (F sig value  $> 0,05$ ), data di atas menunjukkan F sig value =  $0,125 > 0,05$  (data homogen) Karena data homogen, bisa lanjut uji beda

P value ( $0,04 < 0,05$ ) maka  $H_0$  ditolak, artinya bahwa Ada Perbedaan Signifikan antara hasil uji *cast-in place* dan *post installed*. Perbedaan tersebut terlihat dari rata-rata nilai uji *Cast-in Place* (25610,48) lebih tinggi dari uji *Post Installed* (21105,68).

Kesimpulan yang dapat diambil dari pengujian ANOVA yaitu bahwa uji *Cast-In Place* lebih baik /efektif dari uji *Post Installed*.

#### 4.7 Pembahasan

Berdasarkan hasil penelitian diatas, dapat diketahui bahwa hasil pengujian baik metode pemasangan *cast-in place* maupun *post installed* lebih besar dari hasil perhitungan teoritis. Hasil dari pengujian tersebut dapat diuraikan sebagai berikut :

4.7.1 Bahan dari pengujian sudah sesuai dengan kriteria awal yaitu :

- a) Kuat tekan beton sebesar 25.698 MPa.
- b) Kuat tarik belah beton sebesar 2.574 MPa.
- c) Tegangan leleh ( $f_y$ ) angkur sebesar 337.5 MPa dan tegangan ultimate ( $f_u$ ) sebesar 383 MPa

- 4.7.2 Penelitian menggunakan baut angkur pukul untuk semua benda uji. Sebelum pengujian dilakukan pemukulan agar bagian bawah dari angkur dapat mengembang membentuk sudut tertentu. Catatan untuk pengujian ini tidak dilakukannya pengujian yang tanpa memukul baut sehingga baut tidak mengembang.
- 4.7.3 Hasil teoritis menunjukkan bahwa untuk pengujian *breakout* lebih kecil dari pengujian geser lainnya sehingga diharapkan kerusakan yang terjadi sesuai dengan apa yang diharapkan. Pengujian yang dilakukan sudah sesuai dengan perencanaan awal yaitu kerusakan terjadi pada beton dengan pola kegagalan beton jebol (*breakout*) yaitu bidang jebol beton membentuk sudut sekitar 35°. Hal ini dibuktikan dengan tidak terjadinya kerusakan pada baut seperti baut tertekuk, ataupun baut putus. Kerusakan seperti beton rompal pun tidak terjadi. Maka dari itu pengujian ini dapat dikatakan berhasil dan sesuai dengan perencanaan awal.
- 4.7.4 Hasil pengujian dengan metode pemasangan *cast-in place* dan *post installed* terdapat perbedaan 408.75 N atau sebesar 0.85%. Penyebab terjadinya perbedaan kekuatan antara *cast-in place* dan *post installed* diperkirakan karena terjadi retak rambut sebelum pengujian. Penyebab kerusakan terjadi retak rambut karena pada saat pengeboran dilakukan dengan cara berulang ulang sehingga beton yang di sekitar lubang sudah terjadi retak retak rambut. Hal tersebut tersebut membuktikan bahwa pengeboran dapat mengurangi kekuatan.

4.7.5 Hasil eksperimen lebih besar dari dari hasil perhitungan teoritis namun, hasil eksperimen mendekati hasil teoritis atau dapat dikatakan sama. Agar hasil teoritis aman maka harus dikalikan dengan angka keamanan agar hasil eksperimen aman, yaitu  $2/3$  dari hasil teoritis. Beban maksimal yang aman digunakan dalam pengaplikasian baut angkur dalam menahan kuat jebol (*Breakout*) beton terhadap gaya geser yaitu sebesar 31730.57 N.

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Simpulan

Pengujian dilakukan untuk meninjau perbedaan antara metode pemasangan cast-in place dan metode pemasangan post installed. Masing masing metode pemasangan diperlukan tiga benda uji. Masing masing benda uji memiliki ukuran 30 cm x 30 cm. Setiap benda uji menggunakan empat baut dengan jarak antar baut sebesar 100 mm dan jarak baut ke tepi sebesar 100 mm yang sudah disesuaikan dengan perhitungan teoritis. Setiap baut memiliki panjang penanaman ke beton ( $h_{ef}$ ) sebesar 60 mm. Dari hasil penelitian dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- a. Baut yang digunakan adalah baut angkur pukol merk Sanko yang memiliki ukuran M12 dengan panjang penanaman ke beton sebesar 60 mm. Untuk hasil kuat tarik angkur memiliki kuat tarik rata rata sebesar 335 MPa untuk tegangan leleh ( $f_y$ ) dan 383 MPa untuk tegangan ultimate ( $f_u$ ). Untuk regangan rata rata dari keempat sampel benda uji yaitu 1.15%.
- b. Beton yang digunakan menggunakan beton *ready mix*. Untuk hasil pengujian kuat tekan beton memiliki rata rata sebesar 315.607 kg/cm<sup>2</sup> atau sebesar 25.6 MPa. Sedangkan untuk hasil pengujian kuat tarik belah beton memiliki rata rata sebesar 2.574 MPa. Dari hasil tersebut beton dinyatakan memenuhi kuat tekan rencana yang sebesar 25 MPa.

- c. Hasil perhitungan teoritis telah dilakukan sebelum pengujian didapatkan hasil sebesar 47595.86 N. Hasil perhitungan akan dijadikan sebagai acuan dari hasil eksperimen yang dilakukan.
- d. Hasil eksperimen metode pemasangan *cast-in place* didapatkan hasil sebesar 48150.75 N dengan deformasi maksimal rata-rata sebesar 10.94 mm, lebih besar 1.15% dibandingkan dengan hasil teoritis. Hasil eksperimen metode pemasangan *post installed* didapatkan hasil sebesar 47742 N dengan deformasi maksimal rata-rata sebesar 13.40 mm, lebih besar 0.31% jika dibandingkan dengan hasil teoritis.
- e. Beban maksimal rata-rata hasil pengujian metode *cast-in place* lebih besar dibandingkan dengan metode *post installed* sebesar 408.75 N atau sebesar 0.85%. Sedangkan, deformasi maksimal rata-rata dari *cast-in place* lebih besar 2.46 mm atau sebesar 18.38% jika dibandingkan dengan *post installed*. Maka dari itu, dapat disimpulkan bahwa metode pemasangan *cast-in place* dapat dikatakan lebih baik karena dapat menahan beban yang lebih besar dengan deformasi yang terjadi lebih kecil.
- f. Semua metode pemasangan baik *cast-in place* maupun *post installed* mendapatkan hasil yang lebih tinggi dibandingkan dengan hasil teoritis. Namun, perbedaan hasil teoritis dan hasil eksperimen tidak jauh berbeda atau dapat dikatakan sama. Maka dari itu, agar hasil teoritis harus dikalikan dengan angka keamanan sebesar  $\frac{2}{3}$  dari hasil teoritis. Beban maksimal yang aman digunakan dalam pengaplikasian baut angkur

dalam menahan kuat jebol (*Breakout*) beton terhadap gaya geser yaitu sebesar 31730.57 N.

- g. Persamaan linear hubungan beban dengan deformasi yang terjadi dari masing masing metode didapatkan sebagai berikut

$$\text{Cast-in Place} \quad : \quad y = 4216.4x + 3709.4$$

$$\text{Post Installed} \quad : \quad y = 3433.8x + 1199.3$$

Hasil analisis regresi linear dapat ditarik kesimpulan bahwa hubungan antara beban dengan deformasi baut angkur pada persamaan metode *cast-in place* dan *post installed* didapatkan gradien kemiringan (garis regresi) adalah paralel dan tidak berimpit.

## 5.2 Saran

- a. Dapat dijadikan acuan untuk penelitian selanjutnya mengenai pemasangan baut angkur.
- b. Beban dalam penggunaan baut angkur dalam menahan kuat jebol (*Breakout*) beton terhadap gaya geser yaitu sebesar 31730.57 N.
- c. Untuk menahan kuat jebol (*Breakout*) beton terhadap geser disarankan untuk menggunakan metode pemasangan *cast-in place* jika untuk konstruksi baru. Namun, jika untuk perbaikan konstruksi atau retrofitting disarankan untuk menggunakan metode pemasangan *post installed*.

- d. Tidak diuji baut sebelum dipukul dengan posisi bagian bawah baut belum mengembang sehingga kedepannya dapat diuji agar dapat mengetahui kapasitas baut sebelum mengembang atau dapat digunakan baut tipe lainnya.
- e. Dapat digunakannya berbagai jenis bahan additif yang berfungsi sebagai perekat antara baut angkur dengan lubang beton yang sudah dibor sehingga terjadi lekatan agar kekuatan metode pemasangan *post installed* dapat lebih kuat dibandingkan dengan metode pemasangan *cast-in place*.

## DAFTAR NOTASI DAN KEPUSTAKAAN

<i>Concrete</i>	=	Beton
<i>Cast In Place</i>	=	Metode Pemasangan Angkur Cor Ditempat
<i>Post Installed</i>	=	Metode Pemasangan Angkur Pasca Cor
<i>Pullout</i>	=	Pola Kegagalan Baut Angkur Tercabut Dari Beton
<i>Sideface blowout</i>	=	Pola Kegagalan Baut Angkur Dengan Beton Jebol Pada Sisi Beton
<i>Breakout</i>	=	Pola Kegagalan Angkur Dengan Beton Jebol Terangkat Dengan Bautnya
<i>Pryout</i>	=	Pola Kegagalan Baut Angkur Dengan Beton Yang Rompal Di Bagian Tengah
$f_y$	=	Tegangan Leleh Baja
$f'_c$	=	Kuat Tekan Beton
$\sigma_c$	=	Tegangan Beton
$P$	=	Besar Beban Tekan
$A$	=	Luas Penampang
$\epsilon_c'$	=	Regangan Tekan Beton
$L$	=	Perpendekan Beton
$L_0$	=	Tinggi Awal Silinder
$f_{ct}$	=	Kuat Tarik Belah
$P$	=	Beban
$d$	=	Diameter Benda Uji Silinder
$L$	=	Panjang Benda Uji Silinder
$\pi$	=	Phi
$\sigma$	=	Tegangan
$\phi$	=	Faktor Reduksi
$A_{vc}$	=	Luas Proyeksi Kerusakan Beton Terhadap Geser
$A_{vco}$	=	Luas Proyeksi Kerusakan Beton Terhadap Geser
$l_e$	=	Panjang Tumpu Angkur Terhadap Geser
$V_b$	=	Kekuatan Jebol (Breakout) Beton Dasar Dalam Kondisi Geser
$C_{a1}$	=	Jarak Pusat Baut Ke Tepi Beton

- $s$  = Jarak Pusat Baut Ke Pusat Baut Lainnya  
 $h_{ef}$  = Kedalaman Baut Yang Tertanam Di Beton  
 $d_a$  = Diameter Baut  
 $\lambda_a$  = Faktor Modifikasi Untuk Material Beton

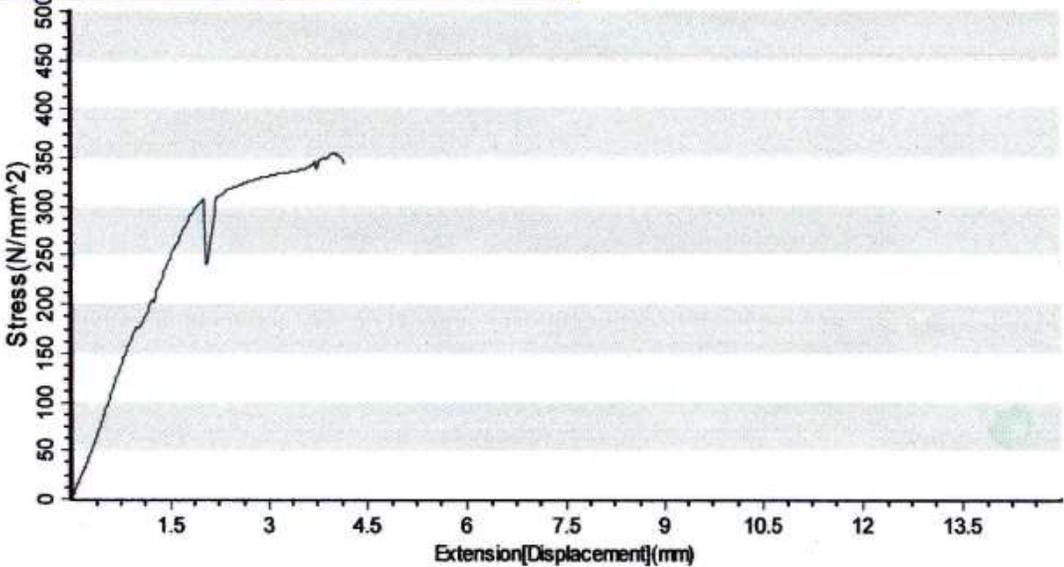
## DAFTAR PUSTAKA

- SNI 2847 – 2013. (2013). *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*
- SNI 1974 – 2011. (2011). *Cara Uji Kuat Tekan Beton Dengan Benda Uji Silinder*
- Anonim. 2005. ACI Standard: *Qualification of Post-Installed Mechanical Anchors in Concrete (ACI 355.2-04) and Commentary*. American Concrete Institute. Farmington Hills MI. January 2005.
- Anonim. 2011. ACI Standard: *Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-11) and Commentary*. American Concrete Institute. Farmington Hills MI. Agustus 2011.
- Iswandi. 2013. *Studi Eksperimental Perilaku Baut Angkur Pada Kolom Beton Akibat Geser Murni* [Tesis]. Medan (ID) : Universitas Sumatera Utara
- Dewobroto,W. 2015. *Struktur Baja (Perilaku, Analisis dan Desain – AISC 2010)*. Tangerang: Lumina Press
- Fuchs,W. Eligehausen,R. Breen,E. 1995. *Concrete Capacity Design (CCD) Approach for Fastening to Concrete : 75-85*
- Rhini WD. 2014. *Studi Numerik Dan Kajian Eksperimental Perilaku Besi Beton Sebagai Angkur Penghubung Geser Akibat Geser Murni Pada Beton Mutu Tinggi*. VIII(2):71-80
- Henry A. 2010. *Kapasitas Geser Balo Beton Bertulang Dengan Polypropylene Fiber Sebesar 4% Dari Volume Beton*. 12(2):161-171

- Henry A. 2009. *Kapasitas Lentur Balok Beton Bertulang Dengan Serat Sabut Kelapa*. 13(1):45 – 52
- Eligehausen, R. et. al. 2006. *Anchorage in Concrete Construction*. First Edition. Berlin: Ernst & Sohn GmbH & Co. KG. Published.
- Henry A. 2013. *Kapasitas Lentur Balok Beton Bertulang Dengan Polypropylene Fiber Sebesar 6% Dari Berat Semen*. 11(2):149 - 160
- Apriyatno, H. Purnomo, M. Taveriyanto, A. Prasetyo, I. Prayitno, O.B. 2019. *Eksperimen Defleksi Dan Lentur Balok Beton Bertulang Menggunakan Tulangan Spiral Dari Plat Baja 3 mm x 15 mm Pada Mutu Beton 20 MPa*. Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang.
- Kim, K. Lee, K. An, G. 2016. *Prediction of Shear Strength for Large Anchors Considering the Prying Effect and Size Effect*. 10(4):451-460.
- Jeon, S. Moon-gil, K. Sung-cheol, C. Kim J. 2019. *Concrete Breakout Strength of Cast-in High-Shear Ring Anchors in Shear Installed on Sides of Slab*. 31(1):3-10
- Eligehausen, Rolf, Ronald A.Cook, and Jorg Appl. 2006. *Behavior and Design of Adhesive Bonded Anchors*. ACI Structural Journal 5 (6): 103-S83.
- Giyanto. 2003. *Membandingkan Dua Persamaan Regresi Linier Sederhana*. XXVIII(1):19 - 31

**LAMPIRAN 1**  
**Uji Tarik Material Angkur**

Tabel L.1.1 Hasil Uji Tarik Angkur Uji 1

	Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Gd. E5 Lt.1 Teknik Mesin Gunungpati, Semarang 50229 Telp. (024) 8508103					<b>Laboratorium Pengujian Bahan</b> <b>Teknik Mesin - UNNES</b>				
	Company Uji 1					LOT ID. 20200116-1000				
Standard					Test Date 01-16-2020					
Temperature 23C					Operator Imam					
Machine Model TT-HW2-600S					Relative Humidity 80%					
Capacity 600kN										
Test Data										
No.	Do mm	Fm N	FeH N	FeL N	Fb N	Lu mm				
01	8.00	17794.0			17340	82.4				
<b>No.1 specimen signature(LOT ID:20200116-1000)</b>										
										

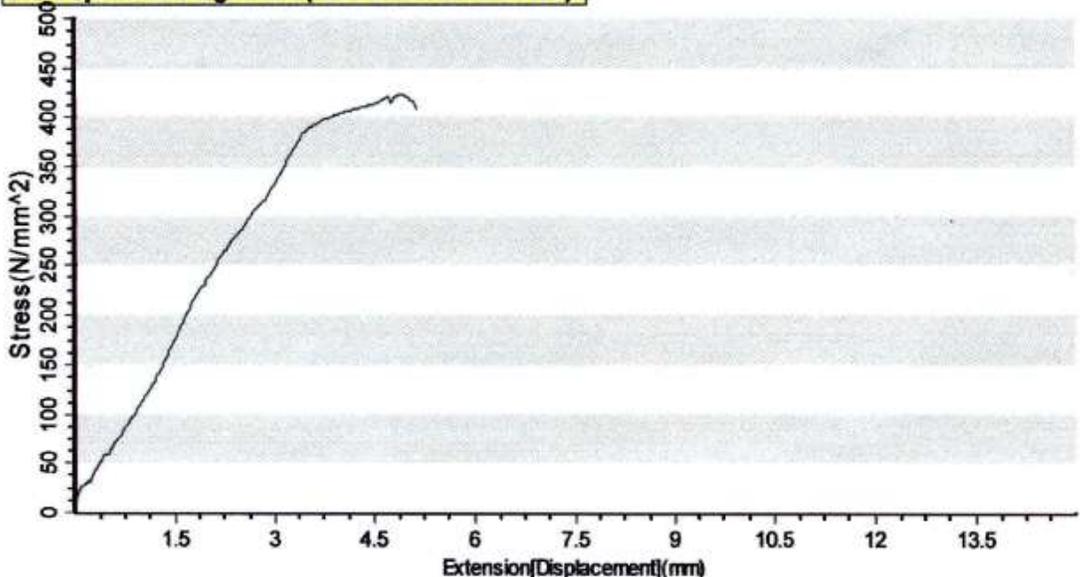


Operator:

QC:

Page 1

Tabel L.1.2 Hasil Uji Tarik Angkur Uji 2

 <b>UNNES</b>	Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Gd. E5 LL1 Teknik Mesin Gunungpati, Semarang 50229 Telp. (024) 8508103		<b>Laboratorium Pengujian Bahan</b> <b>Teknik Mesin - UNNES</b>								
			LOT ID. 20200122-1129								
Company	Uji 2		Test Date	01-22-2020							
Standard			Operator	Imam							
Temperature	23C		Relative Humidity	80%							
Machine Model	TT-HW2-600S		Capacity	600kN							
<b>Test Data</b>											
No.	Do mm	Fm N	FeH N	FeL N	Fb N	Lu mm					
01	8.00	21274.0			20510	76.2					
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;"> <b>No.1 specimen signature(LOT ID:20200122-1129)</b> </div> 											

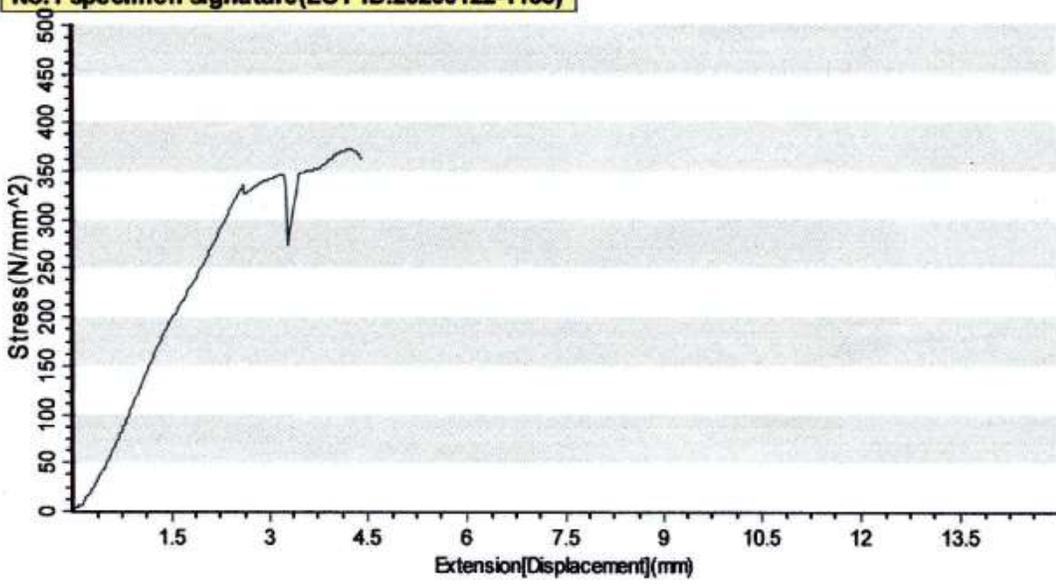


Operator:

QC:

Page 1

Tabel L.1.3 Hasil Uji Tarik Angkur Uji 3

 <b>UNNES</b>		Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Gd. E5 L1.1 Teknik Mesin Gunungpati, Semarang 50229 Telp. (024) 8508103		<b>Laboratorium Pengujian Bahan</b> <b>Teknik Mesin - UNNES</b>						
				LOT ID.		20200122-1133				
Company	Uji 3	Test Date		01-22-2020						
Standard		Operator		Imam						
Temperature	23C	Relative Humidity		80%						
Machine Model	TT-HW2-600S	Capacity		600kN						
<b>Test Data</b>										
No.	Do mm	Fm N	FeH N	FeL N	Fb N	Lu mm				
01	8.00	18726.0			18240	77.1				
<b>No.1 specimen signature (LOT ID:20200122-1133)</b>										
										

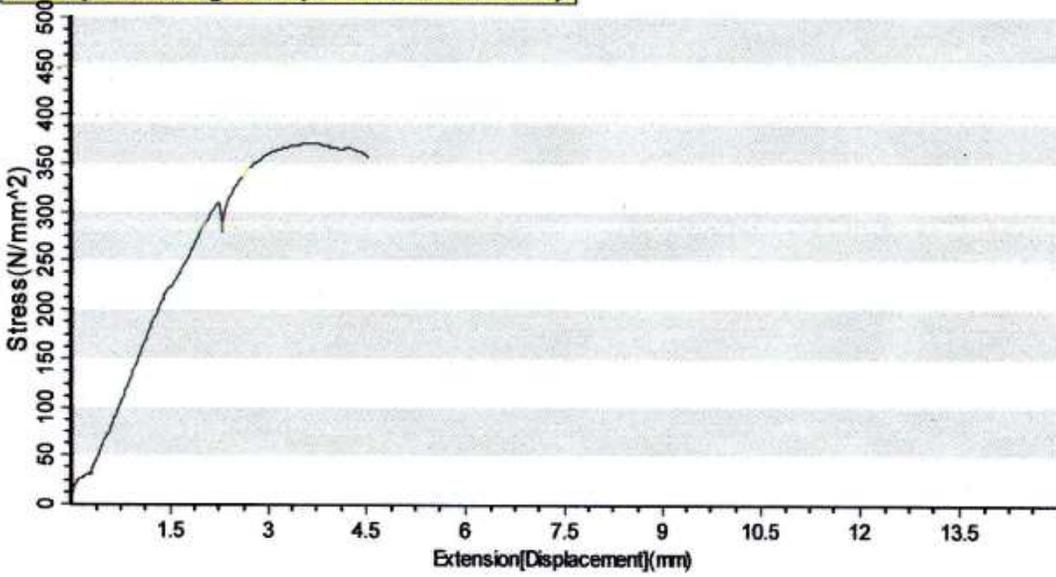


Operator:

QC:

Page 1

Tabel L.1.4 Hasil Uji Tarik Angkur Uji 4

		Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Gd. E5 L1.1 Teknik Mesin Gunungpati, Semarang 50229 Telp. (024) 8508103		<b>Laboratorium Pengujian Bahan</b> <b>Teknik Mesin - UNNES</b>			
				LOT ID.		20200122-1135	
Company	Uji 4			Test Date	01-22-2020		
Standard				Operator	Imam		
Temperature	23C			Relative Humidity	80%		
Machine Model	TT-HW2-600S			Capacity	600kN		
<b>Test Data</b>							
No.	Do mm	Fm N	FeH N	FeL N	Fb N	Lu mm	
01	8.00	18604.0			17880	77.2	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;"> <b>No.1 specimen signature(LOT ID:20200122-1135)</b> </div> 							



Operator:

QC:

**LAMPIRAN 2**  
**Uji Material Beton**

Tabel L.2.1 Hasil Uji Tekan Beton



Kantor Pusat :  
 Jl. Wr. Supratman No. 65 Kota Semarang  
 Telp. (024) 76432983, 76432995, 76637309  
 NPWP : 21.042.382.8-503.000



Base Camp Batching Plant (Beton Readymix)  
 Dusun Kalikopeng, Desa Leyangan  
 Kec. Ungaran Timur, Kab. Semarang  
 HP. 0822 2520 7686

Nomor : 004/test\_Beton/Bonindo/IV/2020  
 Perihal : Hasil Pengujian Tekan Silinder Beton

Pemakai Jasa : Mahasiswa UNNES  
 Proyek : Pekerjaan Pembuatan Balok "T"

No	Kode Benda Uji	Tanggal Pembuatan	Tanggal Pengujian	Umur (hari)	Berat (kg)	Gaya Tekan (ton)	Kokoh Tekan (kg/cm <sup>2</sup> )	Perkiraan Kokoh Silinder 28 Hari (kg/cm <sup>2</sup> )	Perkiraan Kokoh Silinder 28 Hari (MPa)	Perkiraan Kokoh Kubus 28 hari (kg/cm <sup>2</sup> )	Keterangan
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(9)	(10)	(11)
				(4)-(3)			(7)*1000/A	(8)*100/n	(9*0.83)*(9.81/100)	(9)/0.83	
1	Tekan 1	10-Mar-20	19-Apr-20	40	12,72	66.8	377.811	363.735	29.616	438.235	Ukuran Contoh Silinder
1	Tekan 2	10-Mar-20	19-Apr-20	40	11,96	52.5	297.058	285.990	23.286	344.566	Ø = 15 cm H = 30 cm
1	Tekan 3	10-Mar-20	19-Apr-20	40	12,47	54.6	308.594	297.096	24.190	357.947	
						Rata - rata	327.821	315.607	25.698		
<b>Keterangan :</b> $A = 0.25 * (22/7) * \varnothing^2$ $n =$ tabel perbandingan kekuatan tekan beton pada berbagai umur (pc biasa)											

Catatan : Laporan ini berlaku untuk benda contoh / benda Uji dari Bonindo Batching Plant  
 Konversi kokoh usia 28 hari berdasarkan konversi beton normal (tanpa penambahan additive)

Semarang, 20 April 2020

Mengetahui :  
**PT. BONINDO MULTI DAYA**

**PT. BONINDO MULTI DAYA**

**SYAFIL, SE**  
 Direktur

**ADRIAN NOORMAN, SE**  
 Technical

Tabel L.2.2 Hasil Uji Tarik Belah Beton



Kantor Pusat :  
 Jl. Wr. Supratman No. 65 Kota Semarang  
 Telp. (024) 76432983, 76432995, 76637309  
 NPWP : 21.042.382.8-503.000



Base Camp Batching Plant (Beton Readymix)  
 Dusun Kalikopeng, Desa Leyangan  
 Kec. Ungaran Timur, Kab. Semarang  
 HP. 0822 2520 7686

Nomor : 005/test\_Beton/Bonindo/IV/2020 Pemakai Jasa : Mahasiswa UNNES  
 Perihal : Hasil Pengujian Tarik Belah Silinder Beton Proyek : Pekerjaan Pembuatan Balok "T"

No	Kode Benda Uji	Tanggal Pembuatan	Tanggal Pengujian	Umur (hari)	Berat (kg)	Gaya Tekan (ton)	Kuat Tarik Belah (kg/cm <sup>2</sup> )	Perkiraan Tarik Belah Silinder 28 Hari (kg/cm <sup>2</sup> )	Perkiraan Tarik Belah Silinder 28 Hari (Mpa)	Keterangan
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
				(4)-(3)			$(7)2*1000/(phi i*D*L)$	(8)/n	(9)*9.81/100	
1	Tarik Belah 1	10-Mar-20	19-Apr-20	40	12,72	18.6	26.245	25.267	2.478690719	Ukuran Contoh
1	Tarik Belah 2	10-Mar-20	19-Apr-20	40	11,96	19.2	27.110	26.100	2.560405798	D = 15 cm L = 30 cm
1	Tarik Belah 3	10-Mar-20	19-Apr-20	40	12,47	20.1	28.408	27.349	2.682978416	
					Rata - rata		27.254	26.239	2.574	
<b>Keterangan :</b>										
D = diameter silinder      L = panjang silinder										
n = tabel perbandingan kekuatan tekan beton pada berbagai umur (pc biasa)										

Catatan : Laporan ini berlaku untuk benda contoh / benda Uji dari Bonindo Batching Plant  
 Konversi kokoh usia 28 hari berdasarkan konversi beton normal (tanpa penambahan additive)

Semarang, 20 April 2020

Mengetahui :  
**PT. BONINDO MULTI DAYA**

**PT. BONINDO MULTI DAYA**

**SYAFIL, SE**  
 Direktur

**ADRIAN NOORMAN, SE**  
 Technical

**LAMPIRAN 3**  
**Perhitungan Uji Statistik**

Tabel L.3.1 Hasil Perhitungan Uji Statistik

Book1 - Excel																			
File Home Insert Page Layout Formulas Data Review View Help Tell me what you want to do																			
	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
1												Cast-in Place				Post Installed			
2	Cast-in Place					Post Installed						n	26			n	26		
3												Xr	24494.2			Xr	28490.5		
4	x1	y1	X1-X1	Y1-Y1		x2	y2	X2-X2	Y2-Y2			Yr	4.92949			Yr	6.77923		
5	0	0.00	-24494	-4.93		0	0.00	-24478	-6.78			EY	128.167			EY	176.26		
6	1962	0.23	-22532	-4.70		1962	0.47	-22516	-6.31			EY <sup>2</sup>	942.395			EY <sup>2</sup>	1666.39		
7	3924	0.54	-20570	-4.39		3924	1.04	-20554	-5.74			E(XY)	4448953			E(XY)	6788028		
8	5886	0.80	-18608	-4.13		5886	1.51	-18592	-5.27			E(X-Xr) <sup>2</sup>	5.6E+09			E(X-Xr) <sup>2</sup>	6.9E+09		
9	7848	1.12	-16646	-3.81		7848	1.90	-16630	-4.88			E(X-Xr)(Y-Yr)	1309614			E(X-Xr)(Y-Yr)	1766288		
10	9810	1.50	-14684	-3.43		9810	2.39	-14668	-4.39			E(Y-Yr) <sup>2</sup>	310.599			E(Y-Yr) <sup>2</sup>	471.481		
11	11772	1.92	-12722	-3.01		11772	2.76	-12706	-4.02			b	0.00023			b	0.00026		
12	13734	2.20	-10760	-2.73		13734	3.13	-10744	-3.65			a	-0.8091			a	-0.5274		
13	15696	2.50	-8798.2	-2.43		15696	4.01	-8781.8	-2.77			JKS	3.77872			JKS	18.5014		
14	17658	2.85	-6836.2	-2.08		17658	4.65	-6819.8	-2.13										
15	19620	3.26	-4874.2	-1.67		19620	5.36	-4857.8	-1.42							Test Ho: $\beta_1 = \beta_2$			
16	21582	3.79	-2912.2	-1.14		21582	6.10	-2895.8	-0.68							db	48		
17	23544	4.29	-950.19	-0.64		23544	6.48	-933.84	-0.30							Sp <sup>2</sup>	0.4641695		
18	25506	4.84	1011.81	-0.09		25506	6.95	1028.16	0.17							Var(b1-b2)	1.504E-10		
19	27468	5.33	2973.81	0.40		27468	7.50	2990.16	0.72							t	1.8080196		
20	29430	5.78	4935.81	0.85		29430	8.22	4952.16	1.44							nilai p	0.0768711		
21	31392	6.28	6897.81	1.35		31392	8.75	6914.16	1.97							Hasil	Terima Ho		
22	33354	6.69	8859.81	1.76		33354	9.36	8876.16	2.58							Kesimpulan	Garis Regresi Paralel		
23	35316	7.27	10821.8	2.34		35316	10.09	10838.2	3.31										
24	37278	7.90	12783.8	2.97		37278	10.66	12800.2	3.88										
25	39240	8.39	14745.8	3.46		39240	11.36	14762.2	4.58							Test Ho: $\alpha_1 = \alpha_2$			
26	41202	8.99	16707.8	4.06		41202	11.73	16724.2	4.95							db	49		
27	43164	9.70	18669.8	4.77		43164	12.40	18686.2	5.62							bg	0.0002465		
28	45420.3	10.28	20926.1	5.35		45126	12.81	20648.2	6.03							t	-1.879657		
29	46891.8	10.78	22397.6	5.85		47169.75	13.21	22691.9	6.43							nilai p	0.0661077		
30	48150.75	10.94	23656.6	6.01		47742.0	13.40	23264.2	6.62							Hasil	Terima Ho		
31																Kesimpulan	Garis Regresi Paralel Tak Berhimpit		