

SKRIPSI

**STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH KEDALAMAN
DAN DIAMETER PADA KUAT LEKAT ANGKUR
DENGAN BETON MENGGUNAKAN *CHEMICAL
ANCHOR***



**DAVID HANS ABEL
NPM : 2014410074**

PEMBIMBING: Dr. Johannes Adhijoso Tjondro

KO-PEMBIMBING: Altho Sagara, S.T., M.T.

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 227/SK/BAN-PT/Ak-XVI/S/XI/2013)
BANDUNG
JUNI 2018**

SKRIPSI

**STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH KEDALAMAN
DAN DIAMETER PADA KUAT LEKAT ANGKUR
DENGAN BETON MENGGUNAKAN *CHEMICAL
ANCHOR***



**DAVID HANS ABEL
NPM : 2014410074**

PEMBIMBING: Dr. Johannes Adhijoso Tjondro

KO-PEMBIMBING: Altho Sagara, S.T., M.T.

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 227/SK/BAN-PT/Ak-XVI/S/XI/2013)
BANDUNG
JUNI 2018**

SKRIPSI

**STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH KEDALAMAN
DAN DIAMETER PADA KUAT LEKAT ANGKUR
DENGAN BETON MENGGUNAKAN *CHEMICAL
ANCHOR***



**DAVID HANS ABEL
NPM : 2014410074**

BANDUNG, 8 JUNI 2018

KO-PEMBIMBING:

Altho Sagara, S.T., M.T.

PEMBIMBING:

Dr. Johannes Adhijoso Tjondro

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 227/SK/BAN-PT/Ak-XVI/S/XI/2013)
BANDUNG
JUNI 2018**

PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini,

Nama Lengkap : David Hans Abel

NPM : 2014410074

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul: *Studi Eksperimental Pengaruh Kedalaman dan Diameter pada Kuat Lekat Angkur dengan Beton menggunakan Chemical Anchor* adalah karya ilmiah yang bebas plagiat. Jika dikemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Bandung, 8 Juni 2018



David Hans Abel

2014410074

STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH KEDALAMAN DAN DIAMETER PADA KUAT LEKAT ANGKUR DENGAN BETON MENGUNAKAN *CHEMICAL ANCHOR*

**David Hans Abel
NPM: 2014410074**

**Pembimbing: Dr. Johannes Adhijoso Tjondro
Ko-Pembimbing: Altho Sagara, S.T., M.T.**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 227/SK/BAN-PT/Ak-XVI/S/XI/2013)
BANDUNG
JUNI 2018**

ABSTRAK

Pada dunia konstruksi, suatu saat bangunan membutuhkan perkuatan atau perluasan gedung. Ada berbagai metode yang dapat dilakukan untuk mengatasi kebutuhan ini, salah satunya adalah penggunaan *chemical anchor*. Dalam pemasangan *chemical anchor* dibutuhkan perhatian khusus dalam menentukan kedalaman pemasangan angkur dan memilih diameter angkur yang dibutuhkan karena mempengaruhi beban maksimum yang dapat dipikul oleh angkur tersebut nantinya. Setiap produsen *chemical anchor* memberikan syarat kedalaman untuk setiap diameter yang berbeda agar kinerja *chemical anchor* nantinya aman dan dapat mencapai kekuatan yang optimal. Pada penelitian ini, dilakukan uji eksperimental kekuatan lekatan dari *chemical anchor* yang dipasang dengan variable kedalaman dibawah syarat produsen dengan diameter yang bervariasi. Nilai *bond strength* dan beban *ultimate* yang dapat dipikul sampai terjadi kegagalan lekatan akan didapatkan. Dari hasil pengujian didapatkan faktor keamanan kuat tarik *ultimate* dan leleh terhadap kekuatan yang disarankan SNI 2847-2013. Hasilnya faktor keamanan untuk D10 – 90 mm adalah 7,82 dan 5,68; untuk D10 – 100 mm adalah 7,26 dan 5,37; untuk D10 – 110 mm adalah 6,53 dan 4,70; untuk D13 – 100 mm adalah 6,76 dan 4,47; untuk D13 – 120 mm adalah 5,55 dan 3,65; untuk D13 – 140 mm adalah 5,36 dan 3,40; untuk D16 – 120 mm adalah 5,92 dan 4,02; untuk D16 – 150 mm adalah 4,67 dan 3,07; untuk D16 – 180 mm adalah 3,70 dan 2,39. Kuat lekat angkur akan makin kecil jika semakin besar diameter dan kedalamannya. Korelasi antara kuat lekat (τ) dengan diameter (d_a) dan kedalaman (l_d) adalah $\tau = 24,8 - 0,201d_a - 0,0784l_d$ untuk kuat lekat *ultimate* dan $\tau = 18,9 - 0,262d_a - 0,0563l_d$ untuk kuat lekat leleh.

Kata Kunci: angkur, angkur kimia, kedalaman, diameter, kuat lekat, slip, cabut.

EXPERIMENTAL STUDY OF THE EFFECT FROM EMBEDMENT DEPTH AND DIAMETER OF ANCHOR FOR BOND STRENGTH TEST WITH CHEMICAL ANCHOR

**David Hans Abel
NPM: 2014410074**

**Advisor: Dr. Johannes Adhijoso Tjondro
Co-Advisor: Altho Sagara, S.T., M.T.**

**PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY
FACULTY OF ENGINEERING DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
(Accredited by SK BAN-PT Number: 227/SK/BAN-PT/Ak-XVI/S/XI/2013)
BANDUNG
JUNE 2018**

ABSTRACT

In construction, building may need a strengthening or extension building. There are several methods to solve these problems, one of them is the usage of chemical anchor. In the installation of chemical anchor, it is needed to put an extra attention to determine the embedment depth and choose the diameter of the anchor, because they will affect maximum load that can be carried by the anchor. Producer of chemical anchor has given the minimum embedment depth for all possible anchor diameter to make chemical anchor achieved optimal strength. In this research, experimental test was done to investigate the bond strength of the installation of chemical anchor under the minimum requirement embedment depth for different anchor diameter. The bond strength and ultimate load to bond failure was found. From this experiment, safety factor on ultimate and yield tension strength are also obtained. The results for D10 – 100 mm are 7.26 and 5.37; for D10 – 110 mm are 6.53 and 4.70; for D13 – 100 mm are 6.76 and 4.47; for D13 – 120 mm are 5.55 and 3.65; for D13 – 140 mm are 5.36 and 3.40; for D16 – 120 mm are 5.92 and 4.02; for D16 – 150 mm are 4.67 and 3.07; for D16 – 180 mm are 3.70 and 2.39. The bond strength of the anchor decrease when the diameter and depth of the anchor increased. The correlation between bond strength (τ) with diameter (d_a) and depth (l_d) is $\tau = 24.8 - 0.201d_a - 0.0784l_d$ for ultimate bond strength and $\tau = 18.9 - 0.262d_a - 0.0563l_d$ for yield bond strength.

Keywords: anchor, chemical anchor, depth, diameter, bond strength, slippage, pull out.

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan yang Maha Esa atas kasih, karunia, dan berkat-Nya selama penulis menyusun skripsi yang berjudul *Studi Eksperimental Pengaruh Kedalaman dan Diameter pada Kuat Lekat Angkur dengan Beton menggunakan Chemical Anchor* sehingga dapat berjalan dengan lancar dan dapat diselesaikan dengan baik dan memuaskan. Penyusunan skripsi ini merupakan syarat kelulusan studi S-1 Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung tempat penulis menjalankan studinya.

Penulisan skripsi ini bertujuan untuk memenuhi syarat kelulusan studi S-1 Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung. Mata kuliah skripsi ini merupakan mata kuliah wajib berbobot 6 sks dan dapat ditempuh setelah lulus 120 sks.

Proses penyusunan skripsi ini tidak lepas dari berbagai hambatan, baik selama proses persiapan, pelaksanaan, pengujian, maupun penulisan. Oleh karenanya penulis sangat berterima kasih atas segala saran, kritik, serta dorongan yang diberikan oleh berbagai pihak selama proses pembuatan skripsi ini hingga akhirnya skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik dan tepat waktu. Untuk itu penulis ingin menyampaikan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Papa Budiono dan Mama Cecilia selaku orang tua penulis serta Ci Jeva selaku kakak penulis yang senantiasa memberikan dorongan, semangat, dan doa kepada penulis selama proses penyusunan skripsi ini.
2. Bapak Dr. Johannes Adhijoso Tjondro selaku dosen pembimbing yang selalu membantu dan membimbing serta memberi masukan dan saran selama proses penyusunan skripsi ini.
3. Bapak Altho Sagara, S.T., M.T. selaku dosen ko-pembimbing yang selalu membantu selama proses persiapan, pencarian sponsor, dan pengujian, serta memberikan masukan dan saran selama proses penyusunan skripsi ini.

4. Ibu Theresita Herni Setiawan, Ir., M.T. yang telah membantu mencari sponsor penelitian ini serta memberikan masukan dan saran selama proses penyusunan skripsi ini.
5. Para dosen penguji skripsi yang sudah banyak memberi masukan dan saran.
6. Bapak Heri selaku perwakilan Mr. Safety Group dan Bapak Didi selaku operator Mr. Safety Group yang telah datang ke Bandung untuk memberikan bantuan sponsor berupa Produk Fischer *Chemical Anchor* dan melakukan pemasangan pada semua benda uji pada penelitian ini.
7. Bapak Ir. Teguh Farid dan Bapak Markus Didi yang banyak memberikan bantuan dan arahan dalam persiapan bahan, pengujian material, pembuatan benda uji, dan uji eksperimental di Laboratorium Struktur Teknik Sipil UNPAR.
8. Bryan, Liyans, Ibab, Halim, Andrejon, Bima, Vinson, Marco, Te dan teman-teman bermain lain yang telah memberikan bantuan, waktu, dan gangguan kepada penulis selama proses penyusunan skripsi serta menjalani studi di UNPAR selama 4 tahun ini.
9. Rexy, Jason, Eca, Mario, Fany, Astrid, Anisa, Octav, Mareta selaku teman seperjuangan skripsi yang senantiasa saling membantu dengan pamrih dalam persiapan, pengujian, dan penyusunan skripsi ini.
10. Sipil UNPAR 2014 atas segala kebersamaan selama studi di UNPAR.
11. Semua pihak yang telah membantu dan mendoakan yang tidak bisa disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis menerima segala bentuk saran dan kritik yang membangun dan berharap skripsi ini dapat berguna untuk penelitian dan penerapan kelak di masa yang akan datang.

Bandung, 8 Juni 2018



David Hans Abel

2014410074

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
PERNYATAAN.....	vii
PRAKATA.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR NOTASI.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL.....	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	1-1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1-1
1.2 Inti Permasalahan	1-3
1.3 Maksud dan Tujuan	1-3
1.4 Batasan Masalah.....	1-3
1.5 Metode Penelitian.....	1-4
1.6 Sistematika Penulisan.....	1-4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	2-1
2.1 Beton	2-1
2.2 Material Beton.....	2-3
2.2.1 Agregat.....	2-3
2.2.2 Air	2-6
2.2.3 Semen.....	2-7
2.3 Metode Perawatan Beton (<i>Curing</i>).....	2-8
2.4 Tulangan Baja.....	2-9

2.5	<i>Bond Strength</i>	2-11
2.6	<i>Chemical Anchor</i>	2-14
2.7	<i>Material Chemical Anchor</i>	2-16
2.8	Metode Pengujian	2-19
2.6.1	Kuat Tekan	2-20
2.6.2	Kuat Lekat (<i>Bond Strength</i>).....	2-20
BAB 3 PERSIAPAN DAN PELAKSANAAN PENGUJIAN		3-1
3.1	Bahan dan Benda Uji	3-1
3.1.1	Bahan Uji.....	3-1
3.1.2	Benda Uji.....	3-3
3.2	Pengujian Material	3-4
3.2.1	Pengujian Agregat Kasar	3-4
3.2.2	Pengujian Agregat Halus	3-5
3.2.3	Pengujian Semen	3-5
3.2.4	Pengujian Tulangan Baja.....	3-6
3.3	Prosedur Pengecoran Beton	3-9
3.3.1	<i>Mix Design</i>	3-9
3.3.2	Pencampuran Material dan Pengecoran	3-10
3.3.3	Perawatan (<i>Curing</i>)	3-15
3.4	Pemasangan Angkur	3-15
3.5	Proses Pengujian Benda uji.....	3-22
3.5.1	Uji Kuat Tekan Beton.....	3-22
3.5.2	Uji <i>Bond Strength</i>	3-23
BAB 4 ANALISIS DATA.....		4-1

4.1	Analisis Hasil Uji Kuat Tekan.....	4-1
4.2	Analisis Hasil Uji <i>Bond Strength</i>	4-6
4.2.1	Analisis <i>Bond Strength</i> I	4-7
4.2.2	Analisis <i>Bond Strength</i> II	4-23
4.2.3	Analisis <i>Bond Strength</i> III.....	4-28
4.3.4	Analisis <i>Bond Strength</i> IV	4-33
4.3.5	Analisis <i>Slippage</i>	4-35
4.3	Analisis Pola Kegagalan.....	4-37
4.3.1	Analisis Pola Keretakan Uji Kuat Tekan	4-37
4.3.2	Analisis Pola Kegagalan Uji <i>Bond Strength</i>	4-40
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		5-1
5.1	Kesimpulan.....	5-1
5.2	Saran	2
DAFTAR PUSTAKA		xix
LAMPIRAN 1		xxi
LAMPIRAN 2		xxiii
LAMPIRAN 3		xxv
LAMPIRAN 4.....		xxvii

DAFTAR NOTASI

A	= Luas permukaan benda uji	(mm ²)
C_b	= Yang lebih kecil dari: (a) jarak dari pusat batang tulangan atau kawat ke permukaan beton terdekat, dan (b) setengah spasi pusat ke pusat batang tulangan atau kawat yang disalurkan	(mm)
d_a	= Diameter luar tulangan angkur	(mm)
d_b	= Diameter nominal batang tulangan	(mm)
FK_u	= Faktor keamanan <i>ultimate</i>	
FK_y	= Faktor keamanan leleh	
f_c	= Kuat tekan beton	(MPa)
f_c'	= Kuat tekan karakteristik beton	(MPa)
\bar{f}_c	= Rata-rata estimasi kuat tekan beton 28 hari	(MPa)
f_y	= Tegangan leleh baja	(MPa)
h_{ef}	= Kedalaman penanaman efektif angkur	(mm)
k	= Interval kepercayaan 95 % distribusi normal, $k = 1,645$	
K_{tr}	= Indeks tulangan transversal	
ld	= Panjang penyaluran / panjang tulangan yang tertanam pada beton	(mm)
N_{ba}	= Kekuatan lekatan dasar dari angkur adesif tunggal dalam kondisi tarik pada beton retak / beban desain minimum	(N)
P	= Beban	(N)
P_u	= Beban <i>ultimate</i> rata-rata	(N)
P_y	= Beban leleh rata-rata	(N)
s	= Standar deviasi	
X	= Umur uji	(hari)
Y	= Kuat tekan regresi	(MPa)
Y_i	= Kuat tekan regresi pada umur uji x hari	(MPa)
Y_{max}	= Kuat tekan regresi pada umur uji 28 hari	(MPa)

- λ = Faktor modifikasi yang merefleksikan properti mekanis tereduksi dari beton ringan, semuanya relatif terhadap beton normal dengan kekuatan yang sama
- λ_a = Faktor modifikasi yang merefleksikan property mekanis tereduksi dari beton ringan pada aplikasi pengankuran beton tertentu
- τ = Tegangan lekat (MPa)
- τ_{cr} = Tegangan karakteristik dari ankur dengan lekatan dalam beton yang retak (τ_{desain}) (MPa)
- $\tau_{ultimate}$ = Tegangan lekat yang terjadi pada beban *ultimate* (MPa)
- τ_{leleh} = Tegangan lekat yang terjadi pada beban leleh (MPa)
- ψ_e = Faktor yang digunakan untuk memodifikasi panjang penyaluran berdasarkan pada pelapis tulangan
- ψ_t = Faktor yang digunakan untuk memodifikasi panjang penyaluran berdasarkan pada lokasi tulangan
- ψ_s = Faktor yang digunakan untuk memodifikasi panjang penyaluran berdasarkan pada ukuran tulangan

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Mekanisme dari <i>Bond Strength</i> (Ahmed, Siddiqi, dan Yousaf, 2007)	2-12
Gambar 2. 2 <i>Pull Out Failure</i> (Ahmed, Siddiqi, dan Yousaf, 2007)	2-13
Gambar 2. 3 <i>Longitudinal Splitting Failure</i> (Ahmed, Siddiqi, dan Yousaf, 2007)	2-13
Gambar 2. 4 <i>Fischer Injection Mortar FIS EM 585 S</i>	2-17
Gambar 2. 5 Syarat Kedalaman Pengangkuran menurut Brosur Fischer	2-18
Gambar 2. 6 Ilustrasi Uji <i>Bond Strength</i>	2-21
Gambar 3. 1 Agregat Kasar Alami	3-1
Gambar 3. 2 Agregat Halus Alami	3-2
Gambar 3. 3 Semen PCC Tiga Roda Indocement	3-2
Gambar 3. 4 Tulangan Baja Polos sebagai Tulangan Sengkang	3-3
Gambar 3. 5 Tulangan Baja Ulir sebagai Tulangan Angkur	3-3
Gambar 3. 6 Grafik Hasil Pengujian Mutu Tulangan Baja Ulir D10	3-6
Gambar 3. 7 Grafik Hasil Pengujian Mutu Tulangan Baja Ulir D13	3-7
Gambar 3. 8 Grafik Hasil Pengujian Mutu Tulangan Baja Ulir D16	3-7
Gambar 3. 9 Tulangan Baja Setelah Diuji Tarik	3-9
Gambar 3. 10 Bekisting Silinder 150mm x 300mm	3-11
Gambar 3. 11 Wadah Campuran Beton	3-11
Gambar 3. 12 Memasukan Material ke dalam <i>Mixer</i>	3-12
Gambar 3. 13 Menuangkan Campuran Beton ke Wadah	3-12
Gambar 3. 14 Kerucut Abrams	3-13
Gambar 3. 15 Pengukuran <i>Slump</i>	3-13
Gambar 3. 16 Memasukan Campuran Beton ke dalam Bekisting	3-14
Gambar 3. 17 Penggunaan <i>Vibrator</i>	3-14
Gambar 3. 18 Beton yang sudah Diratakan	3-15
Gambar 3. 19 <i>Curing</i> dengan Metode Pembasahan	3-15
Gambar 3. 20 Sampel Beton yang akan Dipasang Angkur	3-16
Gambar 3. 21 Alat-alat yang Digunakan dalam Pemasangan Angkur	3-16
Gambar 3. 22 Pemberian Tanda pada Mata Bor	3-16
Gambar 3. 23 Pengeboran dan Pembersihan Permukaan Sampel	3-17

Gambar 3. 24 <i>Blowing</i> pada Lubang Bor.....	3-17
Gambar 3. 25 Penggunaan Sikat Bulu pada Lubang Bor	3-18
Gambar 3. 26 Penggunaan Sikat Kawat pada Lubang Bor.....	3-18
Gambar 3. 27 Memberi Tanda pada Tulangan	3-19
Gambar 3. 28 Menyikat Permukaan Tulangan	3-19
Gambar 3. 29 Membuang Injeksi Awal.....	3-20
Gambar 3. 30 Injeksi <i>Chemical Anchor</i> pada Lubang Bor.....	3-20
Gambar 3. 31 Memasukan Tulangan Baja.....	3-21
Gambar 3. 32 Membersihkan <i>Chemical Anchor</i> yang Meluap.....	3-21
Gambar 3. 33 Curing Time <i>Chemical Anchor</i>	3-22
Gambar 3. 34 Uji Kuat Tekan Beton dengan Alat CTM	3-23
Gambar 3. 35 Uji <i>Bond Strength</i> dengan Alat UTM	3-24
Gambar 4. 1 Grafik Hubungan Y' dengan Umur Uji	4-2
Gambar 4. 2 Grafik Hubungan Kuat Tekan Regresi dengan Umur Uji.....	4-5
Gambar 4. 3 Grafik Hubungan Beban dengan Peralihan pada Analisis <i>Bond Strength</i> I (D10 – 90 mm)	4-9
Gambar 4. 4 Grafik Hubungan Beban dengan Peralihan pada Analisis <i>Bond Strength</i> I (D10 – 100 mm)	4-10
Gambar 4. 5 Grafik Hubungan Beban dengan Peralihan pada Analisis <i>Bond Strength</i> I (D10 – 110 mm)	4-11
Gambar 4. 6 Grafik Hubungan Beban dengan Peralihan pada Analisis <i>Bond Strength</i> I (D13 – 100 mm)	4-12
Gambar 4. 7 Grafik Hubungan Beban dengan Peralihan pada Analisis <i>Bond Strength</i> I (D13 – 120 mm)	4-13
Gambar 4. 8 Grafik Hubungan Beban dengan Peralihan pada Analisis <i>Bond Strength</i> I (D13 – 140 mm)	4-14
Gambar 4. 9 Grafik Hubungan Beban dengan Peralihan pada Analisis <i>Bond Strength</i> I (D16 – 120 mm)	4-15
Gambar 4. 10 Grafik Hubungan Beban dengan Peralihan pada Analisis <i>Bond Strength</i> I (D16 – 150 mm)	4-16

Gambar 4. 11 Grafik Hubungan Beban dengan Peralihan pada Analisis <i>Bond Strength</i> I (D16 – 180 mm)	4-17
Gambar 4. 12 Grafik Hubungan <i>Bond Strength</i> dengan Kedalaman Angkur D10	4-19
Gambar 4. 13 Grafik Hubungan <i>Bond Strength</i> dengan Kedalaman Angkur D13	4-19
Gambar 4. 14 Grafik Hubungan <i>Bond Strength</i> dan Kedalaman Angkur D16.....	4-20
Gambar 4. 15 Grafik Hubungan <i>Bond Strength Ultimate</i> dengan Kedalaman dan Diameter Angkur	4-21
Gambar 4. 16 Grafik Hubungan <i>Bond Strength</i> Leleh dengan Kedalaman dan Diameter Angkur	4-22
Gambar 4. 17 Grafik Hubungan Beban dengan Peralihan pada Analisis <i>Bond Strength</i> II (D10 – 90 mm)	4-23
Gambar 4. 18 Grafik Hubungan Beban dengan Peralihan pada Analisis <i>Bond Strength</i> II (D10 – 100 mm)	4-24
Gambar 4. 19 Grafik Hubungan Beban dengan Peralihan pada Analisis <i>Bond Strength</i> II (D10 – 110 mm)	4-24
Gambar 4. 20 Grafik Hubungan Beban dengan Peralihan pada Analisis <i>Bond Strength</i> II (D13 – 100 mm)	4-25
Gambar 4. 21 Grafik Hubungan Beban dengan Peralihan pada Analisis <i>Bond Strength</i> II (D13 – 120 mm)	4-25
Gambar 4. 22 Grafik Hubungan Beban dengan Peralihan pada Analisis <i>Bond Strength</i> II (D13 – 140 mm)	4-26
Gambar 4. 23 Grafik Hubungan Beban dengan Peralihan pada Analisis <i>Bond Strength</i> II (D16 – 120 mm)	4-26
Gambar 4. 24 Grafik Hubungan Beban dengan Peralihan pada Analisis <i>Bond Strength</i> II (D16 – 150 mm)	4-27
Gambar 4. 25 Grafik Hubungan Beban dengan Peralihan pada Analisis <i>Bond Strength</i> II (D16 – 180 mm)	4-27
Gambar 4. 26 Grafik Hubungan Beban dengan Peralihan pada Analisis <i>Bond Strength</i> III (D10)	4-29

Gambar 4. 27 Grafik Hubungan Beban dengan Peralihan pada Analisis <i>Bond Strength</i> III (D13).....	4-29
Gambar 4. 28 Grafik Hubungan Beban dengan Peralihan pada Analisis <i>Bond Strength</i> III (D16).....	4-30
Gambar 4. 29 Grafik Hubungan Beban <i>Ultimate</i> dan Kedalaman Angkur D10 ...	4-31
Gambar 4. 30 Grafik Hubungan Beban <i>Ultimate</i> dan Kedalaman Angkur D13 ...	4-31
Gambar 4. 31 Grafik Hubungan Beban <i>Ultimate</i> dan Kedalaman Angkur D16 ...	4-32
Gambar 4. 32 Distribusi <i>Bond Stress</i>	4-33
Gambar 4. 33 Grafik Hubungan Beban dengan Peralihan pada Analisis <i>Bond Strength</i> IV (Kedalaman Angkur Kecil)	4-34
Gambar 4. 34 Grafik Hubungan Beban dengan Peralihan pada Analisis <i>Bond Strength</i> IV (Kedalaman Angkur Tengah).....	4-34
Gambar 4. 35 Grafik Hubungan Beban dengan Peralihan pada Analisis <i>Bond Strength</i> IV (Kedalaman Angkur Besar).....	4-35
Gambar 4. 36 Grafik Regresi Hubungan Slip dengan Kedalaman pada Setiap Diameter Angkur	4-37
Gambar 4. 37 Pola Keretakan Menurut ASTM C 39.....	4-38
Gambar 4. 38 Pola Keretakan Tipe 5	4-39
Gambar 4. 39 Pola Keretakan Tipe 5	4-39
Gambar 4. 40 Pola Keretakan Tipe 5	4-39
Gambar 4. 41 Variasi Kegagalan pada Uji <i>Bond Strength</i> (B.A. Tayeh et al., 2017)	4-40
Gambar 4. 42 Kegagalan Tipe (a).....	4-41
Gambar 4. 43 Kegagalan Tipe (c).....	4-41
Gambar 4. 44 Kegagalan Tipe (c).....	4-42

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Ketentuan Gradasi Agregat Kasar berdasar SNI 03-2834-2000	2-5
Tabel 2. 2 Ketentuan Gradasi Agregat Halus berdasar SNI 03-2834-2000 dan ASTM C 33	2-5
Tabel 2. 3 Ukuran Baja Tulangan Polos dari SNI	2-10
Tabel 2. 4 Ukuran Baja Tulangan Ulir dari SNI	2-10
Tabel 2. 5 Kedalaman Pengangkuran sesuai Syarat Brosur	2-17
Tabel 2. 6 <i>Mechanical Properties Fischer Injection Mortar FIS EM 585 S</i>	2-18
Tabel 2. 7 <i>Stability Fischer Injection Mortar FIS EM 585 S</i>	2-18
Tabel 2. 8 <i>Physical Properties Fischer Injection Mortar FIS EM 585 S</i>	2-19
Tabel 2. 9 <i>Workability Features Fischer Injection Mortar FIS EM 585 S</i>	2-19
Tabel 3. 1 Rincian Benda Uji	3-4
Tabel 3. 2 Hasil Pengujian Agregat Kasar	3-5
Tabel 3. 3 Hasil Pengujian Agregat Halus	3-5
Tabel 3. 4 Hasil Pengujian Semen	3-6
Tabel 3. 5 Hasil Pengujian Mutu Tulangan Baja Ulir D10	3-8
Tabel 3. 6 Hasil Pengujian Mutu Tulangan Baja Ulir D13	3-8
Tabel 3. 7 Hasil Pengujian Mutu Tulangan Baja Ulir D16	3-8
Tabel 3. 8 Hasil <i>Trial Mix</i>	3-10
Tabel 3. 9 Komposisi Berat setiap Material Penyusun Beton	3-10
Tabel 3. 10 Data Hasil Uji Kuat Tekan Beton	3-23
Tabel 3. 11 Data Hasil Uji <i>Bond Strength</i>	3-25
Tabel 4. 1 Data Hasil Uji Kuat Tekan Beton	4-1
Tabel 4. 2 Nilai Faktor Y'	4-2
Tabel 4. 3 Kuat Tekan Regresi dan Faktor Umur Benda Uji	4-3
Tabel 4. 4 Kuat Tekan Regresi dan Faktor Umur Perhari	4-4
Tabel 4. 5 Kuat Tekan Karakteristik Beton	4-6
Tabel 4. 6 Tabel Analisis <i>Bond Strength I</i> (D10 – 90 mm)	4-9

Tabel 4. 7 Tabel Analisis <i>Bond Strength</i> I (D10 – 100 mm)	4-10
Tabel 4. 8 Tabel Analisis <i>Bond Strength</i> I (D10 – 110 mm)	4-11
Tabel 4. 9 Tabel Analisis <i>Bond Strength</i> I (D13 – 100 mm)	4-12
Tabel 4. 10 Tabel Analisis <i>Bond Strength</i> I (D13 – 120 mm)	4-13
Tabel 4. 11 Tabel Analisis <i>Bond Strength</i> I (D13 – 140 mm)	4-14
Tabel 4. 12 Tabel Analisis <i>Bond Strength</i> I (D16 – 120 mm)	4-15
Tabel 4. 13 Tabel Analisis <i>Bond Strength</i> I (D16 – 150 mm)	4-16
Tabel 4. 14 Tabel Analisis <i>Bond Strength</i> I (D16 – 180 mm)	4-17
Tabel 4. 15 Tabel Kedalaman Maksimum untuk D10, 13, dan 16 mm	4-20
Tabel 4. 16 Kedalaman Maksimum untuk Setiap Diameter pada τ <i>Ultimate</i>	4-21
Tabel 4. 17 Kedalaman Maksimum untuk Setiap Diameter pada τ Leleh	4-22
Tabel 4. 18 Pembacaan Manual Slip Total	4-36

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Beton merupakan salah satu material dalam dunia konstruksi yang cukup populer selain baja dan kayu. Beton cukup populer karena memiliki kemampuan untuk menahan gaya tekan yang tinggi, material penyusun beton memiliki harga relatif cukup murah dan mudah di dapat, dapat dibuat sesuai dengan ukuran dan bentuk yang dibutuhkan, merupakan material yang tahan terhadap temperatur yang tinggi, mudah dan murah dalam pemeliharaannya.

Beton merupakan material yang bersifat getas, dimana beton sudah tidak dapat memikul beban lagi ketika sudah mencapai titik lelehnya. Beton juga memiliki kemampuan yang kuat untuk menahan gaya tekan tetapi lemah menahan gaya tarik, oleh karena itu dalam dunia konstruksi beton dipadukan dengan material lain yaitu tulangan baja yang lebih kuat dalam menahan gaya tarik. Tulangan yang tertanam di dalam beton secara komposit akan membantu menyeimbangkan kekuatan dalam beton tersebut agar lebih mampu menahan tarik (*tension*), sedangkan beton itu sendiri akan dominan dalam menahan tekan (*compression*). Kombinasi tersebut disebut beton bertulang.

Dalam kondisi di lapangan, komponen dalam beton bertulang harus dapat bekerja sama secara baik. Beton dan tulangan baja dapat bekerja sama dengan baik akibat adanya kelekatan antara dua material tersebut. Kuat lekat (*bond strength*) adalah faktor yang sangat penting dalam mendesain beton bertulang sebagai struktur untuk bermacam-macam fungsi. Hal tersebut dikarenakan kuat lekat akan mempengaruhi fungsi komposit antara beton dan tulangan baja karena dapat menyalurkan tegangan geser diantara kedua material tersebut. Tegangan lekat (*bond stress*) digunakan sebagai beberapa parameter untuk desain struktural antara lain kedalaman ankur, panjang *overlap* tulangan, *tension stiffening* antar retakan, kontrol retakan, dan rasio tulangan minimum. (Maria dan Souza, 2013).

Suatu bangunan mungkin saja mengalami perubahan fungsi atau penambahan struktur baru setelah dioperasikan. Dalam perubahan fungsi bangunan, pastinya akan memperhatikan beban operasi yang akan diberikan terhadap struktur tersebut, apakah masih memenuhi syarat dari desain awal atau tidak. Jika tidak, maka harus dilakukan penambahan struktur penguat pada struktur awal. Sama halnya dengan adanya penambahan struktur baru, dimana struktur baru merupakan *extention* atau penambahan dari struktur utama/struktur eksisting. Oleh karena itu, diperlukan adanya tambahan tulangan beton dengan cara melakukan *overlap* ke tulangan eksisting dengan kedalaman tertentu.

Beberapa metode dapat dilakukan untuk mengatasi masalah tersebut, metode pertama adalah dengan membobok bagian beton yang akan mengalami *extention* sehingga tulangan eksisting akan terlihat, kemudian memasang tulangan baru dan mengikatnya pada tulangan eksisting dengan panjang *overlap* tertentu, kemudian melakukan pengecoran beton lagi di bagian yang akan mengalami *extention*. Metode kedua adalah dengan membuat lubang bor yang cukup besar dengan kedalaman tertentu pada bagian beton yang akan dipasang tulangan baru, kemudian memasang tulangan baru dan melakukan *grouting* untuk menutup bekas lubang bor. Metode ketiga adalah dengan cara menghancurkan seluruh struktur dan memulai pembangunan struktur baru dari awal. Beberapa metode tersebut tentu akan merugikan suatu proyek baik dari segi waktu, biaya, dan sumber daya manusia.

Metode lain yang dapat dilakukan adalah menggunakan perekat adesif untuk angkur (*chemical anchor*) sebagai material penguat dalam penanaman angkur tulangan baru dengan kedalaman tertentu. Metode ini dilakukan dengan cara membuat lubang bor yang tidak perlu sebesar metode *grouting*, melakukan pembersihan lubang dari sisa-sisa hasil bor, memasukan *chemical anchor* kedalam lubang bor, memasukan tulangan. Selain meningkatkan kuat lekat antara beton dan tulangan yang menjadi angkur, *chemical anchor* juga berpengaruh terhadap kedalaman pemasangan angkur dimana di lapangan sering terdapat keterbatasan dalam kedalaman pemasangan angkur. Metode ini tentu bisa menjadi pilihan utama karena dapat menekan kerugian yang dihasilkan metode sebelumnya.

1.2 Inti Permasalahan

Inti permasalahan yang akan dibahas adalah mengetahui pengaruh kedalaman ankur dan diameter tulangan terhadap *bond strength* tulangan ankur yang direkatkan menggunakan *chemical anchor* serta dipasang di bawah kedalaman standar dan mengetahui sifat-sifat yang terjadi dari penggunaan sistem tersebut serta memberi keyakinan atas penggunaan sistem tersebut.

1.3 Maksud dan Tujuan

Maksud dan tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui kuat lekat (*bond strength*) dan beban *ultimate* yang dapat dipikul antara tulangan baja dan beton yang di rekatkan menggunakan *chemical anchor*;
2. Mengetahui besarnya slip (*slippage*) yang terjadi pada setiap kuat lekat (*bond strength*) dengan berbagai variasi kedalaman ankur dan diameter tulangan;
3. Mengetahui pengaruh variasi kedalaman ankur tulangan baja terhadap tegangan lekat;
4. Mengetahui pengaruh variasi diameter tulangan terhadap tegangan lekat;
5. Mengamati jenis dan sifat kegagalan yang terjadi.
6. Menghitung faktor keamanan lekatan yang digunakan.

1.4 Batasan Masalah

Pembatasan masalah untuk penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Agregat kasar yang digunakan berjenis alami dalam kondisi SSD dengan ukuran maksimum 19 mm.
2. Agregat halus yang digunakan berjenis alami dengan ukuran maksimum 4,75 mm.
3. Benda uji berupa beton silinder ukuran diameter 150 mm tinggi 300 mm dengan kuat tekan rata-rata yang ditargetkan 28 MPa.
4. Tulangan yang digunakan adalah baja tulangan ulir dengan diameter 10 mm, 13 mm, dan 16 mm untuk tulangan ankur dan tulangan polos diameter 6 mm untuk tulangan sengkang dengan mutu baja 400 MPa.

5. Kedalaman pemasangan angkur adalah 90 mm, 100 mm, 110 mm untuk tulangan diameter 10 mm; kedalaman 100 mm, 120 mm, 140 mm untuk tulangan diameter 13 mm; kedalaman 120 mm, 150 mm, 180 mm untuk tulangan diameter 16 mm.
6. *Chemical anchor* yang digunakan adalah Produk Fischer tipe FIS EM 585 S.
7. Pengujian yang dilakukan adalah uji kuat tekan beton yang akan dilakukan pada saat benda uji berumur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari serta uji *pull-out* untuk menguji *bond strength* pada tulangan yang terpasang pada beton dengan bantuan *chemical anchor* pada saat benda uji berumur 28 hari yang dilakukan di Laboratorium Struktur Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan.

1.5 Metode Penelitian

1. Studi Literatur

Sebagai sumber dalam mencari informasi dan pengetahuan yang digunakan sebagai acuan dalam melakukan penelitian dan studi eksperimental. Literatur yang digunakan berupa buku, artikel, jurnal, e-book, internet, paper, dsb.

2. Studi Eksperimental

Penerapan informasi dan pengetahuan yang di dapat dari literatur dan dilakukan di Laboratorium Struktur Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan, mulai dari pengujian material penyusun beton, pencampuran dan pengecoran beton, uji kuat tekan beton, pengeboran beton, penggunaan *chemical anchor*, pemasangann tulangan baja, dan uji *bond strength* menggunakan metode *pull-out*. Uji *bond strength* menggunakan alat bernama UTM (*Universal Testing Machine*), sedangkan uji kuat tekan beton menggunakan alat bernama CTM (*Compression Testing Machine*).

1.6 Sistematika Penulisan

BAB 1 Pendahuluan. Pada bab ini akan dibahas mengenai latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penulisan, maksud dan tujuan, batasan masalah, metode penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB 2 Tinjauan Pustaka. Pada bab ini akan dibahas mengenai landasan teori dan dasar-dasar teori yang sudah ada sebelumnya yang digunakan dalam penyusunan skripsi ini.

BAB 3 Persiapan dan Pelaksanaan Pengujian. Pada bab ini akan dibahas mengenai persiapan pengujian, pelaksanaan pengujian, dan pencatatan hasil pengujian yang dilakukan di laboratorium struktur Universitas Katolik Parahyangan

BAB 4 Analisis Hasil Pengujian. Pada bab ini akan dibahas mengenai analisis hasil pengujian serta membandingkannya dengan perhitungan secara teoritis.

BAB 5 Kesimpulan dan Saran. Pada bab ini akan dibahas mengenai kesimpulan yang diperoleh dari hasil pengujian dan analisis serta saran-saran yang dapat diusulkan dari pengujian yang telah dilakukan agar hasil penelitian menjadi lebih baik.