

TUGAS AKHIR

KORELASI NILAI PERLAWANAN KONUS TERHADAP NILAI KUAT TARIK ANGKUR LIPAT GANDA

Disusun dan diajukan oleh:

**ARMAN TONAPA
D011 20 1038**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2024**



LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

KORELASI NILAI PERLAWANAN KONUS TERHADAP NILAI KUAT TARIK ANGKUR LIPAT GANDA

Disusun dan diajukan oleh

ARMAN TONAPA
D011 20 1038

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 23 Oktober 2024
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Ketua Program Studi,



Prof. Dr. H. M. Wihardi Tjaronge, ST, M.Eng
NIP. 196805292002121002

Menyetujui,
Pembimbing Utama,



Ir. Ariningsih Suprapti, S.T., M.T.
NIP: 1973077122000032002



PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;

Nama : Arman Tonapa

NIM : D011201038

Program Studi : Teknik Sipil

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

{korelasi Nilai Perlawanan Konus terhadap Nilai Kuat Tarik Angkur Lipat Ganda}

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 12 November 2024

Yang Menyatakan



Optimized using
trial version
www.balesio.com

ABSTRAK

ARMAN TONAPA. *Korelasi Nilai Perlawanan Konus Terhadap Nilai Kuat Tarik Angkur Lipat Ganda* (dibimbing oleh Ariningsih Suprapti, S.T, M.T)

Masalah tanah lunak di Indonesia, yang mencakup sekitar 10% dari total daratan, terus menjadi tantangan dalam pembangunan infrastruktur. Tanah lunak memiliki kekuatan geser rendah dan kompresibilitas tinggi, sehingga sering menyebabkan kegagalan struktur. Salah satu metode efektif untuk meningkatkan stabilitas dan daya dukung tanah lunak adalah penggunaan angkur tanah (*Ground Anchor*). Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji korelasi antara nilai perlawanan konus dari uji CPT (*Cone Penetration Test*) dengan kapasitas tarik angkur lipat ganda, yang menawarkan kemudahan instalasi dengan desain daun angkur yang memberikan perlawanan optimal terhadap gaya tarik. Uji CPT digunakan karena kepraktisannya dalam memprediksi kapasitas tarik angkur pada tahap desain awal, terutama untuk struktur dengan beban pengangkatan tinggi. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan metode praktis dan efisien dalam merancang angkur tanah untuk digunakan pada konstruksi di area dengan tanah lunak yang luas di Indonesia.

Kata kunci: tanah lunak, angkur lipat ganda, *Cone Penetration Test* (CPT).



ABSTRACT

NAMA LENGKAP MAHASISWA. *Correlation of Cone Resistance Values with the Tensile Strength of Double-Fold Anchors* (supervised by Ariningsih Suprapti, S.T, M.T)

The problem of soft soil in Indonesia, covering around 10% of the total land area, remains a challenge in infrastructure development. Soft soil has low shear strength and high compressibility, often leading to structural failure. One effective method to improve the stability and bearing capacity of soft soil is the use of ground anchors. This research aims to investigate the correlation between cone resistance values from the CPT (Cone Penetration Test) and the tensile strength of double-fold anchors, which offer ease of installation through a design with anchor blades that provide optimal resistance against tensile forces. The CPT is used for its practicality in predicting anchor tensile capacity during the preliminary design phase, especially for structures with high uplift loads. The results of this study are expected to provide a practical and efficient method for designing ground anchors for construction in areas with widespread soft soils in Indonesia.

Keywords: soft soil, double-fold anchor, Cone Penetration Test (CPT).



DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
ABSTRAK.....	iii
ABSTRACT.....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	x
KATA PENGANTAR.....	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Ruang Lingkup.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Uji Sondir.....	4
2.2 Metode Angkur Tanah.....	4
2.3 Tipe dan Jenis Angkur Tanah.....	5
2.3.1 Angkur Lipat.....	5
2.3.2 Angkur <i>Helisk</i>	6
2.3.3 Angkur dengan Sistem <i>Grout</i>	7
2.3.4 Angkur Tiang.....	8
2.3.5 Angkur Tanah Tipe Lipat.....	9
2.4 Prinsip Kerja Angkur Tanah.....	10
2.4.1 Kapasitas Tarik Angkur Pelat Persegi, Lingkaran, <i>Strip</i> , dan <i>Helik</i>	11
2.4.2 Kapasitas Tarik Pada Multi Pelat Angkur.....	15
2.5 Perlawanan Geser (F_s) Pada Angkur Tanah Tipe Lipat.....	16
2.6 Penelitian Terdahulu.....	19
BAB III METODE PENELITIAN.....	23
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian.....	23
3.2 Rancangan Penelitian.....	23
3.3 Rancangan Model Sampel dan Data Penelitian.....	25
3.3.1 Persiapan Pengujian.....	25
3.3.2 Persiapan Alat.....	25
3.3.3 Persiapan Alat Uji Kapasitas Tarik.....	25
3.3.4 Model Angkur Lipat Ganda.....	25
3.3.5 Spesifikasi Angkur Lipat Gnda.....	25
3.3.5.1 Dimensi Angkur Lipat Ganda.....	25
3.3.5.2 Metode Pengujian dan Analisis Data.....	28
3.3.5.3 Metode Pengujian CPT.....	28
3.3.5.4 Metode Pengujian Kapasitas Tarik.....	28
3.3.5.5 Analisis Data CPT (<i>Cone Penetration Test</i>) dan Kapasitas Tarik.....	30



3.5 Hasil yang Diharapkan.....	32
BAB IV	33
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	33
4.1 Pengujian <i>Cone Penetration Test</i> (CPT).....	33
4.2 Pengujian Kapasitas Tarik Ultimit Angkur Tipe Lipat Ganda.....	38
4.3 Hubungan Kuat Tarik Angkur dengan Perlawanan Geser Tanah Lunak.....	40
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN.....	42
5.1 Kesimpulan	42
5.2 Saran.....	43
DAFTAR PUSTAKA	44
LAMPIRAN.....	45



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1	Angkur pelat ditempatkan secara vertikal dan horizontal	6
Gambar 2	Angkur pelat bintang	6
Gambar 3	Angkur heliks tunggal dan ganda	7
Gambar 4	Grouted anchors: (a) gravity; (b) low pressure; (c) high pressure;.....	8
Gambar 5	(a) Interaksi tiang dan gaya pengangkatan, (b) Aplikasi angkur tiang	9
Gambar 6	Angkur lipat.....	10
Gambar 7	Menentukan kapasitas tarik (P_u) angkur secara grafis.....	12
Gambar 8	Asumsi Keruntuhan Permukaan (Meyerhof GG & Adams JI, 1968)	13
Gambar 9	(a) Pola keruntuhan pelat individu, (b) Pola keruntuhan geser silinder	14
Gambar 10	Bagan alir penelitian.....	14
Gambar 11	Alat Uji CPT (Cone Penetration Test).....	14
Gambar 12	Ilustrasi angkur lipat ganda.....	26
Gambar 13	Rancangan dimensi angkur lipat (satuan dalam mm).....	27
Gambar 14	Luas penampang daun angkur (satuan dalam mm)	28
Gambar 15	Ilustrasi pengujian kasitas tarik	29
Gambar 16	Ilustrasi penginstalan angkur lipat	29
Gambar 17	Grafik & tabel tipe perilaku tanah (SBTn) CPT yang dinormalisasi	29
Gambar 18	Ilustrasi perbandingan kapasitas tarik (P_u) dan perlawanan geser(f_s)	30
Gambar 19	Hasil pengujian CPT di lokasi Kabupaten Maros.....	33
Gambar 20	Klasifikasi Tanah Berdasarkan Data Sondir Menurut Robertson dan Campanella (1983).....	34
Gambar 21	Hasil pengujian CPT di lokasi Kabupaten Pinrang	35
Gambar 22	Hasil pengujian CPT di lokasi Kabupaten Bone	36
Gambar 23	Kuat Tarik Angkur Tipe Lipat Ganda di lokasi Kabupaten Maros.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 24	Kuat Tarik Angkur Tipe Lipat Ganda di lokasi Kabupaten Pinran	Error! Bookmark not defined.
Gambar 25	Kuat Tarik Angkur Tipe Lipat Ganda di lokasi Kabupaten Bone	Error! Bookmark not defined.
Gambar 26	Hubungan kuat tarik dan perlawanan konus pada tiga lokasi berbeda	40



DAFTAR TABEL

Tabel 1 Pendahuluan Terdahulu.....	19
Tabel 2 Prediksi Jenis Tanah berdasarkan nilai Angka Banding Geser (Rf) di Kabupaten Pinrang.....	34
Tabel 3 Ediksi Jenis Tanah berdasarkan nilai Angka Banding Geser (Rf) di Kabupaten Pinrang.....	35
Tabel 4 Prediksi Jenis Tanah berdasarkan nilai Angka Banding Geser (Rf) di Kabupaten Bone.....	37
Tabel 5 Variabel pada grafik hubungan antara kuat tarik angkur dan perlawanan konus CPT.....	40
Tabel 6 Tingkat Hubungan Koefisien Korelasi.....	41



DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

Lambang/Singkatan	Arti dan Keterangan
Q_c	Perlawanan Konus
F_s	Perlawanan Geser
R_f	Angka Banding Geser
P_u	Gaya Ultimate
σ	Tegangan
A_p	Luas Penampang
T_f	Perlawanan geser total
R^2	Korelasi koefisien
CPT	<i>Cone Penetration Test</i>
SNI	Standar Nasional Indonesia
ASTM	<i>American Society for Testing and Materials</i>
A	Luas Pelat
B	Lebar pelat
π	Pi, konstanta matematika (≈ 3.14159)
ϕ	Sudut geser dalam tanah
H_{eff}	Panjang tiang tertanam diatas pelat
H	Kedalaman
c	Kohesi Tanah
F_c	Faktor
Q_u	Kapasitas Tarik Maksimum
Q_o	Kapasitas cabut bersih
W_a	Berat efektif
γ	Berat volume jenuh tanah
γ'	Berat satuan tanah
α	Factor adhesi tanah
C_u	Kohesi tak teralirkan
S_u	Factor terbentuk
n	Jumlah heliks
K_u	Koefisien cabut tanah vertikal
W_s	Berat massa tanah terangkat
W_f	Berat dari jangkar
D	Diameter heliks
L_c	Jarak antar pelat
N_u	Factor daya dukung angkat



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Pengujian di Kabupaten Maros	45
Lampiran 2 Data Pengujian di Kabupaten Pinrang	46
Lampiran 3 Data Pengujian di Kabupaten Bone	47
Lampiran 4 Dokumentasi Penginstalan Angkur Kabupaten Bone	48
Lampiran 5 Dokumentasi Penginstalan Angkur Kabupaten Maros.....	50
Lampiran 6 Dokumentasi Penginstalan Angkur Kabupaten Pinrang	51



KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat Karunia-Nya, saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir saya yang berjudul “Korelasi Nilai Perlawanan Konus terhadap Nilai Kuat Tarik Angkur Lipat Ganda” yang merupakan salah satu persyaratan akademik untuk menyelesaikan Program Studi Strata Satu pada Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Tidak dapat dipungkiri bahwa dalam pembuatan Tugas Akhir ini masih terdapat banyak kesalahan dan kekurangan . Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari pembaca sebagai bahan evaluasi agar kedepannya Tugas Akhir ini dapat Penulis perbaiki dan menjadi lebih baik lagi. Terima kasih yang sebanyak-banyaknya kami haturkan kepada setiap pihak yang telah mendukung serta membantu saya selama proses penyelesaian Tugas Akhir ini, Terkhusus kepada :

1. **Bapak Prof Dr.Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, ST.,MT.,IPM., ASEAN.Eng. .**, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
2. **Bapak Prof. Dr. H. M Wihardi Tjaronge ST., M.Eng.**, selaku Ketua Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
3. **Ibu Ariningsih Suprapti, S.T, M.T** selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan dan pengarahan mulai dari awal penelitian hingga selesainya penulisan ini.
4. Seluruh dosen Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
5. Seluruh staf dan karyawan Departemen Teknik Sipil, staf dan karyawan Fakultas Teknik serta staf Laboratorium dan asisten Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Yang teristimewa penulis pesembahkan kepada :

1. Kedua orang tua tercinta, **Marten Ruruk Padang**, dan **Mariani Arung a,bi** atas doa, kasih sayang, dan segala dukungan yang telah diberikan, serta kepada seluruh keluarga besar atas dorongan dan segala dukungan selama ini, baik spritual maupun materi.



2. Adinda yang penulis kasihi dan sayangi **Aurelia Gabriela Dwaristania Parebong** yang selalu menemani dan menjadi penyemangat penulis dalam mengerjakan tugas akhir. Terima kasih telah mendengarkan keluh kesah penulis, berkontribusi dalam penulisan tugas akhir ini, memberikan dukungan, semangat dan perasaan nyaman kepada penulis hingga tugas akhir ini selesai. Terima kasih telah menjadi bagian dalam perjalanan pembuatan tugas akhir ini, semoga Tuhan selalu memberikan keberkahan dalam segala hal yang kita lalui.
3. Saudara-saudariku **MAWANG 09 (Ryan, Syahril, Zaenal, Herli, Dwi, Zurki, Suhan, Haris, Khalis, dan Awal)** yang banyak memberi banyak warna dan kenangan selama masa kuliah. Terima kasih atas persahabatan yang indah, atas segala kenangan yang tak ternilai, dan atas cinta serta kepercayaan yang terus kita bangun bersama. Semoga perjalanan kita terus diliputi kebahagiaan, dan selalu saling mendukung dalam setiap langkah yang diambil. Arti Sahabat akan selalu hidup, *We Grow Together, We Bloom Together*.
4. Saudara-saudariku **ENTITAS 2021**, yang banyak memberi banyak warna dan kenangan selama masa kuliah. Arti Sahabat akan selalu hidup, *We are the Champion Keep on Fighting Till the End*.
5. Saudara-saudara seiman saya **Genesis dan Pioneers 2020**, yang selalu membantu dan memberikan semangat dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
6. . Kepada semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu dengan semua bantuan dan dukungan yang telah diberikan sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan.

Tiada kata yang dapat mendeskripsikan rasa terimakasih penulis selain memohon kepada Tuhan Yesus agar selalu melimpahkan kasih karunia-Nya dan berkat-Nya kepada kita semua. Akhir kata, penulis menyadari setiap karya manusia tidak ada yang sempurna. Oleh karena itu, saran dan masukan yang membangun sangat diharapkan penulis untuk pengembangan penelitian dimasa yang akan datang. Semoga karya ini dapat bermanfaat untuk kita semua.



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Permasalahan tanah lunak di Indonesia masih menjadi perhatian dari berbagai kalangan baik akademisi maupun praktisi yang berhubungan dengan pengembangan infrastruktur dan perencanaan tata ruang. Diperkirakan sekitar 20 juta Ha atau sekitar 10 % luas total daratan Indonesia adalah tanah lunak.

Sebaran tanah lunak di Indonesia pada umumnya dijumpai di sekitar dataran rendah, pantai, muara sungai dan rawa. Daya dukung tanah yang terbatas, rendahnya kuat geser dan kompresibilitas yang besar menjadi penyebab penurunan tanah yang berdampak pada kegagalan bangunan atau infrastruktur lainnya.

Seiring dengan perkembangan alat dan teknologi berbagai metode perbaikan tanah (*soil improvement*) dan perkuatan tanah (*soil reinforcement*) telah banyak diterapkan dalam menjawab permasalahan tanah lunak. Beberapa metode seperti angkur tanah (*Ground Anchor*) telah banyak dikembangkan dalam mengatasi minimnya stabilitas dan daya dukung dari tanah lunak. Pengaruh gaya yang bekerja seperti gaya lateral yang dapat menyebabkan guling pada struktur dan gaya apung (*uplift*) atau gaya cabut (tarik) akibat pengaruh beban perlu diantisipasi melalui perkuatan dengan metode angkur tanah (*Ground Anchor*)

Berbagai struktur seperti perkuatan lereng dengan dinding penahan tanah (turap), pondasi menara transmisi, dan berbagai struktur pada area pantai (*shore*) dan lepas pantai (*offshore*) telah banyak dikembangkan menggunakan pondasi angkur tanah. Beberapa tipe angkur tanah yang telah dikembangkan untuk tujuan perkuatan disesuaikan dengan beban yang akan ditahan, fungsi struktur dan kondisi lapisan tanah yang berada dibawah struktur. Studi terakhir telah banyak dilakan mengenai tipe dari angkur tanah, baik tipe angkur pelat persegi/lingkaran, tipe angkur plat bintang, dan tipe angkur lipat dengan variasi kedalaman, dimensi penampang dan beban yang berbeda-beda.



Perkembangan berbagai tipe angkur tanah perlu dikondisikan dengan kondisi lapangan dan kemudahan dalam instalasi atau pemasangan. Tipe angkur tanah yang memberikan kemudahan dalam proses instalasi/pemasangan, dengan

model yang didesain untuk dapat melakukan penetrasi kedalam tanah dengan mudah sehingga ujung dari angkur dibuat membentuk kerucut dan komponen angkur yang mengembang berupa daun angkur yang memberikan tahanan terhadap gaya tarik dan gaya tekan

Dalam pengaplikasian dilapangan diperlukan kemudahan dalam menentukan kedalaman penanaman angkur dan kapasitas tarik secara praktis. Dari beberapa uji penyelidikan tanah lapangan, uji CPT merupakan penyelidikan tanah yang umum dilakukan dalam berbagai pekerjaan geoteknik dengan kemudahan metode pengujian dan sangat ekonomis dari segi mobilisasi dan durasi pengujian. Sehingga dari sisi kepraktisan perlu kiranya dikembangkan hubungan antara parameter CPT untuk memprediksi kapasitas tarik angkur pada desain awal (*preliminary design*) dalam pengaplikasian angkur untuk konstruksi dengan beban pengangkatan (*uplift*) yang tinggi.

Berdasarkan uraian di atas, maka penulis ingin lebih dalam meneliti lebih dalam mengenai hubungan perlawanan konus terhadap nilai kuat tarik angkur lipat ganda dengan judul

“KORELASI NILAI PERLAWANAN KONUS TERHADAP NILAI KUAT TARIK ANGKUR LIPAT GANDA”

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang ada di atas, maka diambil rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana mengaplikasikan angkur tanah tipe lipat ganda di lapangan?
2. Berapa besar kapasitas tarik vertikal maksimum angkur tanah tipe lipat ganda?
3. Bagaimana pengaruh perlawanan konus terhadap kuat tarik angkur tipe lipat ganda?



1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka maksud dari penelitian ini adalah untuk mengetahui korelasi konus terhadap kuat tarik angkur lipat, sedangkan tujuan dari penelitian ini sebagai berikut :

1. Mengetahui cara mengaplikasikan angkur tanah tipe lipat ganda di lapangan.
2. Mengetahui nilai kapasitas tarik vertikal maksimum angkur tanah tipe lipat ganda.
3. Mengetahui pengaruh perlawanan konus terhadap kuat tarik maksimum angkur tipe lipat ganda.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini sebagai berikut :

1. Dapat mengetahui tata cara mengaplikasikan angkur tanah tipe lipat ganda di lapangan.
2. Dapat mengidentifikasi nilai kapasitas tarik vertikal maksimum dari angkur lipat ganda.
3. Dapat mengidentifikasi pengaruh perlawanan konus terhadap kuat tarik maksimum angkur tipe lipat ganda.

1.5 Ruang Lingkup

Dalam penelitian ini membatasi cakupan penelitian yang lebih luas agar penelitian dapat berjalan lebih spesifik, serta dapat mencapai sasaran yang diinginkan. Ruang lingkup penelitian ini diantaranya adalah:

1. Material tanah yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanah kohesif
2. Pengujian CPT berdasarkan standar SNI 2827: 2008 dan ASTM D 3441-98.
3. Uji kapasitas tarik dilakukan dengan alat CPT hidrolik yang telah di modifikasi.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Uji Sondir

Uji sondir adalah salah satu metode dalam teknik sipil yang digunakan untuk menentukan kedalaman tanah keras, serta mengukur kekuatan tanah dalam menahan beban di atasnya. Data yang diperoleh dari tes ini meliputi besaran gaya perlawanan tanah terhadap konus dan hambatan pelekat dari tanah tersebut. Hambatan pelekat adalah perlawanan geser tanah yang bekerja pada selubung bikonus alat sondir dalam gaya per satuan panjang.

Uji sondir ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan tanah tiap kedalaman dan stratifikasi tanah secara pendekatan. Uji sondir dapat mengidentifikasi jenis tanah dari kombinasi hasil pembacaan tahanan ujung (q_c) dan gesekan selimutnya (f_s). Tahanan ujung (q_c) adalah nilai perlawanan tanah terhadap ujung konus yang dinyatakan dalam gaya per satuan luas. Gesekan selimut (f_s) adalah perlawanan geser tanah terhadap selubung bikonus dalam gaya per satuan luas. Uji sondir pada umumnya dilakukan pada tanah kohesif. (Braja M. Das, 2010)

Harga perlawanan konus hasil uji penetrasi sondir pada lapisan tanah / batuan dapat dihubungkan secara empiris dengan kekuatannya. Pada tanah berbutir halus (lempung – lanau), dapat ditentukan tingkat kekerasan relatifnya. Sedangkan pada tanah berbutir kasar (pasir – gravel) dapat ditentukan tingkat kepadatan relatifnya.

2.2 Metode Angkur Tanah

Metode angkur tanah atau *ground anchors* adalah salah satu metode dalam geoteknik untuk perkuatan tanah yang banyak digunakan dalam menahan tanah, lereng maupun konstruksi lainnya. Dalam (Badan Standarisasi Nasional, 2017) dijelaskan bahwa sistem pengankuran adalah suatu sistem untuk menyalurkan σ yang bekerja ke lapisan tanah/batuan pendukung. Sistem pengankurannya terdiri atas *fixed length*, *free length*, dan kepala angkur (*anchor head*).



Angkur tanah merupakan sistem penunjang yang umumnya diaplikasikan pada *Embedded Wall*.

Menurut (Das, 1990) ankur umumnya digunakan dalam konstruksi pondasi untuk meningkatkan daya dukung tanah dan dinding penahan tanah. Tujuan utama dari penggunaan ankur tanah dalam konstruksi adalah untuk menyalurkan beban pada struktur kedalam lapisan tanah yang paling dalam dan jauh dari struktur di atasnya.

Angkur tanah adalah pondasi yang tipis (*thin foundation*) yang didesain dan dibangun khususnya untuk menahan gaya tarik dan momen guling pada struktur. Umumnya Saat ini ankur tanah dibedakan dalam beberapa tipe atau jenis diantaranya adalah ankur pelat, ankur *heliks*, ankur dengan sistem *grout*, ankur tiang, ankur dengan bentuk tak beraturan dan ankur lipat.

2.3 Tipe dan Jenis Angkur Tanah

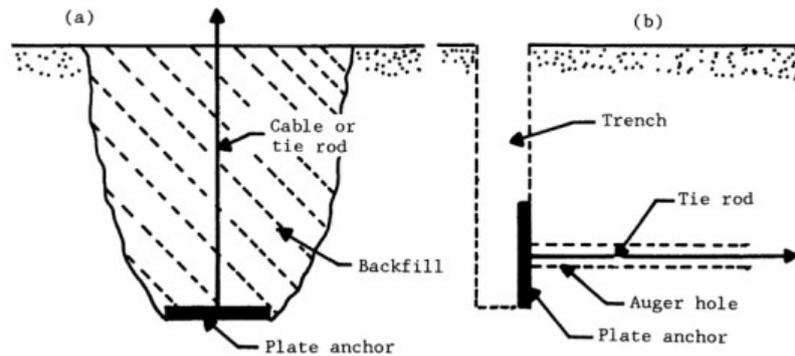
2.3.1 Angkur Pelat

Angkur tanah tipe pelat (*plate anchors*) adalah salah satu jenis ankur tanah yang digunakan untuk menyalurkan beban tarik ke dalam tanah. Angkur ini terdiri dari sebuah pelat baja yang dipasang dalam tanah dan terhubung dengan elemen struktural melalui batang ankur.

Angkur pelat bekerja dengan prinsip dasar menyalurkan beban tarik dari struktur ke tanah melalui pelat baja yang tertanam. Saat beban tarik diaplikasikan, pelat baja memberikan resistensi terhadap gaya tersebut dengan bantuan tanah di sekitarnya. Pelat tersebut biasanya dipasang dalam posisi horizontal atau miring, tergantung pada kebutuhan desain dan kondisi tanah.

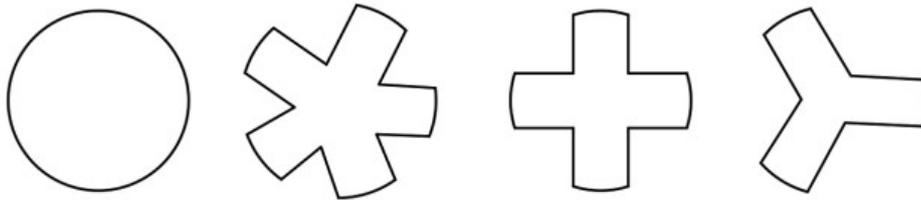
Proses pengerjaan dan pemasangan ankur pelat dilakukan dengan penggalian sampai pada kedalaman tertentu, penimbunan (*backfill*) dengan material tanah yang lebih baik dan pemadatan. Ilustrasi untuk ankur pelat dapat dilihat pada Gambar 1.





Gambar 1 Angkur pelat ditempatkan secara vertikal dan horizontal

Pengembangan model dari angkur pelat salah satunya dilakukan pada angkur pelat lingkaran dengan mereduksi luas penampang sehingga membentuk seperti bintang. (Djamaluddin et al., 2020) mengkaji tentang kapasitas gaya cabut (*pullout*) untuk angkur bintang dengan model 3, 4 dan 5 elemen. Ilustrasinya dapat dilihat pada Gambar 2.



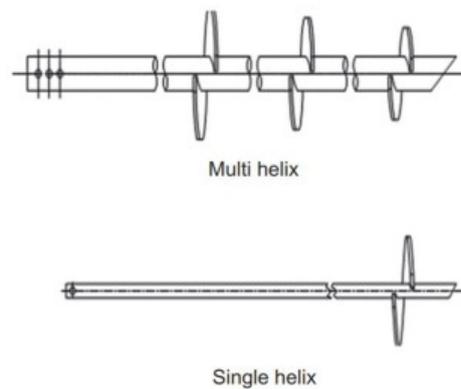
Gambar 2 Angkur pelat bintang

2.3.2 Angkur Heliks

Angkur tanah tipe heliks (*helical anchors* atau *screw anchors*) adalah jenis angkur yang terdiri dari batang dengan satu atau lebih pelat spiral (*heliks*) yang terpasang di sepanjang panjangnya. Angkur ini dipasang dengan cara diputar ke dalam tanah, mirip dengan cara sekrup dimasukkan ke dalam kayu.

Angkur *heliks* bekerja dengan cara diputar ke dalam tanah menggunakan alat pemutar khusus. Pelat heliks menciptakan daya dorong ke bawah saat diputar, memungkinkan angkur masuk ke dalam tanah dengan sedikit gangguan pada tanah sekitarnya. Ketika beban tarik diaplikasikan, pelat heliks menahan gaya tarik tersebut dengan bantuan resistensi tanah di sekitarnya. Dalam Gambar 3 akan gambar skema untuk angkur heliks ganda dan angkur heliks tunggal.





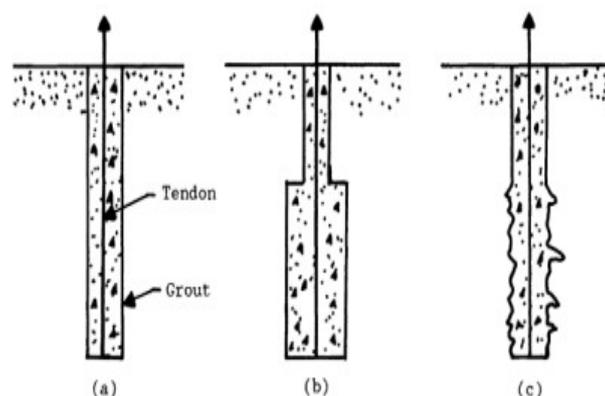
Gambar 3 Angkur heliks tunggal dan ganda

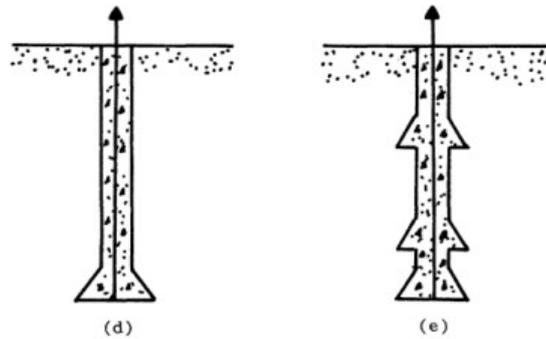
2.3.3 Angkur dengan Sistem *Grout*

Angkur dengan sistem grout adalah jenis ankur tanah yang menggunakan campuran grout (biasanya terdiri dari semen, air, dan bahan tambah) untuk mengisi ruang antara ankur dan tanah di sekitarnya. Angkur ini bekerja dengan cara menyalurkan beban tarik dari struktur ke dalam tanah melalui campuran grout yang mengeras.

Angkur dengan sistem grout dipasang dengan cara mengebor lubang ke dalam tanah, memasukkan batang ankur, dan kemudian mengisi lubang tersebut dengan campuran grout. *Grout* ini mengeras dan membentuk ikatan kuat antara batang ankur dan tanah sekitarnya, memungkinkan ankur menahan beban tarik yang besar.

Ada beberapa tipe dari ankur dengan sistem *grout* yang kemudian diilustrasikan seperti pada Gambar 4.





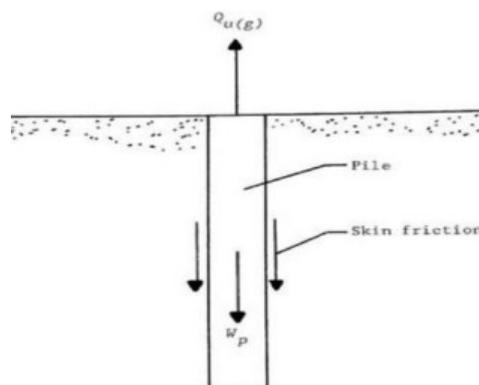
Gambar 4 Grouted anchors: (a) gravity; (b) low pressure; (c) high pressure; (d) single ell; (e) multiple bell (Das, 1990)

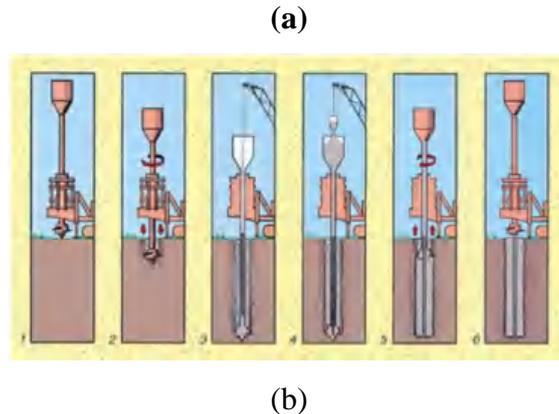
2.3.4 Angkur Tiang

Angkur tiang (*pile anchors* atau *anchor piles*) adalah jenis angkur tanah yang menggunakan tiang panjang yang ditanam ke dalam tanah untuk menahan beban tarik atau momen pada struktur di atasnya. Tiang ini biasanya terbuat dari baja, beton, atau kayu, dan ditanam dengan cara dipukul, didorong, atau diputar ke dalam tanah.

Angkur tiang bekerja dengan menyalurkan beban tarik atau momen dari struktur ke dalam tanah melalui tiang yang ditanam dalam. Tiang ini memberikan resistensi terhadap beban tarik dengan bantuan kekuatan gesekan antara tiang dan tanah, serta dukungan dari lapisan tanah yang lebih dalam dan padat.

Ilustrasi gaya pengangkatan (*uplift*) pada tiang seperti pada Gambar 5a. Angkur tiang (*pile anchor*) bisa terbuat dari beton, baja maupun kayu yang dapat ditempatkan tunggal maupun dalam kelompok tiang seperti pada Gambar 5b





Gambar 5 (a) Interaksi tiang dan gaya pengangkatan, (b) Aplikasi angkur tiang

2.3.5 Angkur Tanah Tipe Lipat

Angkur tanah tipe lipat (*folding type*) merupakan modifikasi dari angkur pelat masif tipe bintang (*stars anchor plate*). Angkur pelat tipe bintang mempunyai sifat kaku, sedangkan angkur tipe lipat mempunyai sifat fleksibel bisa tertutup dan terbuka seperti bentuk payung terbalik.

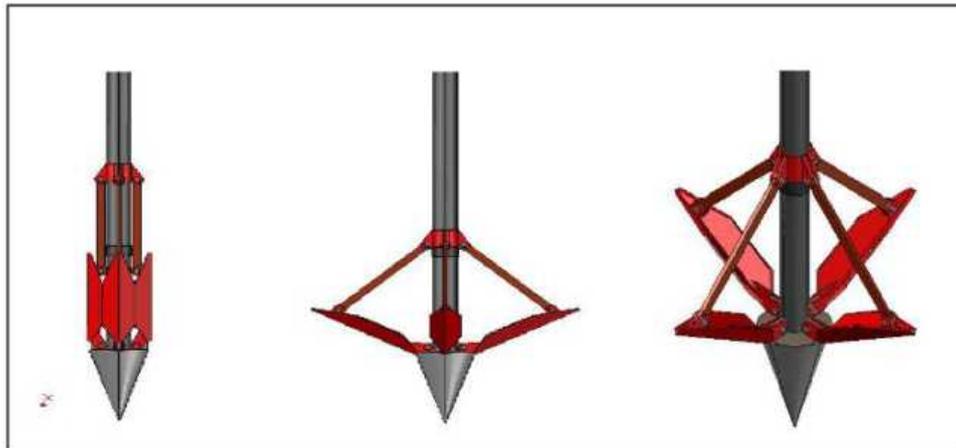
Belum ada peneliti yang pernah menggunakan angkur tipe lipat. Pendekatan analisis dalam penelitian ini menggunakan pendekatan para peneliti terdahulu yaitu angkur pelat berbentuk bintang (*stars anchor plate*). Bedanya hanya sistem kerja angkur plat sifatnya massif/kaku sedangkan angkur lipat sifatnya fleksibel yang dimasukkan dalam tanah dalam kondisi tertutup, setelah mencapai kedalaman yang ditentukan, maka dilakukan penarikan angkur dan angkur bisa mekar/terbuka setelah pembacaan *dial gauge* tidak terjadi lagi peningkatan kuat tarik, angkur sudah terbuka sempurna, maka dianggap kerja angkur setelah terbuka pendekatan analisisnya dianggap sama dengan angkur plat massif bentuk bintang.

Salah satu aplikasi awal dari penggunaan angkur pelat adalah pembangunan menara transmisi. Pada saat menara transmisi dibangun, banyak peneliti melakukan riset tentang perilaku angkur pelat (Balla 1961). Mula-mula pembangunan menara transmisi ini mengandalkan bobot mati besaran pelat blok beton untuk menahan gaya tarik/gaya cabut sehingga dibutuhkan ar untuk itu. Karena itulah banyak peneliti yang mendorong berusaha



untuk menemukan solusi perencanaan yang lebih ekonomis. Salah satu hasilnya adalah munculnya tiang *balled* atau pondasi jamur.

Pengembangan lebih lanjut tentang perilaku angkur pelat semakin luas dengan upaya penelitian yang lebih terpadu telah berevolusi dengan hasil penelitian dan telah memberikan alternatif dan solusi yang ekonomis.



Gambar 6 Angkur lipat

2.4 Prinsip Kerja Angkur Tanah

Prinsip kerja angkur tanah melibatkan penyaluran beban tarik atau tekan dari struktur yang didukung ke lapisan tanah yang lebih dalam dan stabil. Pemasangan angkur tanah dimulai dengan memasukkan angkur ke dalam tanah menggunakan metode seperti pengeboran, pemutaran, atau penumbukan. Setelah angkur mencapai kedalaman yang diinginkan, ia membentuk ikatan dengan tanah sekitarnya. Tergantung pada jenis angkur, seperti angkur *heliks* yang menggunakan pelat spiral untuk menciptakan daya dukung atau angkur *grout* yang menggunakan campuran *grout* untuk mengisi ruang di sekitar batang angkur, ikatan ini memberikan resistensi yang diperlukan untuk menahan beban. (Vesić, 1971) mengasumsikan bahwa kapasitas tarik merupakan kombinasi antara berat efektif dari jangkar, berat efektif tanah, dan komponen geser tanah disepanjang bidang longsor.



2.4.1 Kapasitas Tarik Angkur Pelat Persegi, Lingkaran, Strip, dan Heliks

Berdasarkan hasil eksperimen angkur pelat pada timbunan tanah lempung (Meyerhof, 1973), mengusulkan persamaan kapasitas tarik maksimum sebagai berikut :

$$Q_u = A (\gamma H + cFc) \dots\dots\dots(1)$$

Untuk angkur bentuk lingkaran atau persegi

$$Fc = 1.2 \times \left(\frac{H}{B}\right) \leq 9 \dots\dots\dots(2)$$

Untuk angkur dengan bentuk memanjang

$$Fc = 1.0 \times \left(\frac{H}{B}\right) \leq 8 \dots\dots\dots(3)$$

Dimana *A* = Luas pelat, *H* = kedalaman, *c* = kohesi tanah, dan *Fc* = faktor *breakout*.

Dalam uji laboratorium pada angkur berbentuk lingkaran, sejumlah uji model angkur dilakukan pada tanah lempung jenuh dengan kohesi tak terdrainase (*Cu*) dari 5.18 kN/m² sampai 172.5 kN/m² (Das, 1975)

Untuk beberapa studi terdahulu (Das, 1990) merangkum dan mengusulkan persamaan untuk mengestimasi kapasitas uplift dari angkur yang ditanam pada tanah lunak, dimana persamaan kapasitas tarik maksimum angkur untuk jangka pendek adalah sebagai berikut :

$$Q_u = Q_o + W_a + F_s \dots\dots\dots(4)$$

Dimana :

Q_u = Kapasitas tarik maksimum

Q_o = Kapasitas cabut bersih

W_a = Berat efektif dari pelat jangkar

F_s = mud *suction force* yang merupakan fungsi dari *c_u* dan *k*

Penentuan kapasitas cabut bersih diberikan oleh (Vesić, 1971) dengan persamaan sebagai berikut :

$$Q_o = A (\gamma H + F_c c_u) \dots\dots\dots(5)$$

Dimana :

= Luas dari pelat jangkar

= Berat volume jenuh tanah

: = *Break out factor*



c_u = Kohesi tak teralirkan

Kemudian merujuk kepada (Das, 1990), F_c yang merupakan fungsi dari kohesi tanah yang tidak teralirkan (C_u) dan rasio kedalaman penanaman angkur.

$$F_c = S (H/B) \leq F_c = 9 \dots \dots \dots (6)$$

Dimana :

H = Kedalaman penempatan angkur

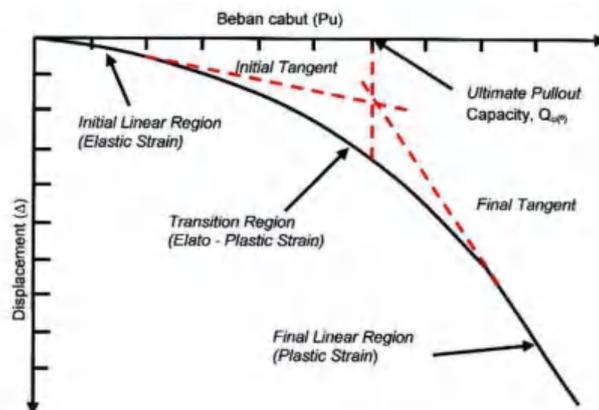
B = Lebar pelat persegi atau diameter pelat lingkaran

Dimana nilai S berkisar antara 2 – 5.9 tergantung pada nilai kohesi tanah (c_u)

Dari hasil penelitian diperoleh rasio kritis penanaman angkur (H/B) cr adalah fungsi dari kohesi tanah (c_u). Berikut ini Persamaan untuk angkur berbentuk persegi dan lingkaran:

$$(H/B)_{cr-s} = (0,107c_u + 2,5) \leq 7 \dots \dots \dots (7)$$

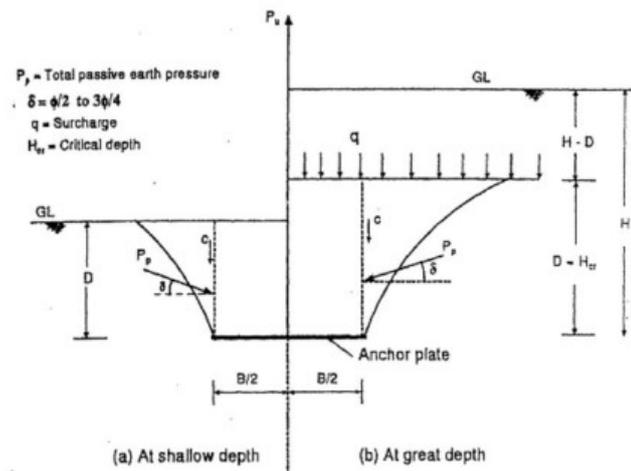
Beberapa metode yang dikembangkan dalam menentukan kapasitas cabut maksimum dari angkur salah satunya dengan metode grafis. (Bhardwaj & S. K. Singh, 2014), menggunakan metode garis singgung dalam menentukan kapasitas batas tarik maksimum (P_u) angkur secara grafis seperti pada Gambar 8. Kurva yang digambarkan dalam grafik merupakan hubungan antara beban tarik dan keruntuhan (*displacement*) pada angkur hingga mencapai daerah linear yang merupakan kapasitas tarik maksimum dimana tanah telah mengalami keruntuhan.



Gambar 7 Menentukan kapasitas tarik (P_u) angkur secara grafis (Sumber Bhardwaj & S. K. Singh 2014) Meyerhof GG & Adams JI, 1968



(Meyerhof GG & Adams JI, 1968) melakukan percobaan dan mengusulkan pendekatan semi teoritik hubungan angker *strip*, lingkaran dan persegi pada tanah kohesif dan berbutir yang diilustrasikan pada Gambar 9. Untuk jangkar lingkaran dan persegi mereka mengusulkan persamaan sebagai berikut :



Gambar 8 Asumsi Keruntuhan Permukaan (Meyerhof GG & Adams JI, 1968)

$$P_u = W_f + W_s + \pi B \cdot c \cdot D + s_u \left(\frac{\pi}{2}\right) B \gamma D^2 k_u \tan \phi \dots \dots \dots (8)$$

Dimana :

- C = Kohesi tanah atau adhesi
- s_u = Faktor bentuk
- k_u = Nominal koefisien cabut dari tekanan tanah pada bidang vertikal
- W_s = Berat massa tanah yang terangkat
- W_f = Berat dari jangkar

Kapasitas pengangkatan atau tegangan tarik angkur *heliks* diperoleh dengan memperhitungkan sifat-sifat tanah yang terganggu, sedangkan pada kapasitas penanaman, hanya sifat-sifat tanah yang tidak terganggu yang dipertimbangkan. (Mooney et al., 1985) memberikan Persamaan (9) untuk menentukan kapasitas uplift pada tanah kohesif.

$$P_u = S_f (\pi D L_c) c_u + A_{H1} (c_u N_u + \gamma' H) + \pi d H_{eff} \alpha c_u \dots \dots \dots (9)$$

- P_u = Pengangkatan ultimit atau kapasitas tegangan (kN)
- S_f = Faktor rasio jarak



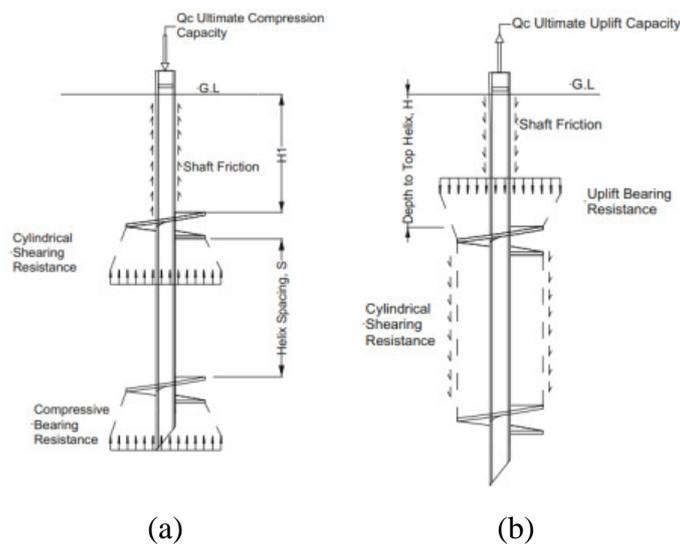
- D = Diamter *Heliks*
- L_c = Jarak antara pelat *heliks*
- c_u = Kohesi takteralirkan
- A_H = Area pelat *heliks* (m^2)
- H = Kedalaman penempatan *heliks*
- H_{eff} = Panjang tiang yang tertanam di atas pelat *heliks* ($H_{eff} = HD$) dalam (m)
- α = Faktor adhesi tanah
- γ' = berat satuan tanah (kN/m^3)
- N_u = Faktor daya dukung pengangkatan

N_u dapat ditentukan dengan Persamaan (10) yang disarankan oleh (Tappenden & Sego, 2007) dan (Meyerhof, 1976)

$$N_u = 1.2 \frac{H1}{D} \leq 9 \dots\dots\dots(10)$$

dimana H1 adalah kedalaman *heliks* pada bagian paling atas (m) yang ditunjukkan pada Gambar Ketika gesekan poros dianggap dapat diabaikan, maka persamaannya direduksi menjadi

$$Q_u = S_f(\pi DL_c)c_u + A_H(c_u N_u + \gamma' H) \dots\dots\dots(11)$$



Gambar 9 (a) Pola keruntuhan pelat individu, (b) Pola keruntuhan geser silinder

pasitas Tarik Pada Multi Pelat Angkur

anyak penelitian sebelumnya telah menggunakan pendekatan numerik ngevaluasi kapasitas multi-pelat angkur. Sebagai contoh, (Merifield &



Smith, 2010) menginvestigasi kapasitas angkat maksimum untuk angkur multi-pelat pada tanah lempung tak terdrainase, sementara penelitian mereka juga mencakup angkur *heliks* pada kondisi serupa. Mereka menerapkan teknik pemodelan numerik untuk mendalami perilaku sistem angkur ini dan menyarankan pendekatan praktis untuk memperkirakan kapasitas tariknya. Di sisi lain, (Misir, 2018) secara spesifik meneliti kapasitas angkat untuk angkur dua pelat yang ditempatkan secara vertikal, menggunakan analisis numerik untuk menyusun metode desain yang praktis.

- **Metode Pelat Individu (*Individual Pelate Method*)**

Metode pelat individu mengasumsikan bahwa kegagalan bantalan terjadi secara bersamaan di atas setiap pelat seperti yang ditunjukkan pada Gambar 10a. Sebagai hasilnya, kapasitas pengangkatan jangkar sama dengan jumlah resistensi dalam pengangkatan setiap pelat. Untuk pemasangan jangkar yang dalam (yaitu, > 6 diameter di bawah permukaan tanah), kegagalannya mirip dengan tahanan ujung fondasi dalam. (Lutenegger, 2009) mengusulkan persamaan untuk menentukan kapasitas pelat angkur multi-*helix* dalam lempung seragam dengan kekuatan tak terdrainase yang konstan.

$$Q_u = nQ_e + W_s + W_a \dots \dots \dots (12)$$

$$Q_e = A_e \gamma S_u \dots \dots \dots (13)$$

dimana

Q_u = Kapasitas Pengangkatan *Ultimate*

Q_e = Daya Angkat *Ultimate* dari pelat Individu

A_e = luas masing-masing *heliks*

S_u = kekuatan geser tak terdrainase

n = jumlah *heliks*

W_s = berat tanah di antara *heliks*

W_a = berat jangkar

- **Metode Geser Silinder (*Cylindrical Shear Method*)**



Metode Geser Silinder, analisis diasumsikan bahwa tanah di antara bertindak sebagai benda semi-kaku dan sebuah zona kegagalan ler terbentuk di sepanjang bagian keliling selimut silinder antara pelat

seperti pada Gambar 10b. Ketika mengalami gaya angkat (*uplift*) terdapat juga tahanan dari masing - masing pelat, sehingga pada dasarnya metode ini sebenarnya merupakan kombinasi dari geser silinder dan tahanan pelat. (Lutenegger, 2009) mengusulkan persamaan untuk kapasitas ultimit pengangkatan (*uplift*) sebagai berikut

$$Q_u = Q_s + Q_e + W_s + W_a \dots\dots\dots(14)$$

dimana

Q_s = Geser keliling silinder prisma tanah di antara *heliks*

Q_e = Resistensi pelat atas

W_s = Berat tanah di antara *heliks*

W_a = Berat baja

Kontribusi zona geser silinder di antara pelat diperoleh dari:

$$Q_s = (\pi DL) S_{u\text{ ave}} \dots\dots\dots(15)$$

dimana

D = Diameter pelat

L = Panjang dari *heliks* bawah ke *heliks* atas

$S_{u\text{ ave}}$ = Kekuatan geser tidak terdrainase rata-rata tanah di antara pelat

Seperti pada persamaan sebelumnya, untuk resistensi pelat atas adalah:

$$Q_e = 9S_{u\text{ ave}} \dots\dots\dots(16)$$

Kedua analisis ini didasarkan pada penentuan yang akurat dari kuat geser tak terdrainase yang dimobilisasi untuk menghitung kapasitas pengangkatan ultimit. Untuk angkur pelat tunggal dan multipelat. Untuk studi saat ini, analisis dilakukan dengan asumsi tidak ada gangguan pada media tanah.

2.5 Perlawanan Geser (F_s) Pada Angkur Tanah Tipe Lipat

Perlawanan geser pada angkur tanah adalah salah satu mekanisme penting dalam rekayasa geoteknik yang digunakan untuk menstabilkan struktur tanah, seperti dinding penahan tanah, lereng, dan fondasi bangunan. Angkur tanah adalah



ruktural yang dimasukkan ke dalam tanah untuk menahan beban tarik dan kan stabilitas tambahan. Perlawanan geser terjadi ketika gaya tarik pada menyebabkan interaksi antara permukaan angkur dan tanah di sekitarnya.

Interaksi ini menghasilkan gaya gesek yang bekerja melawan gaya tarik tersebut, sehingga menahan pergerakan ankur.

Faktor utama yang mempengaruhi perlawanan geser pada ankur tanah meliputi sifat material ankur, jenis dan kepadatan tanah, serta panjang dan diameter ankur. Material ankur, seperti baja atau serat polimer, memiliki sifat mekanis yang berbeda-beda yang mempengaruhi kapasitas geser. Jenis tanah, apakah itu tanah pasir, lempung, atau batuan, juga memainkan peran penting, karena masing-masing memiliki karakteristik kohesi dan sudut gesek yang berbeda. Selain itu, panjang dan diameter ankur menentukan luas permukaan kontak antara ankur dan tanah, yang secara langsung mempengaruhi jumlah perlawanan geser yang dapat dihasilkan.

Dalam desain dan analisis ankur tanah, perhitungan perlawanan geser menjadi kritis untuk memastikan keamanan dan keandalan struktur. Teknik uji lapangan, seperti uji tarik ankur, digunakan untuk mengukur kapasitas perlawanan geser secara langsung. Data dari uji ini kemudian digunakan untuk memvalidasi model analitis dan numerik yang digunakan dalam desain. Pemahaman yang mendalam tentang perlawanan geser pada ankur tanah memungkinkan insinyur geoteknik untuk merancang solusi penstabilan yang efektif dan efisien, serta meminimalkan risiko kegagalan struktur.

Hambatan lekat adalah perlawanan geser tanah terhadap selubung bikonus dalam per satuan luas. Dalam pengujian sondir ini dilakukan perhitungan sebagai berikut:

1. Perlawanan geser konus (q_c)
2. Perlawanan konus dan geser ($q_c + q_f$)
3. Nilai perlawanan geser (q_f) yang dihitung dengan rumus:

$$q_f = (q_c + q_f) - q_c \dots \dots \dots (17)$$

4. Nilai perlawanan geser lokal (f_s) yang dihitung dengan rumus:

$$f_s = q_f \times \dots \dots \dots (18)$$

Dimana:

c = luas penampang konus (cm^2)

s = luas selimut geser (cm^2)

ter konus (D_c) dan diameter selimut geser (D_s)



6. Panjang selimut (Ls)

7. Perlawanan geser (fd) tiap pembacaan 20 cm dapat dihitung dengan rumus:

$$fd = fs \times 20 \text{ cm} \dots\dots\dots(19)$$

8. Jumlah Hambatan Perekat (JHP) didapatkan dari komulatif perlawanan geser tiap pembacaan 20 cm

9. Angka perbandingan geser (Friction Ratio) dapat dihitung dengan rumus:

$$Rf = \left(\frac{fs}{qc}\right) \times 100 \dots\dots\dots(20)$$

Dimana:

Rf= angka banding geser (%)



2.6 Penelitian Terdahulu

Beberapa publikasi penelitian terdahulu, sejumlah hasil pendekatan penelitian untuk mengestimasi kapasitas tarik dari pelat jangkar dapat dikategorikan atas : pendekatan teoritis, pendekatan numerik, tes model, dan pengujian skala penuh dilapangan. Meskipun tes model yang dilakukan dilaboratorium pada dasarnya harus didukung oleh pengetesan dengan skala penuh dilapangan (Thanh & Phuong, 2020).

Tabel 1 Pendahuluan Terdahulu

No	Penulis	Judul Penelitian	Temuan/ Kajian	Sumber
1	Muhammad Idhil Maming, A.Rachman Djamaluddin, Tri Harianto, Achmad Bakri Muhiddin (Maming et al., 2020)	Uji Model Kapasitas Tarik Angkur Tanah Type Lipat (Folding Type) Pada Tanah Kohesif	Perubahan peningkatan luasan setiap model angkur ke masing- masing kedalaman, mengalami kenaikan beban tarik yang signifikan. Hal ini juga menunjukkan bahwa angkur ini sangat mudah dalam pemasangan dengan menggunakan peralatan yang sederhana di lapangan tanpa menggali atau mengebor tanah	https://publikasi.iil.miah.ums.ac.id/
2	Yongki Bandaso (BANDASO, 2020)	Studi Kapasitas Tarir Angkur Lipat Terhadap Kedalaman Tanah	Hasil pengujian yang telah dilakukan menunjukkan kapasitas tarik angkur yang terjadi sangat berbeda-beda sesuai variasi kedalaman dan dari data menunjukkan bahwa kedalaman 900 mm memiliki nilai kapasitas tarik yang paling besar.	http://repository.unhas.ac.id/id/eprint/1746/2/D11115031_skripsi%20%201-2.pdf
3	Aditya Putra Pratama, Hary Christady Hardyatmo, Fikri Faris (Aditya. A. P. et al., 2020)	Parametric Study of the Effect of Ground Anchor on Deep Excavation Stability	Mereka memodelkan panjang ikatan angkur pada kedalaman yang paling efisien dan mengamati perpindahan angkur, dengan menggunakan Plaxis v.8.6. Mereka menemukan bahwa meskipun angkur diperpanjang kedalamannya, tidak terjadi perubahan yang signifikan dalam perpindahan angkur, momen, dan gaya geser maksimum.	http://doi.org/10.22146/jcef.47514
	o dan athan	Stabilitas Dinding Penahan	Pada analisis ini metode yang digunakan yaitu metode analisis stabilitas pada dinding penahan tanah	https://doi.org/10.24912/jmts.v2i4.6178



Susilo (Aldo & Susilo, 2018)	Tanah Dengan Ground Anchor Dan Metode Pelaksanaannya Pada Kondisi In-Situ Dan Jenuh	dengan pengecekan terhadap guling, geser, dan daya dukung tanah. Setelah itu dilakukan interpretasi hasil analisis pada kedua kondisi tanah dan berbagai metode pelaksanaan konstruksi pemasangan ground anchor untuk mengetahui faktor keamanan dari defleksi yang terjadi. Analisis ini mengkaji pada kondisi tanah apa serta pengaruh metode pelaksanaan konstruksi dari ground anchor yang akan mengalami keruntuhan paling besar.	
5 A. R., Djamaluddin (A. R. Djamaluddin, 2013)	Kapasitas Cabut Jangkar Pelat Bentuk Bintang pada Tanah Kohesif Terkompaksi	Melakukan penelitian dengan memodifikasi jangkar pelat bentuk lingkaran menjadi bentuk bintang menunjukkan kinerja yang cukup baik. Untuk model pertama dengan reduksi luasan lingkaran dengan diameter tetap, prosentase penurunan kapasitas cabut lebih kecil dibandingkan dengan penurunan luasan hasil modifikasi. Sedang untuk model jangkar dengan luasan sama namun diameter ekivalen membesar terlihat peningkatan kapasitas cukup besar. Dengan hasil uji model tersebut menunjukkan kemungkinan menciptakan model jangkar tipe bintang yang memiliki kapasitas besar dan memungkinkan lebih mudah dalam pemasangan di lapangan dengan sedikit modifikasi sehingga dapat dikembangkan pada kedalaman yang diinginkan terutama pada lapisan tanah lunak.	A. R. Djamaluddin. (2013). Kapasitas Cabut Jangkar Pelat Bentuk Bintang pada Tanah Kohesif Terkompaksi. Prosiding PIT.
	as) Geotechnical Engineering Handbook	melaporkan beberapa hasil uji model yang dilakukan dengan jangkar persegi dan persegi panjang. Berdasarkan semua hasil uji model,	https://www.amazon.com/Geotechnical-Engineering-

		Illustrated Edition	mengusulkan suatu prosedur empiris untuk mendapatkan factor breakout untuk jangkar dangkal dan dalam.	Handbook-Braja-Das/dp/1932159835
7	Singh, B. Ramaswamy, A. (Sing.S.P. & Ramaswamy, 2008)	Effect of Shape on Holding Capacity of Plate Anchors Buried in Soft Soil	Meneliti efek bentuk jangkar pelat yang ditanam dalam tanah lunak. Mereka menemukan bahwa factor breakout pada jangkar lingkaran, persegi, dan persegi panjang selalu lebih besar yang diperoleh dari jangkar strip bila dibandingkan pada rasio kedalaman jangkar. Pada tahun yang sama pula mereka meneliti kontribusi gaya hisap untuk kapasitas breakout pada jangkar pelat. Mereka melaporkan mulai dari rentang pull-out kedalaman penanaman jangkar hingga konsistensi tanah pada kapasitas breakout hisap. Semua pengujian dilakukan dengan menggunakan tanah lempung plastisitas tinggi. Mereka menyimpulkan bahwa kekuatan hisap terletak pada kedalaman yang dangkal. Kontribusi gaya hisap dengan kapasitas breakout menurun secara linear dengan peningkatan kedalaman penanaman jangkar sampai kedalaman kritis hingga hampir konstan.	Geomechanics and Geoengineering, An International Journal, 3(2), 157-166.
8	R. S. Merifield , S. W. Sloan , and H. S. Yu (Merifield et al., 2001)	Stability of plate anchors in undrained clay	Memprestasikan hasil dalam bentuk factor breakout umum berdasarkan berbagai bentuk jangkar dan kedalaman penanaman jangkar serta membandingkannya dengan solusi numerik dan empiris yang ada.	https://doi.org/10.1680/geot.2001.51.2.141
9	B. M. Das E. C. Dass, r (Das)	Suction force below plate	mengemukakan sejumlah hasil uji model laborototium terhadap jangkar lingkaran yang tertanam dalam tanah lempung jenuh dengan	https://doi.org/10.1080/10641199409388255



	anchors in soft clay	kohesi takteralirkan bervariasi dari 5,18 kN/m ² hingga 172,5 kN/m ²	
10	R. K. Rowe, and E. H. Davis (Rowe & Davis, 1982)	The behaviour of anchor plates in clay	<p>melakukan analisis elemen hingga elastoplastik perilaku jangkar pelat pada tanah kondisi homogeny takteralirkan isotropic jenuh sehingga dapat memprediksi perilaku jangkar pelat strip yang tertanam untuk berbagai kedalaman dengan pembebanan baik vertical maupun horizontal. Pertimbangan juga diberikan kepada efek ketebalan dan bentuk jangkar. Solusi numeric diperoleh dengan menggunakan teori interaksi struktur tanah dengan pertimbangan sebagai berikut : keruntuhan plastic dalam tanah, jangkar memisahkan diri dari tanah dibelakang jangkar dan keruntuhan geser pada dilatansi gesekan antar muka tanah dan elemen antar muka. Hasilnya dibandingkan dengan model tes penulis dan data eksperimen lain yang tersedia. Hasilnya disajikan dalam bentuk grafik yang dapat digunakan dalam perhitungan tangan untuk menentukan beban keruntuhan desain.</p> <p>https://www.icevirtuallibrary.com/doi/abs/10.1680/geot.1982.32.1.9</p>

