

PENGARUH KEDALAMAN KAPASITAS TARIK ANGKUR TANAH JENIS LIPAT TERHADAP TANAH LUNAK

Muhammad Idhil Maming¹, A.Rachman Djameluddin², Tri Harianto³,
dan Achmad Bakri Muhiddin⁴

¹ Mahasiswa Program Doktor Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Jalan Poros Malino, Km-6 Gowa, Telp. 082194758779, corresponding author, Email: idhil.m@gmail.com

^{2,3,4} Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Jalan Poros Malino, Km-6 Gowa, Telp. 081355547979,

Email: jamaluddinabdulrahman@yahoo.co.id

Email: triharianto@hotmail.com

Email: achmad_muhiddin@yahoo.com

Abstrak

Angkur Tanah banyak dipakai untuk menahan tegangan tarik akibat pembebanan dan meneruskan gaya kedalam tanah. Jenis ankur tanah telah banyak digunakan seperti pelat baja dengan berbagai bentuk. Pada penggunaannya terdapat kendala sangat sulit dalam pemasangan, karena harus dibor atau digali terlebih dahulu sebelum dipasang. Hal ini menjadi tantangan dalam ilmu rekayasa, terutama pada kondisi tanah lunak. Dengan pertimbangan tersebut diperlukan inovasi baru untuk mengembangkan model ankur yang lebih mudah dalam pemasangan dan memiliki kapasitas tarik cukup besar. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kapasitas tarik dengan menggunakan ankur tanah type lipat yang diharapkan dapat mengatasi permasalahan bangunan pada tanah lunak. Uji model fisik dilakukan di laboratorium Mektan, Departemen Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin. Angkur ini terdiri dari 4 daun. Tiap daun panjang 100 mm, lebar 60 mm dengan ketebalan 5 mm, diuji dimedia tanah lunak dengan pematatan statis pada kolom test diameter 1200 mm dan tinggi 1500 mm dengan variasi kedalaman 300 mm, 600 mm dan 900 mm. Dilengkapi instrumen tes tarik dongkrak hidrolik kapasitas 10 ton. Angkur lipat ditekan masuk kedalam tanah dengan bantuan dongkrak hidrolik. Kemudian Tes tarik dilakukan lalu diamati kapasitas tarik untuk semua variasi kedalaman yang diuji. Hasil penelitian menunjukkan terjadi peningkatan kapasitas tarik ankur pada masing-masing kedalaman 300 mm sebesar 6.5 KN, 600 mm sebesar 10 KN dan 900 mm sebesar 19 KN. Kesimpulan yang didapat yaitu pemasangan ankur lipat pada tanah lunak sangat mudah, tanpa menggali atau mengebor tanah, dan kedalaman penanaman ankur lipat memiliki batasan efektifitas dalam meningkatkan kapasitas tarik.

Kata kunci: kapasitas tarik, ankur lipat

PENDAHULUAN

Indonesia sebagai negara maritim mempunyai lebih dari 3.700 pulau berpenghuni dan garis pantai sepanjang 80000 km. Wilayah pantai pada umumnya digunakan oleh penduduk untuk melakukan berbagai aktivitas untuk memenuhi kebutuhannya seperti sebagai kawasan industri, pelabuhan, aktivitas perikanan, pertanian, kawasan pemerintahan dan kawasan pariwisata, maka dibutuhkan berbagai prasarana dan sarana yang akan dibangun sepanjang pesisir pantai.

Di beberapa wilayah pantai di Indonesia, banyak dijumpai deposit tanah lunak baik di daerah pantai, perairan lepas pantai, dan daratan. Tanah lunak merupakan salah satu kendala geologi teknik yang dapat menimbulkan permasalahan dalam pembangunan infrastruktur dan penataan ruang. Tanah lunak sering kali menimbulkan permasalahan dalam konstruksi akibat rendahnya daya dukung sehingga berpotensi terjadi settlement. Persoalan utama yang dihadapi untuk bangunan dipantai atau lepas pantai adalah masalah kestabilan struktur akibat pergerakan air laut baik secara vertikal akibat pasang surut maupun pergerakan horizontal akibat arus, angin dan gelombang. Untuk menjaga kestabilan akibat pergerakan vertikal gaya apung (uplift) maka diperlukan suatu struktur penahan yang dikenal dengan ankur.

Struktur yang menggunakan ankur tanah telah banyak dikembangkan untuk berbagai keperluan seperti pada perkuatan lereng, dinding penahan tanah (turap), stabilitas terowongan, pondasi menara transmisi untuk menahan gaya tarik, guling dan sebagainya. Terdapat banyak tipe ankur yang telah dikembangkan untuk berbagai keperluan tergantung kepada besar dan tipe beban, tipe struktur, dan kondisi lapisan tanah setempat dan sebagainya. Penelitian tentang penggunaan

angkur telah banyak dilakukan sebelumnya. Studi tentang kapasitas batas cabut ankur tanah telah dilakukan oleh R.S. Merifield and S.W. Sloan (2006) dan Djameluddin, R (2003). Hasil penelitian yang lainnya berusaha untuk memahami perilaku dari ankur pada tanah kohesif dan nonkohesif baik akibat beban statis maupun siklik/dinamis.

Pengembangan bentuk dan model ankur yang memiliki kemudahan dalam pemasangan dengan kapasitas dukung yang besar perlu dikembangkan. Khusus untuk penggunaan ankur pada tanah kohesif (cohesive soil) yang memiliki ketebalan yang besar, memungkinkan untuk dilakukan inovasi dengan menggunakan ankur tanah type lipat (*folding type*). Penggunaan ankur type lipat pada tanah kohesif dengan asumsi elemen ankur akan mekar pada saat dilakukan penarikan dengan panjang perpindahan ankur tertentu sampai batas tarik maksimum. Sebagai tahap awal pengembangan ankur type lipat ini, maka akan dilakukan suatu tes pada tanah lunak dengan variasi kedalaman. Untuk mendapatkan berapa besar gaya tarik maksimum, maka perlu diteliti kapasitas tarik ankur (*pullup*) terhadap kedalaman pada tanah lunak, agar didapatkan besaran gaya tarik ankur yang akan direncanakan.

Berdasarkan alasan tersebut di atas maka pada penelitian ini akan didesain model ankur sekaligus mengkaji kinerja ankur yang akan dibangun terutama dalam hal kapasitas tarik untuk beberapa variasi kedalaman ankur tanah type lipat yang dimasukkan kedalam tanah lunak.

LANDASAN TEORI

Tanah lempung atau sering disebut sebagai tanah kohesif, pada keadaan kering sangat keras seakan-akan tidak compressible (dapat memadat), akan tetapi jika tanah lempung ini jenuh air misalnya saat terkena air hujan, tanah lempung ini akan menjadi sangat lunak dan bersifat compressible. Tanah dengan sifat yang seperti ini dapat menyebabkan kerusakan pada bangunan yaitu retaknya dinding, terangkatnya pondasi, jalan-jalan yang bergelombang dan masih banyak kerusakan yang ditimbulkan. Untuk berbagai keperluan seperti pada perkuatan lereng, dinding penahan tanah (turap), stabilitas terowongan, pondasi menara transmisi untuk menahan gaya tarik, guling dan sebagainya.

Menurut Terzaghi (1967) tanah lempung kohesif diklasifikasikan sebagai tanah lunak apabila mempunyai daya dukung lebih kecil dari 0,5 kg/cm² dan nilai standard penetration test lebih kecil dari 4 (N-value < 4). Berdasarkan uji lapangan, tanah lunak secara fisik dapat diremas dengan mudah oleh jari-jari tangan. Menurut Toha (1989), sifat umum tanah lunak adalah memiliki kadar air 80-100%, batas cair 80-110%, batas plastis 30-45%, saat dites sieve analysis, maka butiran yang lolos oleh saringan no 200 akan lebih besar dari 90% serta memiliki kuat geser 20-40 kN/m².

Adapun hubungan antara tahanan konus q_c terhadap konsistensi tanah dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Hubungan antara tahanan konus q_c terhadap konsistensi tanah

Tahanan konus, q_c (kg/cm ²)	Konsistensi
< 5	Sangat Lunak
5 – 10	Lunak
10 – 20	Teguh
20 – 40	Kenyal
40 – 80	Sangat Kenyal
80 – 150	Keras
> 150	Sangat Keras

Pada Tabel 1 tampak bahwa semakin tinggi nilai q_c , maka konsistensi tanah semakin baik. Tanah keras berada pada q_c antara 80 ~ 150 kg/cm², dan tanah sangat keras dengan $q_c > 150$ kg/cm². Adapun $q_c < 10$ kg/cm² termasuk tanah lunak, dan tanah lunak ini sering bermasalah.

Isu stretegis problema tanah kohesif

Tanah kohesif terdiri dari tanah yang sebagian besar berbutir sangat kecil seperti lempung atau lanau. Sifat lapisan tanah lempung lunak adalah gaya gesernya yang kecil, kemampuan yang besar, koefisien permeabilitas yang kecil dan mempunyai daya dukung rendah dibandingkan tanah lempung lainnya. Tanah-tanah lempung lunak secara umum mempunyai sifat antara lain : kuat geser tanah

yang rendah, berkurang kuat geser apabila kadar air bertambah, berkurang kuat geser apabila struktur tanahnya terganggu, bila basah, bersifat plastis dan mudah mampat, menyusut bila kering dan mengembang bila basah, kompreibilitasnya besar, berubah volumenya dengan bertambahnya waktu akibat rangkai pada beban yang konstan, dan merupakan material kedap air.

Untuk mengantisipasi kerusakan pondasi bangunan dinding penahan pada tanah kohesif, maka perlu dilakukan perkuatan tanah. Salah satu metode perkuatan tanah pada pondasi dan turap yaitu dengan menggunakan angkur tanah untuk menahan gaya tarik dan gaya guling.

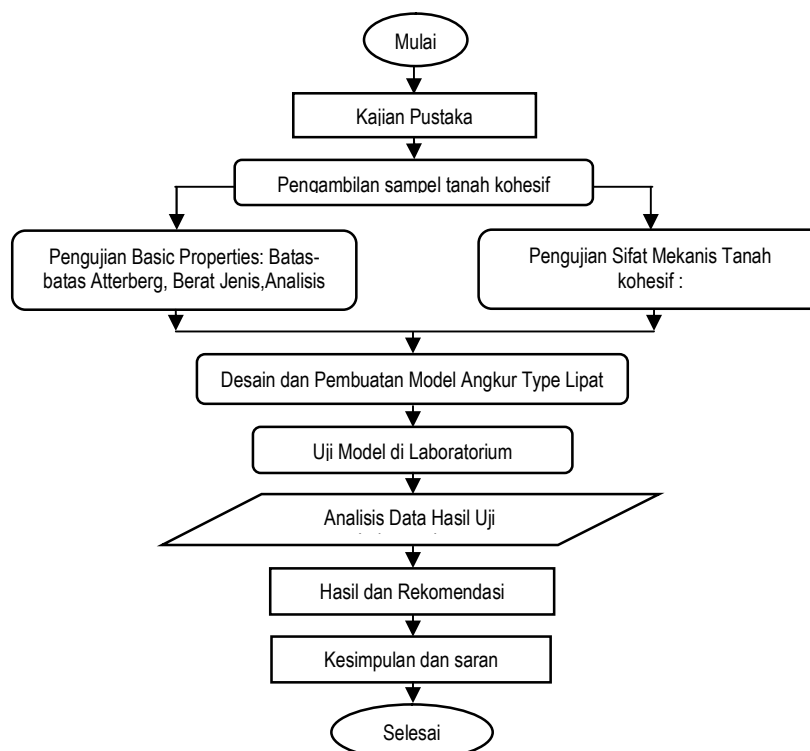
Kapasitas tarik angkur

Kapasitas tarik dari model angkur tanah bentuk lipatan pada tanah kohesif yang merupakan modifikasi dari angkur pelat bentuk lingkaran masif dengan melakukan serangkaian uji model di laboratorium. Model angkur bentuk lipatan yang dipilih terdiri dari, 4 (empat) daun. Studi tentang variasi tipe angkur dan kesesuaian di lapangan telah dilakukan oleh Baba, H.V et al, 1989, kapasitas tarik angkur pelat bentuk bintang pada tanah kohesif terkompaksi, oleh Abdul Rachman Djamaluddin, 2013, menganalisis kapasitas tarik dari model angkur bentuk bintang yang merupakan modifikasi dari angkur pelat bentuk lingkaran masif dengan melakukan serangkaian uji model di laboratorium.

METODOLOGI PENELITIAN

Urutan penelitian

Berdasarkan latar belakang, rumusan masalah dan tujuan penelitian maka untuk mencapai tujuan penelitian maka disusun bagan alir penelitian seperti pada gambar 1 berikut dapun bagan alur penelitian sebagai berikut :



Gambar 1. Bagan Alir Proses Penelitian

RANCANGAN UJI MODEL PENELITIAN

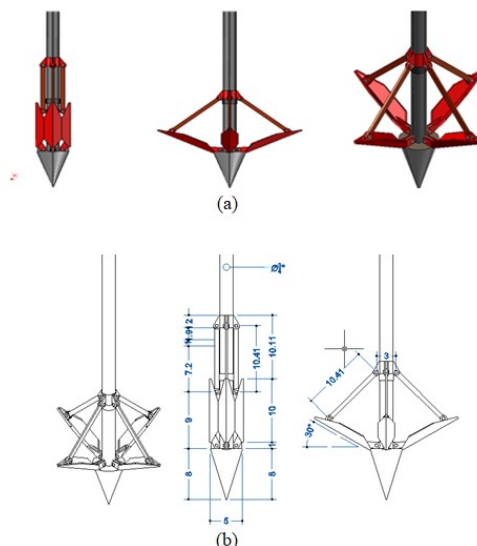
Pengujian karakteristik dan mekanis tanah

Penelitian ini diawali dengan pengujian dasar karakteristik tanah dan mekanis untuk menentukan klasifikasi dasar tanah objek penelitian. Pengujian yang dilakukan diantaranya ; Analisis Saringan (D-136-06), Berat Jenis (D-126), Batas cair (D-423-66), Batas plastis (D-424-74) Indeks

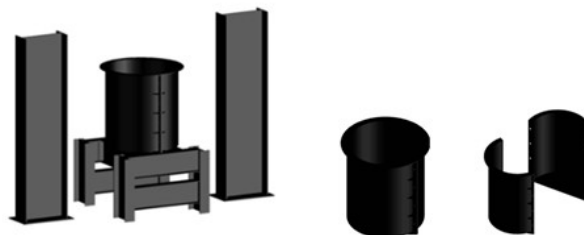
plastis (D-424-74), Kuat tekan bebas (D-633-1994), Konsolidasi konvensional (D – 231-1994), Permeability (D – 135-1994).

Rancangan uji model fisik

Uji model fisik di lakukan di laboratorium Mekanika Tanah Departemen Teknik sipil Universitas Hasanuddin Kabupaten Gowa, seperti diperlihatkan dalam gambar 2 dan 3.



Gambar 2. Bentuk dan Ukuran Angkur dalam tiga dimensi, (a) Bentuk Angkur, (b) Ukuran Angkur



Gambar 3. Model Uji Kolom Test, (a) Perangkat Kolom Test, (b) Kolom Test dalam tiga Dimensi, (c) Kolom test dalam keadaan terbuka

Pemodelan uji tarik angkur dengan menggunakan box uji kolom test dengan memberi variasi kedalaman dengan tujuan mengamati kuat tarik angkur. Sejumlah hasil tes di laboratorium dan tes lapangan yang dipublikasikan untuk menentukan kapasitas tarik dari angkur pelat untuk kondisi jangka pendek yang ditanam di dalam tanah lunak dirangkum oleh Das (1990) dimana persamaan untuk menentukan kapasitas jangka pendek pelat angkur sebagai berikut :

$$Q_u = Q_o + W_a + F_s \tag{1}$$

- dengan : Q_u = Kapasitas tarik kotor dari angkur,
- Q_o = Kapasitas tarik bersih,
- W_a = berat efektif dari pelat jangkar
- F_s = mud suction force yang merupakan fungsi dari C_u dan k .

Harga Q_o menurut Vasic (1971)

$$Q_o = A (\gamma H + F_c \cdot C_u) \tag{2}$$

- dengan : A = Luas dari pelat angkur,
- γ = Berat volume tanah jenuh,
- F_c = Break out factor dan
- C_u = Kohesi tak teralirkan

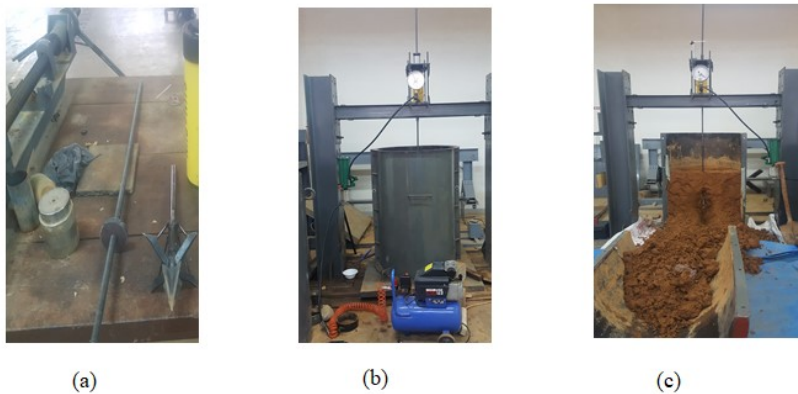
Selanjutnya F_c merupakan fungsi dari C_u dan rasio penanaman angkur. Merujuk kepada Das (1990):

$$F_c = n(H/D) \leq F^*c = 9 \quad (3)$$

nilai n berkisar antara 2 – 5,9 tergantung kepada nilai c_u

Pada penelitian ini tanah lempung didesain dengan kadar air antara 80% sampai 85% dan dipadatkan dengan cara statis kemudian diukur dengan menggunakan Hand-penetrometer untuk mendapat nilai q_c (tahanan konus). Angkur dibenamkan dengan variasi kedalaman 300 mm, 600 mm dan 900 mm. Setelah itu didiamkan kemudian di tes. Tes tarik dilakukan menggunakan alat tes tarik dengan bantuan dongkrak hidrolik Kapasitas 10 ton dan kompresor, seperti pada gambar 4.

Setelah diamati lalu dianalisa kapasitas tarikt untuk semua variasi kedalaman yang diuji. Hasilnya dapat ditentukan dari perilaku hubungan beban dengan deformasi tarik selama pengujian.



Gambar 4. Uji test tarik, (a) Peralatan dan Bentuk angkur, (b) Uji tarik dalam kolom tes
(c) Analisa setelah uji tarik

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan disain awal penelitian tanah yang digunakan sebagai media pengujian adalah tanah kohesif. Berdasarkan hasil pemeriksaan karakteristik tanah dihasilkan parameter tanah pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil hasil pemeriksaan karakteristik tanah

Kadar air	= 23,25%
Berat jenis (Gs)	= 2,62
Batas cair	= 63,58%
Batas plastis	= 34,21%
Indeks plastis	= 31,26
Analisa saringan 83,2% lolos saringan No. 200	
Klasifikasi tanah menurut USCS adalah OH dan menurut AASHTO adalah A-7-5.8	

Hasil pemeriksaan karakteristik tanah pada tabel 2, merupakan tanah asli dari lapangan yang belum dimodifikasi menjadi tanah lunak.

Hasil Pengujian Model Jangkar

Berdasarkan rancangan angkur yang diuji pada penelitian ini yang terdiri dari 4 macam kedalaman, yaitu kedalaman 300 mm, 600 mm, dan 900 mm. Adapun hasil pengujian kapasitas tarik angkur dapat dilihat pada tabel 2.

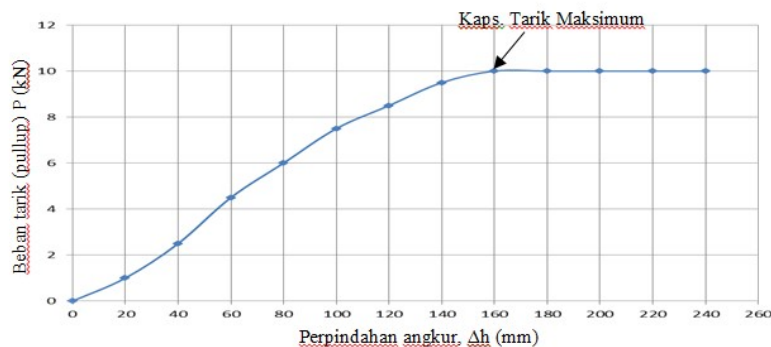
Tabel 3. Hasil pengujian tarik angkur kedalaman 300 mm, 600 mm, dan 900 mm

No.	Perpindahan angkur Δh (mm)	Kapasitas tarik (kN)		
		Kedalaman 300 mm	Kedalaman 600 mm	Kedalaman 900 mm
1	0	0	0	0
2	20	0.5	1	1
3	40	1	2.5	4
4	60	2	4.5	8
5	80	3.5	6	11
6	100	5	7.5	14
7	120	6.2	8.5	17
8	140	6.5	9.5	18.5
9	160	6.5	10	19
10	180	6.5	10	19
11	200		10	19
12	220		10	19
13	240		10	19

Pada tabel 3, dapat dianalisis bahwa, angkur sudah mengembang sempurna apabila tidak terjadi lagi peningkatan kapasitas tarik (kapasitas tarik sudah mencapai maksimum) sepanjang perpindahan angkur. Pada kedalaman 300 mm kuat tarik maksim terjadi pada perpindahan angkur 140 mm sebesar 6.5 kN, pada kedalaman 600 mm perpindahan angkur sejauh 160 mm dan kuat tarik maksimum sebesar 10 kN, pada kedalaman 900 mm perpindahan angkur sejauh 160 mm dan kuat tarik maksimum sebesar 19 kN.



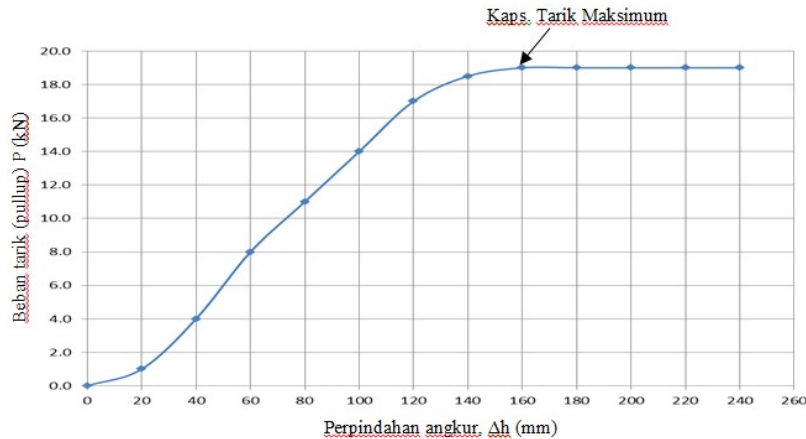
Gambar 5. Grafik kapasitas tarik batas untuk kedalaman 300 mm



Gambar 6. Grafik kapasitas tarik batas untuk kedalaman 600 mm

Pada kedalaman 300 mm (gambar 5), pada saat angkur ditarik, angkur sudah mengembang sempurna pada perpindahan angkur sejauh 140 mm dan kapasitas tarik sudah mencapai maksimum sebesar 6.5 kN.

Pada kedalaman 600 mm (gambar 6), pada saat angkur ditarik, angkur sudah mengembang sempurna pada perpindahan angkur sejauh 160 mm dan kapasitas tarik sudah mencapai maksimum sebesar 10.0 kN.



Gambar 7. Grafik kapasitas tarik batas untuk kedalaman 900 mm

Pada kedalaman 900 mm (gambar 7), pada saat angkur ditarik, angkur sudah mengembang sempurna pada perpindahan angkur sejauh 160 mm dan kapasitas tarik sudah mencapai maksimum sebesar 19.0 kN

KESIMPULAN

Berdasar hasil uji model fisik yang telah dilakukan di laboratorium, disimpulkan sebagai berikut :

- 1) Pemasangan angkur lipat pada tanah lunak sangat mudah, tanpa menggali atau mengebor tanah.
- 2) Kapasitas tarik maksimum terjadi pada saat angkur mengembang sempurna, yaitu pada gambar grafik terlihat sudah tidak terjadi lagi peningkatan tarik.
- 3) Terjadi peningkatan kapasitas tarik maksimum angkur pada masing-masing kedalaman 300 mm sebesar 6.5 kN, 600 mm sebesar 10 kN dan 900 mm sebesar 19 kN.
- 4) Kedalaman angkur memiliki batasan efektifitas dalam meningkatkan kapasitas tarik.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, M., 1968. *Pullout resistance of anchor plates in soft bentonite clay*. M.S. thesis presented to Duke University, Durham, NC, USA
- Baba, H.V., Gulhati, S.K. and Datta, M., 1989. *Suction effects in plate anchors in soft clays*. Proc. 12th Int. Conf. on Soil Mech. and Found. Engineering, Rio de Janeiro, Brazil, 2, 409--412.
- Bhatnagar, R.S., 1969. *Pullout resistance of anchors in silty clay*. M.S. thesis presented to Duke University, Durham, NC, USA.
- Das, B.M., 1980. *A procedure for estimation of ultimate uplift capacity of foundations in clay*. Soils and Foundations, 20 (1), 77--82.
- Das, B.M., Moreno, R., and Dallo, K.F., 1985. *Ultimate pullout capacity of shallow vertical anchors in clay*. Soils Found., Japan, 25 (2), 148--152.
- Das, B.M., and Puri, V.K., 1989. *Holding capacity of inclined square plate anchors in clay*. Soils and Foundations, 29 (3), 138--144.
- Das, B.M., 1995. *Behavior of shallow plate anchors in clay undersustained loading*. Marine Georesource and Geotechnology, 13(4), 417--428.
- Das, B.M., Shin, E.C., Dass, R.N., and Omar, M.T., 1994. *Suction force below plate anchors in soft clay*. Marine Georesources and Geotechnology, 12, 71--81.
- Farouk Naswar, Djafar, 2007, *Studi Kapasitas Angker dengan Interaksi Tingkat Kepadatan Tanah dan Bentuk Angker*, Dept. Teknik Sipil Unhas.
- Merifield, R.S., Sloan, S.W., and Yu, H.S., 2001. *Stability of plate anchors in undrained clay*. Geotechnique, 51 (2), 141--153.

- Meyerhof, G.G., and Adams, J.I., 1968. *The ultimate uplift capacity of foundations*. Canadian Geotechnical Journal, 5 (4), 225--244.
- Nhiem, T.V., 1975. *Uplift resistance of anchor slabs in soft clay*. Proc. Soil Mechanics and Foundation Engineering Conference, Istanbul, 2, 144--152.
- Rachman Djamaluddin, 2003, *Kapasitas cabut jangkar pelat bentuk bintang pada tanah kohesif terkompaksi*, Prociding PIT, HATTI, 2013
- Rowe, R.K., and Davis, E.H., 1982. *The behaviour of anchor plates in clay*, Geotechnique, 32 (1), 9--23.
- Singh, S.P., 1998. *Behaviour of plate anchors in soft saturated clay under monotonic and cyclic loading*. PhD thesis, Anna University, Chennai, India.
- Sing.S.P. and S.V. Ramaswamy., 2008. *Effect of shape on holding capacity of plate anchors buried in soft soil*. Geomechanics and Geoengineering, An International Journal, Vol. 3 No.2 June 2008, 157-166.
- Vesic, A.S., 1971. *Breakout resistance of objects embedded in ocean bottom*. J. of Soil Mech. and Found. Engg. Div., ASCE, 97, SM9, 1183—1205.