

Rancang Bangun Alat Uji Model Fondasi Sebagai Penunjang Penelitian Di Laboratorium Mekanika Tanah

Suratman¹

¹Laboratorium Mekanika Tanah, Fakultas Teknik, Universitas Riau.
Email: suratman21@gmail.com

Submisi: 12 Juli 2022; Penerimaan: 2 Agustus 2022

ABSTRAK

Provinsi Riau merupakan daerah dengan demografi berada di wilayah pesisir timur Sumatera. Berdasarkan letak geografisnya tanah di provinsi Riau didominasi berupa tanah lunak. Struktur fondasi merupakan salah satu fokus penelitian di laboratorium mekanika tanah pada jurusan teknik sipil Universitas Riau. Untuk menunjang penelitian memerlukan sebuah alat pengujian model fondasi. Berdasarkan hal tersebut, maka dalam penelitian ini dirancang sebuah model pengujian fondasi yang dikombinasikan dengan alat yang tersedia di laboratorium.

Metode penelitian ini berupa eksperimen dan rancang bangun model alat pengujian fondasi berupa bak yang terbuat dari pelat dengan rangka besi. Bak ini akan berfungsi sebagai tempat sampel tanah sebagai media penanaman model fondasi tiang. Pengukuran beban fondasi digunakan alat CBR lapangan dengan sedikit modifikasi. Unjuk kinerja alat dilakukan setelah tahapan perancangan dan pembuatan model alat. Pengujian unjuk kinerja terhadap model alat pengujian fondasi dilakukan dengan melakukan pengujian model fondasi tiang yang terbuat dari mortar beton dengan diameter 3 cm dan panjang penanaman 30 cm. Tahapan unjuk kinerja alat ini dilakukan untuk mengetahui apakah rancangan model alat berfungsi dengan baik. Diharapkan hasil rancang bangun alat ini bermanfaat untuk menunjang penelitian di laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Riau.

Hasil pengujian menunjukkan konsistensi hasil pengukuran dengan nilai daya dukung fondasi tiang sebesar 40,61 – 42,82 N. Dengan hasil yang konsisten ini mengindikasikan bahwa alat hasil rancang bangun model fondasi dengan menggunakan alat CBR lapangan berfungsi dengan baik sehingga dimanfaatkan oleh peneliti sebagai alat pengujian model fondasi.

Kata Kunci: tanah lunak; fondasi tiang; model pengujian fondasi; alat CBR lapangan

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Provinsi Riau merupakan daerah dengan demografi berada di wilayah pesisir timur Sumatera. Berdasarkan letak geografisnya "kondisi tanah di provinsi Riau didominasi dengan tanah lunak (*soft soil*) berupa tanah gambut". Luas lahan gambut di provinsi Riau mencapai 60.8% dari luas lahan gambut di Sumatera (Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan

Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, 2011). Dengan perkembangan provinsi Riau yang sangat pesat pada berbagai sektor seperti pertambangan, perdagangan dan perkebunan dibutuhkan infrastruktur yang memadai. Hal ini berpengaruh terhadap ketersediaan lahan yang mengakibatkan terjadinya pembangunan infrastruktur diatas tanah lunak. Pembangunan infrastruktur diatas tanah lunak seperti permukiman, jalan, jembatan, dan gedung perkantoran menjadi tantangan tersendiri bagi para

insinyur. Berdasarkan hal itu sebagai salah satu perguruan tinggi yang ada di provinsi Riau, Universitas Riau sangat konsen dengan penelitian yang berbasis pada wilayah pesisir. Salah satu fokus penelitian yang dilakukan khususnya pada jurusan Teknik Sipil adalah fondasi bangunan.

Secara umum struktur bangunan dalam teknik sipil terdiri dari stuktur atas bangunan (*upper structure*) dan struktur bawah bangunan (*sub-structure*). Fondasi merupakan struktur bawah bangunan (*sub-structure*) yang berfungsi untuk meneruskan beban struktur atas ke dalam tanah. Beban tersebut harus disalurkan ke lapisan tanah yang cukup keras agar fondasi dapat memikul beban di atasnya. Pada kondisi lapisan tanah keras berada jauh didalam lapisan tanah biasanya digunakan fondasi tiang pancang (Hardiyatmo, 2008). Fondasi tiang pancang terbuat dari bahan kayu, beton, dan baja. Penggunaan fondasi tiang pancang akan membutuhkan biaya yang lebih mahal daripada fondasi dangkal (Das, 2007).

Pada kondisi lapisan tanah lunak yang tebal, diperlukan beberapa alternatif pilihan fondasi yang disesuaikan dengan tipe bangunannya. (Kurniawan, et al, 2021) melakukan kajian pemilihan model fondasi dapat dilakukan berdasarkan sisi teknis, biaya, metode pelaksanaan dan waktu pelaksanaan. Dengan mahalnya penggunaan fondasi tiang pancang diperlukan adanya inovasi model fondasi yang lebih murah dan mampu mendukung beban bangunan di atasnya. Inovasi model fondasi sangat diperlukan dalam mengatasi permasalahan pembangunan infrastruktur di atas tanah lunak. Pengembangan *prototype* fondasi dilakukan dengan pemodelan dilaboratorium dengan melakukan pengujian model fondasi pada tanah lunak. Untuk menyimulasikan beberapa

model fondasi dilaboratorium diperlukan suatu rancang bangun alat pengujian fondasi portabel sehingga mudah dalam instalasi sampel dan model fondasinya.

Berdasarkan hal tersebut, maka dalam penelitian ini didesain sebuah bak model pengujian fondasi dikombinasikan dengan alat yang tersedia di laboratorium. Model bak terbuat dari pelat dengan rangka besi. Sedangkan untuk pengukuran beban fondasi digunakan alat CBR (*California Bearing Ratio*) lapangan dengan penambahan alat penggantung pada portal dari bak model. Diharapkan penelitian ini bermanfaat untuk menunjang penelitian di laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Riau.

Tujuan penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk membuat sebuah rancang bangun alat pengujian model fondasi di laboratorium dengan memanfaatkan alat CBR (*california bearing ratio*) lapangan sebagai alat penunjang penelitian di laboratorium.

TINJAUAN PUSTAKA

Fondasi

Fondasi adalah suatu sistem konstruksi yang berfungsi untuk meneruskan beban struktur kedalam tanah. Apabila lapisan tanah keras jauh dibawah tanah, fondasi tiang pancang dapat digunakan untuk mentransfer beban bangunan atas ke lapisan tanah (Gunaratne, 2006).

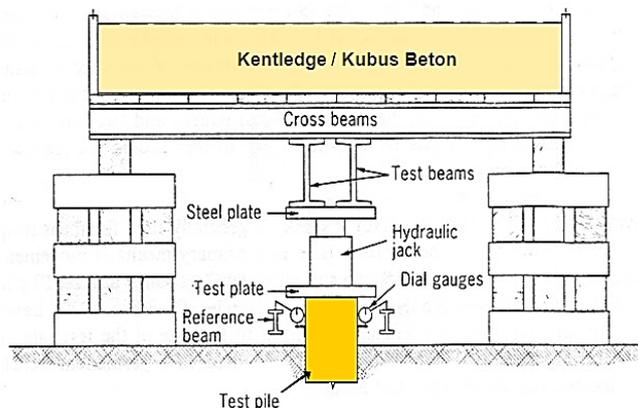
Untuk mengetahui nilai daya dukung tiang fondasi perlu dilakukan pengujian terhadap tiang yang telah di tanam. Pengujian ini sangat penting dilakukan untuk mengetahui kapasitas dukung tiang fondasi yang sebenarnya. Pengujian terhadap beban aksial tekan model fondasi tiang menggunakan metode CRP (*Constant Rate of*

Penetration). Metode ini direkomendasikan oleh Swedish Pile Commission, New York State Department of Transportation, dan ASTM D 1143-81 (Opsional) merupakan jenis pengujian yang sering dilakukan dilapangan sebagai metode untuk mengkonfirmasi kapasitas dukung tiang fondasi.. Langkah-langkah utama CRP Test adalah dengan memberikan beban secara terus-menerus dengan kecepatan penetrasi tiang kedalam tanah konstan. Sebagai patokan pada umumnya kecepatan pembebanan diambil sebesar 0,254 cm/menit atau lebih rendah bila jenis tanah adalah lempung. Gaya yang dibutuhkan untuk mencapai penetrasi rata-rata dicatat. Pengujian dilakukan sampai total penetrasi 2 sampai 3 inci (50 sampai 75 mm).

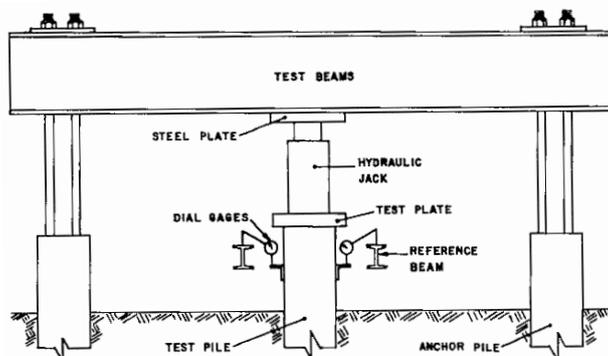
Sesuai dengan ASTM D 1143-81 terdapat dua metode uji beban statik yaitu metode pengujian pembebanan dengan sistem *kentledge* seperti ditunjukkan pada Gambar 1 dan pengujian dengan sistem kerangka baja atau jangkar pada tanah seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.

Tanah Lunak

Tanah lunak merupakan tanah yang memiliki kadar air yang tinggi sehingga kuat gesernya menjadi rendah. Tanah dikategorikan pada konsistensi sangat lunak sampai lunak apabila mempunyai nilai kuat geser (Cu) berkisar antara 0 – 25 kPa. Nilai Cu (cohesi undrained) = Su (shear undrained) untuk tanah lempung disajikan pada Tabel 1.



Gambar 1 Skema pengujian Pembebanan Statik Dengan Sistem *Kentledge*
 Sumber : ASTM D 1143 - 81 (1994)



Gambar 2 Skema Pengujian Pembebanan Statik dengan Sistem Kerangka Baja
 Sumber: ASTM D 1143 - 81 (1994)

Tabel 1 Hubungan konsistensi tanah lempung dengan nilai kuat tekan bebas

Konsistensi	q_u , kN/m ²	$C_u = \frac{1}{2} q_u$, kN/m ²
Lempung keras	> 400	> 200
Lempung sangat kaku	200 – 400	100 - 200
Lempung kaku	100 - 200	50 - 100
Lempung sedang	50 - 100	25 - 50
Lempung lunak	25 - 50	12,5 - 25
Lempung sangat lunak	< 50	< 12,5

Sumber : (Hardiyatmo, 2002)

METODE PENELITIAN

Penelitian yang dilakukan merupakan sebuah eksperimen dan rancang bangun alat uji model fondasi yang akan berfungsi untuk menunjang kegiatan penelitian di laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Riau.

Alat pengujian

Secara umum desain alat uji fondasi dan alat yang digunakan pada penelitian terdiri dari beberapa bagian, yaitu:

1. Bak uji dengan ukuran 150 cm x 90 cm x 90 cm

Tujuan dari pembuatan bak uji adalah sebagai tempat sampel tanah yang akan dipakai untuk penanaman model tiang pancang. Selain itu bak uji yang terisi tanah digunakan sebagai *counter weight* pada saat pembebanan model tiang pancang.

2. Portal

Portal adalah tempat tumpuan alat uji tekan yang berfungsi untuk menahan gaya *uplift* akibat pengujian model tiang pancang

3. Alat uji tekan (alat uji CBR lapangan) merk Control, Italia.

Alat ini berfungsi untuk memberikan tekanan pada model tiang pancang.

4. *Proving ring* kapasitas 1 kN merk Control, Italia.

Proving ring berfungsi untuk mengukur besarnya beban yang diterima oleh model tiang pancang.

5. Dial indikator dengan ketelitian 0,01 mm/div merk Mitutoyo, Jepang.

Dial indikator digunakan untuk mengukur besaran penetrasi model tiang pancang akibat dari pemberian tekanan.

6. *Hand Vane shear test* merk Pilcon, England.

Alat ini digunakan untuk mengetahui nilai kuat geser tanah (S_u).

7. Alat bantu seperti stopwatch, form pengujian

Bahan penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah:

1. Tanah lempung sangat lunak dengan desain nilai kuat geser tanah (S_u) 1 – 3 kPa sebanyak $\pm 1,20 \text{ m}^3$. Sampel tanah yang digunakan berasal dari Sungai Pakning, Kab. Bengkalis, Riau.
2. Model tiang pancang dengan diameter 3 cm dan panjang 30 cm terbuat dari mortar beton dengan besi tulangan diameter 6 mm.

Tahapan penelitian

Penelitian dilakukan melalui beberapa tahapan seperti sebagai berikut:

1. Membuat gambar rancangan model pengujian fondasi. Perancangan ini didasarkan pada standar pengujian pembebanan statik (ASTM D 1143 - 81, 1994).
2. Proses pembuatan alat hasil rancangan.
3. Pembuatan model tiang pancang
4. Persiapan sampel tanah dan penanaman model tiang pancang.

5. Pengujian *vane shear* untuk mengetahui nilai kuat geser tanah.
6. Uji fungsi alat hasil rancangan dengan melakukan pengujian pembebanan model tiang pancang.

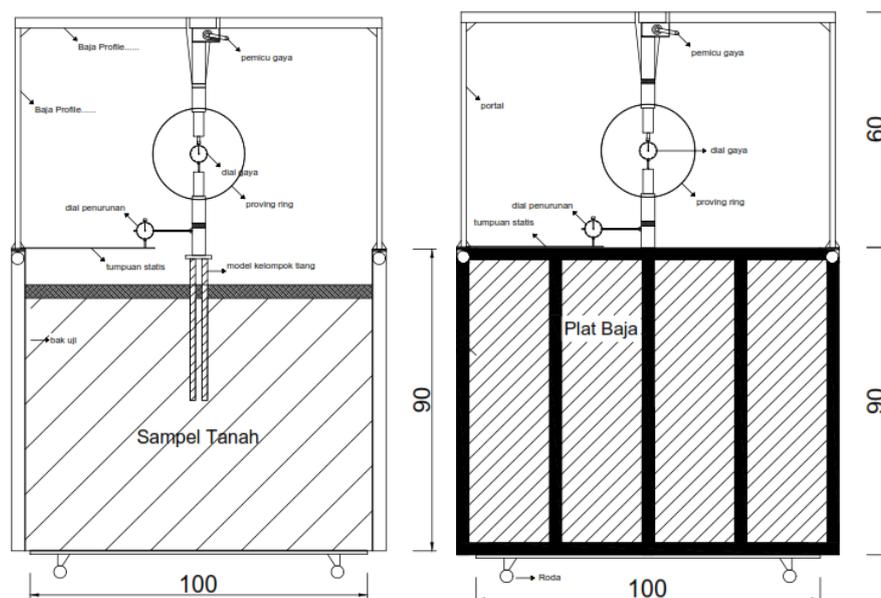
Desain alat ini menggunakan sistem kerangka baja atau jangkar pada tanah. Jangkar pada tanah diganti dengan bak yang diisi dengan sampel tanah sebagai *counter weight*. Dalam menentukan dimensi model bak harus memperhatikan aspek kegunaannya sebagai alat pengujian model fondasi tiang. Hal yang perlu diperhatikan adalah lebar bak harus lebih lebar dari bidang runtuh permukaan fondasi, hal bertujuan agar pada saat pengujian fondasi bidang runtuhnya tidak sampai pada dinding bak uji. Bak pengujian di desain dengan dimensi $p \times l \times t = 150 \text{ cm} \times 100 \text{ cm} \times 90 \text{ cm}$. Penentuan dimensi bak didasarkan pada besaran keruntuhan permukaan seperti yang dijelaskan pada Gambar 5. Portal pengujian terbuat dari besi profil "UNP" atau besi kanal "U" dengan ukuran $5 \text{ mm} \times 38 \text{ mm} \times 100 \text{ mm}$ dengan tinggi portal 60 cm. Gambar 3 memperlihatkan

rancangan desain alat pengujian fondasi yang akan dibuat pada penelitian ini.

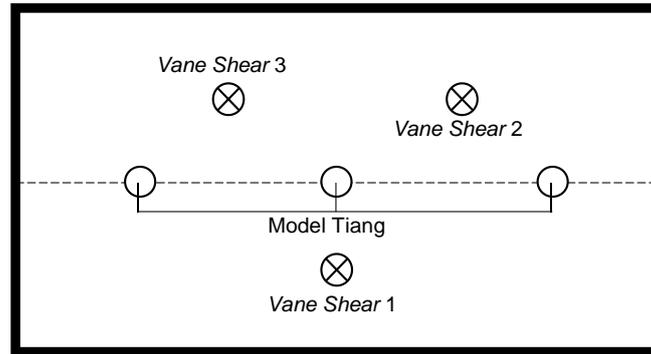
Uji fungsi alat

Sebelum dilakukan pengujian model tiang pancang juga dilakukan pengujian kuat geser tanah menggunakan alat *vane shear*. Titik pengujian *vane shear* tanah dapat dilihat pada Gambar 4.

Uji fungsi alat dilakukan untuk mengetahui bahwa alat berfungsi dengan baik seperti tujuan desain. Uji fungsi dilakukan dengan uji coba pengujian model fondasi tiang yang terbuat dari mortar beton bertulang. Metode pembebanan yang digunakan pada pengujian ini adalah metode CRP (*Constant Rate of Penetration*). Uji ini dilakukan dengan cara memberikan tekanan pada model tiang secara terus menerus dengan kecepatan $0,254 \text{ cm/menit}$. Pembacaan nilai beban dan penetrasi dilakukan pada interval waktu 30 detik. Pengujian dihentikan apabila nilai penetrasi sudah mencapai 30 mm. Setelah pengujian selesai dilanjutkan dengan pengolahan dan analisa data.



Gambar 3 Rancangan alat uji fondasi



Gambar 4 Titik pengujian Vane Shear

Interpretasi Data Pengujian Fondasi

Karakteristik ketahanan daya dukung fondasi berdasarkan kurva beban dan penurunan dapat menunjukkan perilaku dan karakteristik ketahanan daya dukung suatu fondasi.

Gambar 5 memperlihatkan model keruntuhan permukaan di ujung tiang yang diasumsikan oleh Terzaghi, Meyerhof, dan Vesic (V.N.S. Murthy, 2002). Model keruntuhan dijelaskan dengan perumusan berikut:

$$Q_u = q'_0 N_q A_b + Q_f \quad (1)$$

atau

$$Q_u = q'_0 N_q A_b + A_s \overline{q'_0} \overline{K_s} \tan \delta \quad (2)$$

Dimana

Q_u = daya dukung ultimit

Q_f = daya dukung kulit

A_s = luas permukaan kedalaman tiang tertanam

A_b = luas ujung tiang

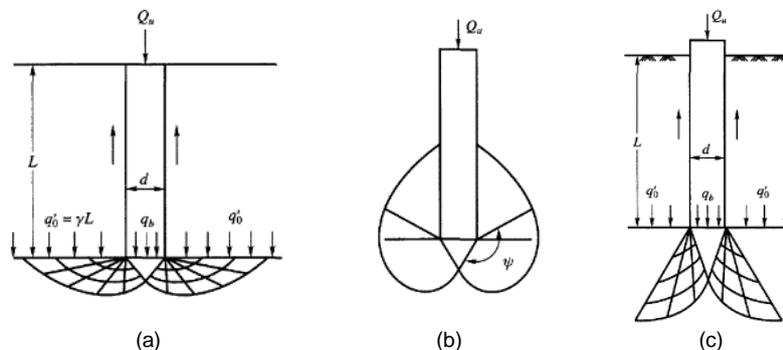
N_q = faktor kapasitas dukung

$\overline{q'_0}$ = rata rata tekanan *overburden* efektif kedalaman tiang tertanam

$\overline{K_s}$ = rata – rata koefisien tekanan lateral

δ = sudut gesekan dinding

Hasil pengujian daya dukung fondasi berupa kurva hubungan antara beban dan penurunan. Menurut Terzaghi and Peck (1967), dalam (Satria, et al, 2020) fondasi persegi dan menerus dengan lebar yang sama menunjukkan perilaku penurunan yang sama untuk intensitas beban dan tanah yang sama. Metode ini merupakan metode penentuan daya dukung ultimit berdasarkan beban yang sesuai dengan penurunan 25 mm.



Gambar 5 Bentuk *surface failure* di ujung tiang seperti yang diasumsikan oleh (a) Terzaghi, (b) Meyerhof, (c) Vesic

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Kuat Geser Tanah

Langkah pertama dalam pengujian adalah menyiapkan sampel tanah lempung lunak. Kontrol nilai kuat geser tanah dilakukan dengan pengujian menggunakan alat *vane shear test*. Hasil pengujian kuat geser tanah (S_u) secara lengkap disajikan pada Tabel 2. Berdasarkan pada Tabel 2 nilai kuat geser tanah berkisar antara 2,16 – 2,67 kPa. Hal ini menunjukkan bahwa sampel tanah yang digunakan sesuai dengan desain yaitu tanah dengan pada konsistensi sangat lunak.

Hasil Pengujian Model Fondasi Tiang

Untuk mengetahui kinerja dan fungsi alat, dilakukan pengujian terhadap model fondasi tiang. Pengujian model fondasi dilakukan dengan cara memberikan beban dengan metode CRP (*constant rate of penetration*) dengan kecepatan pembebanan diambil 0.254 cm/menit (ASTM D 1143 - 81, 1994). Pembebanan dilakukan dengan menggunakan alat CBR lapangan yang telah di modifikasi. Pada penelitian ini model tiang pancang di pasang sampai dengan kedalaman 30 cm. Dengan

ukuran bak yang besar maka dapat ditanam jumlah tiang yang banyak dalam sekali persiapan sampel tanah. Hal ini akan memberikan efisiensi waktu pengujian yang lebih cepat. Gambar 6 menunjukkan model tiang pancang tunggal yang telah tertanam dan siap untuk dilakukan pemberian beban.

Pembebanan dilakukan sampai penurunan mencapai 30 mm, hal ini bertujuan untuk melihat model keruntuhan dari tiang. Hasil pengujian pembebanan berupa data beban dan penurunan, selanjutnya hasil pengujian ini di plot dalam sebuah grafik hubungan antara beban (*load*) dengan penurunan. Besarnya daya dukung fondasi ditentukan dengan menggunakan metode Terzaghi atau yang lebih dikenal dengan penurunan 25 mm.

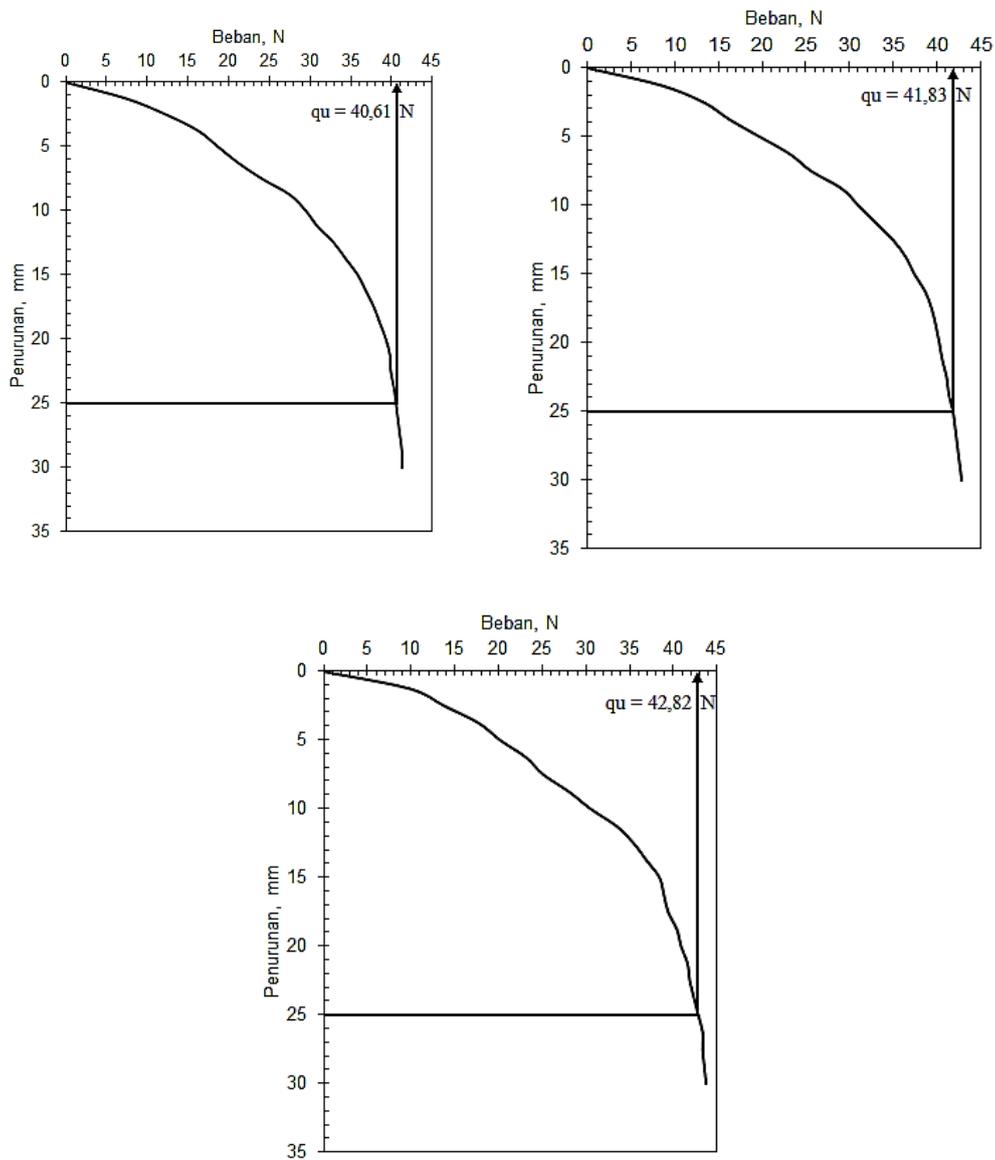
Untuk mengetahui unjuk kinerja alat uji fondasi yang rancang dilakukan dengan melukan pengujian model fondasi tiang. Pengujian model tiang pancang dilakukan sebanyak 3 kali. Hasil pengujian model fondasi tiang digambarkan berupa grafik hubungan antara beban dengan penurunan. Hasil pengujian model fondasi tiang disajikan pada Gambar 7.



Gambar 6 Pengujian model fondasi tiang

Tabel 2 Hasil pengujian kuat geser tanah

Titik uji	Kedalaman (cm)	Nilai Kuat geser (kPa)	Rata – rata nilai kuat geser (kPa)
1	10	2.0	2.16
	20	2.5	
	30	2.0	
2	10	2.0	2.33
	20	2.5	
	30	2.5	
3	10	2.5	2.67
	20	3.0	
	30	2.5	



Gambar 7 Hasil pengujian fondasi tiang tunggal metode penurunan 25 mm

Merujuk pada Gambar 7 nilai daya dukung fondasi tiang untuk sampel model fondasi tiang adalah 40,61 – 42,82 N. Hal ini menunjukkan bahwa alat hasil rancang bangun model pengujian fondasi ini bekerja dengan baik. Hasil unjuk kinerja alat memberikan hasil pengujian yang cukup konsisten. Dengan hasil ini maka alat dapat digunakan sebagai alat penunjang bagi penelitian di laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Riau.

KESIMPULAN

Beberapa kesimpulan yang dapat di ambil dari penelitian ini adalah:

1. Hasil pengujian kuat geser sampel tanah menunjukkan nilai rata-rata antara 2.16 – 2.67 kPa.
2. Berdasarkan hasil uji fungsi alat, memperlihatkan bahwa penggunaan alat CBR lapangan pada rancang bangun alat pengujian fondasi sebagai alat pembebanan model tiang dapat berfungsi dengan baik. Hal ini dibuktikan dengan hasil pembebanan yang cukup konsisten dan tidak terjadi kendala pada saat pengujian.
3. Hasil pengujian model fondasi tiang mempunyai nilai daya dukung antara 40,61 – 42,82 N.
4. Dengan hasil rancang bangun alat pengujian model fondasi ini dapat digunakan untuk menunjang penelitian di laboratorium khususnya untuk pengujian fondasi.

DAFTAR PUSTAKA

ASTM D 1143 - 81. (1994). Standard Test Method for Piles Under Static Axial Compressive Load (Vol. 81).

Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, K. P. (2011). *Peta Lahan Gambut Indonesia* (Vol. Desember 2). Jakarta.

Das, B. M. (2007). *PRINCIPLES OF FOUNDATION ENGINEERING*. (Evelyn Veitch, Ed.) (6th ed.). Chris Carson.

Gunaratne, M. (2006). *Design of Driven Piles and Pile Groups BT - THE FOUNDATION ENGINEERING HANDBOOK*. In *the Foundation Engineering Handbook* (pp. 235–298).

Hardiyatmo, H. C. (2002). *Mekanika Tanah 1 Gadjah Mada University Press* (3rd ed.).

Hardiyatmo, H. C. (2008). *Teknik Fondasi 2. Gramedia Pustaka Utama* (4th ed.).

Kurniawan, R., Syuhada, S., & Bintang, N. (2021). Kajian Pemilihan Struktur Fondasi Bangunan Empat Lantai (Studi Kasus Desain Gedung GLT 1 dan GLT 3 Institut Teknologi Sumatera). *Journal of Infrastructur Planning and Design*, 1(November), 24–31.

Satria, Z., Fatnanta, F., & Nugroho, S. A. (2020). Pengaruh Waktu Terhadap Daya Dukung Fondasi Tiang Pada Tanah Lunak Dengan Variasi Kekasaran. *Jurnal Rekayasa Sipil (JRS-Unand)*, 16(1), 12. <https://doi.org/10.25077/jrs.16.1.12-24.2020>

V.N.S. Murthy. (2002). *Geotechnical Engineering: Principles and Practies of Soil Mechanic and Foundation Engineering*. Marcel Dekker, INC (Vol. 91). New York: Marcel Dekker Inc.