



KEMAMPUAN DUKUNG VERTIKAL DAN LATERAL TIANG CERUCUK PADA TANAH LUNAK

Oleh : M. Suherman

RINGKASAN

Tujuan pembuatan pondasi adalah untuk meneruskan beban atau gaya ke dalam tanah tanpa menimbulkan penurunan. Pondasi tiang digunakan untuk memikul beban pada lapisan di bawahnya melalui lapisan lembek atau material yang kompresibel. Tiang sering digunakan pada lapisan lempung yang dalam. Tiang ini akan didukung oleh gaya adhesi atau gesekan dari lempung yang berada pada sekeliling tiang. Uji pembebanan tiang dilakukan umumnya untuk menentukan hubungan antara beban dengan penurunan khususnya dalam mengantisipasi beban yang bekerja atau menentukan daya dukung yang sebenarnya sebagai kontrol terhadap perhitungan rumus dinamis atau statis.

Bila sebuah tiang vertikal diberikan beban aksial di atas kepala tiang, maka bentuk penurunan akan tergantung dari panjang tiang dan adhesi tanah lempung terhadap kulit permukaan tiang. Bila sebuah tiang vertikal di dorong dari posisi semula dengan menggunakan gaya lateral yang diberikan pada kepala tiang, maka bentuk pergerakan tiang tergantung dari kondisi kepala tiang, panjang tiang dan kekakuan antara tiang dengan tanah.

SUMMARY

The purpose of any foundation is to transmit loads or forces to the ground without excessive settlement. A piled foundation is used where it is necessary to carry the load to an underlying stratum through a weak layer or compressible material. Piling is often used in deep beds of clay. The pile is supported in this case mainly by the adhesion or frictional action of clay on the surface of the pile shaft.

A loading test is made usually for determining the load – settlement relationship, particularly in the region of the anticipated working load or to determine the real ultimate bearing capacity as a check on the value calculated from dynamic or static formula.

When a vertical pile is applied axial load to pile head, the settlement form of the pile depends on the pile length and adhesion of clay on the surface of the pile shaft.

When a vertical pile is deflected from its initial position by a lateral force applied to the pile head, the deflected form of the pile depends on the head condition, the pile length, and the stiffness of both the pile and soil.

I. PENDAHULUAN

Tiang cerucuk merupakan tiang-tiang pendek yang dipancang ke dalam tanah lunak pada jarak tertentu yang berfungsi sebagai tambahan daya dukung tanah. Dengan adanya tiang cerucuk ini, maka beban yang berada di atasnya akan disalurkan ke lapisan tanah yang lebih dalam.

1.1 Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud penelitian ini adalah melakukan uji pembebanan vertikal dan lateral terhadap tiang cerucuk tunggal maupun tiang kelompok yang tertanam dalam tanah lunak. Uji pembebanan ini meliputi pemberian beban secara bertahap pada

kepala tiang, dimana besarnya deformasi yang terjadi diukur dengan menggunakan arloji ukur (dial gauge).

Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan besarnya kemampuan dukung vertikal dan lateral dari tiang cerucuk baik tiang tunggal maupun tiang kelompok, sehingga dapat ditentukan besarnya beban yang boleh dipikul dari konstruksi yang berada di atasnya.

1.2 Latar Belakang

Teknik penggunaan pondasi cerucuk merupakan salah satu cara perbaikan tanah lunak untuk tujuan meningkatkan daya dukung serta mengurangi penurunan konsolidasi tanah.

Masalah yang sering dijumpai pada bidang jalan di atas tanah lunak meliputi masalah penurunan yang berlebihan, amblesan dan longsor ke samping ataupun terdorongnya pangkal jembatan oleh opritnya. Kerusakan tersebut pada umumnya dikarenakan oleh kurang mempunyai tanah lunak dalam menerima beban timbunan. Untuk mengatasi problema yang timbul seperti di atas, maka diperlukan upaya penambahan daya dukung tanah lunak agar dapat mampu memikul beban timbunan ataupun konstruksi lainnya.

Salah satu metode penambahan daya dukung tanah adalah dengan melakukan pemancangan tiang-tiang cerucuk ke dalam tanah lunak mencapai kedalaman tertentu, sehingga beban timbunan yang akan diterima oleh permukaan tanah dasar diambil alih oleh tiang cerucuk tersebut.

1.3 Pembatasan Masalah

Dalam penelitian ini, permasalahan dibatasi hanya pada kemampuan tiang cerucuk untuk menahan beban, baik secara vertikal maupun lateral. Dengan mengamati dan mengukur besarnya deformasi vertikal ataupun deformasi lateral pada tiang yang terbebani, maka akan diperoleh daya dukung maksimum tiang tersebut serta besarnya deformasi yang terjadi.

1.4 Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan pada lokasi daerah Penjaringan yaitu di samping jalan Toll Prof Dr Sudyatmo Cengkareng pada Sta 25+800 Jakarta, sebagai penunjang penelitian timbunan di atas tanah lunak. Pelaksanaan dilakukan pada tahun 1999.

II. TEORI DASAR

Pondasi tiang mempunyai fungsi untuk meneruskan beban bangunan yang berada di atasnya ke lapisan tanah yang lebih dalam. Dalam penggunaan fungsinya tiang pancang dapat dibedakan yaitu tiang yang dipancang sampai lapisan tanah keras dan ada pula tiang yang dipancang tidak mencapai tariah keras.

Pondasi cerucuk merupakan salah satu jenis pondasi tiang yang tidak dipancang sampai lapisan tanah keras, sehingga untuk menahan beban yang diterima oleh tiang, mobilisasi tahanan sebagian besar ditimbulkan oleh gesekan antara tiang dengan tanah sekelilingnya (skin friction).

Pondasi tiang cerucuk umumnya merupakan tiang-tiang pendek dengan jarak antar tiang relatif dekat, dengan material yang digunakan dapat berupa : beton, baja, kayu atau bambu.

2.1 Daya Dukung Tiang Cerucuk

Penggunaan pondasi cerucuk biasanya dilakukan untuk perbaikan tanah lunak yang bersifat kohesif seperti lempung atau lanau.

Untuk tiang yang dilaksanakan pada tanah kohesif, ketahanan permukaan tanah dasar tergantung dari pada kuat geser tanah. Berdasarkan cara Bridge Management System, besarnya daya dukung tiang cerucuk dapat dikemukakan sebagai berikut :

a. Daya Dukung Vertikal

Daya dukung vertikal rencana dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$Q_v = Q_s^* + Q_b^* \quad \dots\dots\dots (1)$$

dimana : Q_s^* = daya dukung oleh tahanan sekeliling tiang

Q_b^* = daya dukung oleh tahanan ujung tiang

Selanjutnya :

$$Q_s^* = \sum F_c K_c^R c_u C_p L_i \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$Q_b^* = N_c c_u^* A_b \quad \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan :

F_c = koefisien terganggu

K_c^R = faktor reduksi kekuatan

c_u = kuat geser undrained tanah (kPa, kg/cm²)

C_p = keliling efektif tiang (m, cm)

L_i = panjang tiang (m, cm)

N_c = faktor daya dukung

c_u^* = kuat geser rencana undrained (kPa, kg/cm²)

A_b = luas penampang ujung tiang (m², cm²)

b. Daya Dukung Lateral

Daya dukung lateral dapat dihitung dengan cara empiris misalnya cara O.H.B.D.C (Ontario Code), dimana daya dukung lateral tiang tunggal yang tertahan dalam kelompok tiang merupakan tahanan pasip dari tiang deng dimensi ekuivalen :

Lebar sebesar tiga kali diameter tiang kedalaman sebesar enam kali diameter tiang.

Daya dukung lateral rencana dapat dihitung dengan persamaan :

$$Q_L^* = 36 c_u^* D^2 + 54 K_p w_s D^3 \quad \dots\dots\dots (4)$$

dimana :

Q_L = daya dukung lateral (kN, kg)

c_u^* = kuat geser rencana undrained (kPa, kg/cm²)

K_p = koefisien tahanan pasip

w_s atau γ = berat isi tanah (kN/m³, g/cm³)

D = diameter tiang (m, cm)

2.2 Uji Pembebanan Tiang

Percobaan pembebanan tiang ini pada prinsipnya adalah memberikan pembebanan sampai suatu beban tertentu atau sampai beban maksimum yang diperkirakan, kemudian mengukur besarnya deformasi atau penurunan yang terjadi. Pemberian beban dapat

berupa vertikal dan dapat pula secara lateral tergantung data yang dibutuhkan.

Data hasil dari uji pembebanan ini selanjutnya dibuat suatu grafik yang menyatakan hubungan antara besarnya beban yang diberikan dengan besarnya deformasi yang terjadi. Dari prinsip di atas maka kita dapat menentukan besarnya daya dukung tiang dimana sampai lapisan tanah pendukung tiang tersebut sudah tidak mampu lagi menahan beban yang diterimanya.

Berdasarkan grafik hubungan antara beban dengan deformasi, maka akan diperoleh tiga bentuk garis yaitu :

a. Garis lurus

Sampai suatu harga tertentu, bentuk grafik berupa garis lurus (linier) dimana secara matematis dapat ditulis $p/ds = C$ (konstan). Bentuk ini artinya bahwa besarnya deformasi sebanding dengan beban yang bekerja.

b. Garis parabolis

Bagian ini terjadi bahwa besarnya deformasi tidak lagi sebanding dengan beban yang bekerja tetapi merupakan fungsi dari waktu dimana secara matematis $dp/ds = f(t)$. Keadaan ini menunjukkan tanah pendukung sudah mulai ada tanda-tanda keruntuhan.

c. Garis curam

Bagian ini tanah pendukung sudah tidak mampu bekerja menahan beban yang diberikan, dimana secara matematis $dp/ds = \infty$. Keadaan ini tanah pendukung telah mengalami keruntuhan total.

III. TEKNIK PENGAMBILAN DATA

Pengambilan data primer dan sekunder dilakukan dengan beberapa kegiatan meliputi : penyelidikan geoteknik, pemancangan tiang, prakiraan daya dukung tiang dan percobaan pembebanan tiang.

3.1 Penyelidikan Geoteknik

Penyelidikan geoteknik meliputi penyelidikan lapangan dan pengujian laboratorium, dimana penyelidikan lapangan berupa pemboran serta melakukan pengambilan contoh tanah. Pengujian laboratorium terdiri dari :

- a. Klasifikasi tanah berupa lanau lempungan sifat lunak, mempunyai berat isi $\gamma = 1,49 \text{ t/m}^2$ dan nilai SPT lapangan $N = 2$.

- b. Hasil pengujian triaksial : kohesi undrained $c_u = 0,14 \text{ kg/cm}^2$ dan sudut geser dalam $\phi = 5^\circ$. Hasil kuat tekan bebas $q_u = 0,30 \text{ kg/cm}^2$

3.2 Pemancangan Tiang

Pemancangan tiang ke dalam tanah lunak dilakukan terhadap tiang cerucuk kayu sebanyak 15 buah, yaitu dengan cara ditekan oleh peralatan backhoe hingga mencapai kedalaman rata - rata 3.00 meter dari muka tanah setempat. Tiang ini mempunyai diameter bagian atas antara 8,75 – 7,70 cm dengan panjang antara 3,64-3,28 meter. Susunan kelompok tiang yang telah ditanamkan dalam tanah lunak terdiri dari 3 buah tiang pada arah lebar dan 5 buah tiang pada arah memanjang dengan jarak antar tiang $S_p = 60 \text{ cm}$.

3.3 Metode Uji Pembebanan

1. Pembebanan vertikal dan lateral

Percobaan yang telah dilakukan terhadap tiang-tiang cerucuk meliputi :

a. Tiang tunggal

Pembebanan terhadap tiang tunggal dilakukan sebanyak 4 buah tiang, yaitu 2 buah tiang diberi pembebanan vertikal dan 2 buah tiang lagi diberi pembebanan lateral.

b. Tiang kelompok

Pembebanan terhadap tiang kelompok dilakukan sebanyak 2 buah kelompok, dengan tiap kelompok terdiri dari 4 buah tiang. Kelompok satu diberi pembebanan vertikal dan satu kelompok lagi diberi pembebanan lateral (horisontal).

2. Peralatan

Peralatan uji pembebanan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari :

a. Hydraulic Jack

Dongkrak lengkap dengan pompa dan manometer pengukur beban. Hydraulic jack mempunyai kapasitas dukung 30 ton.

b. Dial gauge

Alat ukur deformasi ditempatkan pada kepala tiang untuk mengukur deformasi vertikal maupun deformasi lateral. Alat ukur ini mempunyai panjang tangkai 10 cm dengan ketelitian mencapai 0.001 inci.

- c. Meja beban, yaitu suatu konstruksi yang terdiri dari susunan baja profil H, balok kayu dan papan. Sebagai beban kontra digunakan tumpukan karung yang berisikan tanah setempat, sedangkan untuk penyangga digunakan drum. Meja beban ini dibuat berukuran 2.0 x 3.0 meter

3. Cara Pembebanan

Pembebanan diberikan secara bertahap yaitu: 20%, 40%, 60%, 80% dan 100% dari daya dukung perkiraan. Setiap tahap beban diberikan, maka tiang dibiarkan menerima beban tersebut sampai mengalami deformasi. Setiap deformasi yang terjadi kemudian dicatat pada interval waktu 0, 5, 10, 15, 30, 45 dan 60 menit.

Setelah pembebanan tahap pertama selesai, dilanjutkan dengan tahap pembebanan tahap kedua dengan beban lebih besar, diamati deformasinya seperti tahapan pertama. Begitulah langkah selanjutnya sampai terjadi keruntuhan tanah dasar.

IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Penelitian.

Pengujian pembebanan yang telah dilakukan meliputi :

1. Pembebanan vertikal

Pembebanan vertikal diberikan terhadap tiang tunggal yaitu tiang nomor P1 dan P13, sedangkan terhadap tiang kelompok adalah kesatuan dari tiang nomor P3,P4, P8, P9.

2. Pembebanan lateral

Pembebanan lateral diberikan terhadap tiang tunggal yaitu tiang nomor P2 dan P10, sedangkan terhadap tiang adalah kesatuan tiang nomor P6, P7, P11, P12

3. Hasil Pengujian

a. Pembebanan Vertikal Tiang Tunggal

Nomor Tiang	Beban (Kg)	Deformasi Vertikal (mm)	Waktu (menit)
P1	200	0,31	60
	300	0,55	60
	400	0,76	60
	500	0,97	60
	600	1,49	60
	700	2,43	60
	800	2,97	60
	900	3,20	60
	1000	3,50	60
	1100	4,16	60
	1200	failure	15

Nomor Tiang	Beban (Kg)	Deformasi Vertikal (mm)	Waktu (menit)
P13	200	0,92	60
	400	1,17	60
	600	1,54	60
	800	2,54	60
	1000	3,42	60
	1200	failure	95

b. Pembebanan Vertikal Tiang Kelompok

Nomor Tiang	Beban (Kg)	Deformasi Vertikal (mm)	Waktu (menit)
P1, P4, P8, P9	800	1,00	60
	1600	1,57	60
	2400	2,45	60
	3200	2,58	60
	4000	8,65	80
	4800	failure	60

C. Pembebanan Lateral Tiang Tunggal

Nomor Tiang	Beban (Kg)	Deformasi Vertikal (mm)	Waktu (menit)
P2	100	1,49	60
	200	10,01	60
	300	26,82	60
	400	44,22	60
	500	53,84	60
	600	64,36	60
	700	76,70	60
	800	98,55	60

Nomor Tiang	Beban (Kg)	Deformasi Vertikal (mm)	Waktu (menit)
P10	200	12,92	60
	400	33,02	60
	500	48,90	60
	600	72,91	60
	700	84,18	60
	800	122,04	60

d. Pembebanan Lateral Tiang Kelompok

Nomor Tiang	Beban (Kg)	Deformasi Vertikal (mm)	Waktu (menit)
P6, P7, P11, P12	800	12,55	60
	1600	32,54	60
	2400	47,38	50
	3200	82,98	60

4.2. Pembahasan

Pembahasan ini dimaksudkan untuk menganalisis serta mengevaluasi data sekunder dan data primer yang diperoleh selama kegiatan penelitian dilakukan.

1 Analisis data geoteknik

Lapisan tanah berdasarkan hasil pemboran yang dilakukan disekitar lokasi penelitian menunjukkan lapisan tanah terdiri dari lapisan lempung lanauan sifat lunak dengan nilai SPT N = 2 dan kuat tekan bebas $q_u = 0,30 \text{ kg/cm}^2$.

2 Prakiraan daya dukung tiang

Data tanah yang dipakai dalam prakiraan daya dukung tiang meliputi :

Kohesi undrained $c_u = 0,14 \text{ kg/cm}^2$ dan sudut geser dalam ($= 5$ (Data tiang cerucuk kayu mempunyai :

Diameter rata-rata tiang bagian atas ($a = 8,20 \text{ cm}$

Diameter rata-rata tiang bagian tengah ($t = 7,35 \text{ cm}$

Diameter rata-rata tiang bagian bawah ($b = 6,50 \text{ cm}$

Perhitungan daya dukung rencana :

a. Daya dukung vertikal

Persamaan daya dukung tiang

$$Q_v = \sum F_c K_c^R c_u C_p L_i + N_c c_u^* A_b$$

dimana nilai :

$$F_c = 1,0 ; K_c^R = 0,60 ; N_c = 9$$

$$c_u = 0,14 \text{ kg/cm}^2$$

$$C_p = \pi \times \phi \times t = 3,14 \times 7,35 = 23,08 \text{ cm}$$

$$A_b = \frac{1}{4} (\pi \times (b)^2) = \frac{1}{4} \times 3,14 \times (6,5)^2 = 33,16 \text{ cm}^2$$

$$L_i = 300 \text{ cm}$$

$$Q_v = \sum (1,0 \times 0,60 \times 0,14 \times 23,08 \times 300) + (9 \times 0,60 \times 0,14 \times 33,16)$$

$$Q_v = 581,62 + 25,07 = 606,69 \text{ kg}$$

b. Daya dukung lateral

$$Q_L = 36 c_u^* D^2 + 54 \gamma D^3$$

$$\text{dimana : } c_u^* = 0,7 \times 0,14 = 0,098 \text{ kg/cm}^2$$

$$D = \phi = 8,20 \text{ cm}$$

$$\gamma = \text{berat isi tanah (g/cm}^3)$$

Daya dukung horisontal Q_L :

$$= 36 \times 0,098 \times (8,2)^2 + 54 \times 1,49/1000 \times (8,2)^3$$

$$= 237,22 + 44,36 = 281,58 \text{ kg}$$

3. Evaluasi hasil uji pembebanan

Berdasarkan hasil pengujian pembebanan terhadap tiang, baik secara vertikal maupun secara horisontal, dimana kepala tiang telah mengalami keruntuhan.

Dari hasil ini kemudian digambarkan dalam bentuk grafik yang berupa :

- Grafik hubungan antara beban dengan penurunan atau deformasi lateral.
- Grafik hubungan antara penurunan atau deformasi lateral dengan waktu.

Seperti tampak pada gambar 2 dan 3

Daya dukung ultimate tiang dalam hal ini ditentukan berdasarkan hasil pengujian langsung terhadap kemampuan dukung tiang di lapangan.

1. Daya Dukung Vertikal.

a. Tiang tunggal P1

Tiang P1 dibebani secara vertikal, dimana sampai beban 1100 kg, menunjukkan grafik antara beban vs

penurunan masih bersifat linier dengan deformasi vertikal sebesar $s_v = 4,16 \text{ mm}$, sedangkan keruntuhan tiang terjadi pada beban 1200 kg.

b. Tiang tunggal P13

Tiang P13 dibebani secara vertikal, dimana sampai beban 1000 kg menunjukkan grafik antara beban vs penurunan masih bersifat linier dengan deformasi vertikal sebesar $s_v = 3,42 \text{ mm}$ sedangkan keruntuhan tiang terjadi pada beban 1200 kg.

c. Tiang kelompok (P3,P4,P8,P9)

Tiang kelompok P3,P4,P8,P9 dibebani secara vertikal, dimana sampai beban 4000 kg menunjukkan grafik beban vs penurunan masih bersifat linier dengan deformasi vertikal sebesar $s_v = 8,65 \text{ mm}$, sedangkan keruntuhan tiang terjadi pada beban 4800 kg.

2. Daya Dukung Lateral

a. Tiang tunggal P2

Tiang P2 dibebani secara lateral, dimana sampai beban 800 kg menunjukkan grafik antara beban vs deformasi lateral masih bersifat linier dengan deformasi lateral sebesar $s_l = 98.55 \text{ mm}$, keruntuhan tiang tidak terjadi, sedangkan deformasi telah melebihi besarnya diameter tiang

b. Tiang tunggal P10

Tiang P10 dibebani secara lateral, dimana sampai beban 800 kg menunjukkan grafik beban vs deformasi lateral masih bersifat linier dengan deformasi lateral sebesar $s_l = 122.04 \text{ mm}$, keruntuhan tiang tidak terjadi, sedangkan deformasi telah melebihi besarnya diameter tiang.

c. Tiang kelompok (P6,P7,P11,P12)

Tiang kelompok P6,P7,P11,P12 dibebani secara lateral, dimana sampai beban 3200 kg menunjukkan grafik beban vs deformasi lateral masih bersifat linier dengan deformasi lateral sebesar $s_l = 82.98 \text{ mm}$, keruntuhan tiang tidak terjadi, sedangkan deformasi telah melebihi besarnya diameter tiang.

4. Keunggulan Tiang Cerucuk

a. Penambahan daya dukung

Dengan adanya tiang cerucuk ini maka daya dukung tanah akan bertambah sehingga ada penambahan tinggi timbunan. Dengan kekuatan satu tiang cerucuk sebesar 1,10 ton, bila berat timbunan $\gamma = 2 \text{ t/m}^3$ akan menambah tinggi timbunan $H = 0,55 \text{ m}$

b. Reduksi penurunan

Berdasarkan hasil pengamatan penelitian Shallow Stabilization for Road Construction didapat perbedaan besarnya penurunan konsolidasi.

Pada pengamatan penurunan timbunan selama 260 hari didapat :

Untuk jarak cerucuk $S_p = 0,60$ m penurunan sebesar 24,0 cm, untuk jarak cerucuk $S_p = 1,00$ m, penurunan sebesar 26,0 cm, sedangkan tanpa cerucuk penurunan sebesar 34,0 cm.

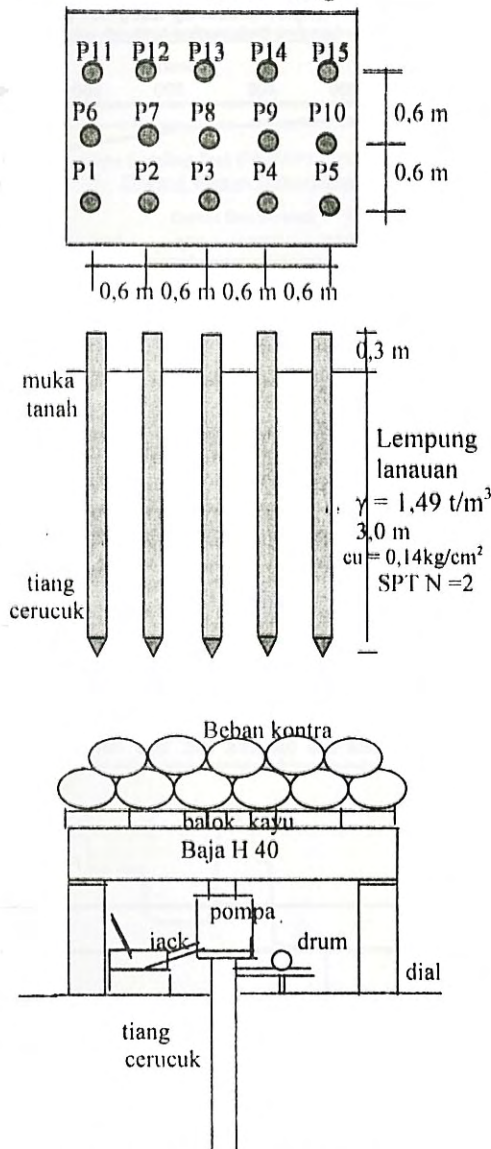
4.3 Gambar Situasi dan Grafik Hasil Pengujian

Gambar situasi dan grafik hasil uji pembebanan tiang cerucuk dapat ditampilkan

sebagai berikut :

Gambar 1

Situasi Letak Tiang dan Konstruksi Meja Beban
Susunan Letak Tiang



UJI PEMBEBANAN TIANG

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan tersebut di atas, maka hasil penelitian daya dukung tiang cerucuk dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Tiang cerucuk yang terbenam mencapai rata-rata 3.00 meter dari muka tanah setempat dengan lapisan tanah berupa lempung lanauan lembek abu-abu dengan nilai SPT $N=2$ dan kuat tekan bebas $q_u = 0,30$ kg/cm^2 .
2. Daya dukung vertikal untuk tiang tunggal $P_{ult} = 1100$ kg dengan deformasi vertikal $s_v = 4,16$ mm, sedangkan untuk kelompok tiang yang terdiri dari 4 buah tiang $P_{ult} = 4400$ kg dengan deformasi vertikal $s_v = 8,65$ mm.
3. Daya dukung lateral dimana diambil deformasi sebesar $s_l = 44,22$ mm, maka untuk tiang tunggal $P_{ult} = 400$ kg, sedangkan untuk tiang kelompok yang terdiri dari 4 tiang $P_{ult} = 1600$ kg dengan deformasi lateral $s_l = 32,54$ mm.
4. Nilai tambah digunakan tiang cerucuk
 - a. Daya dukung satu tiang cerucuk dapat menambah tinggi timbunan ekuivalen Hek = 0,55 m.
 - b. Tiang cerucuk dapat mereduksi penurunan, untuk tinggi timbunan $H = 3,0$ m, diperoleh penurunan :
Untuk jarak cerucuk $S_p = 0,60$ m penurunan sebesar 24,0 cm, jarak cerucuk $S_p = 1,00$ m penurunan 26,0 cm sedangkan timbunan tanpa cerucuk penurunan sebesar 34,0 cm

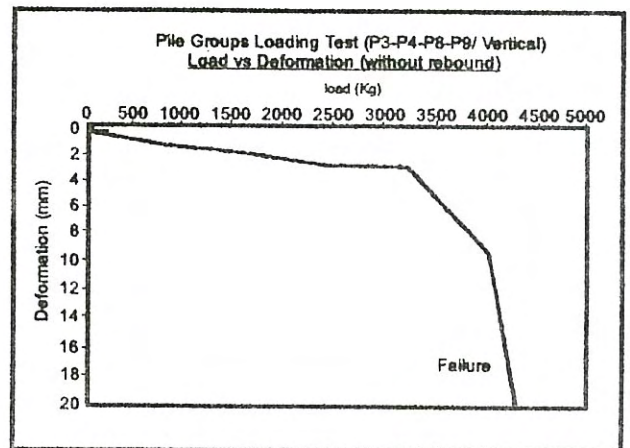
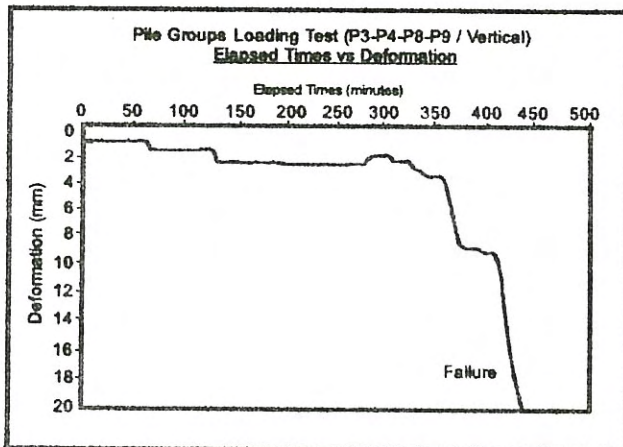
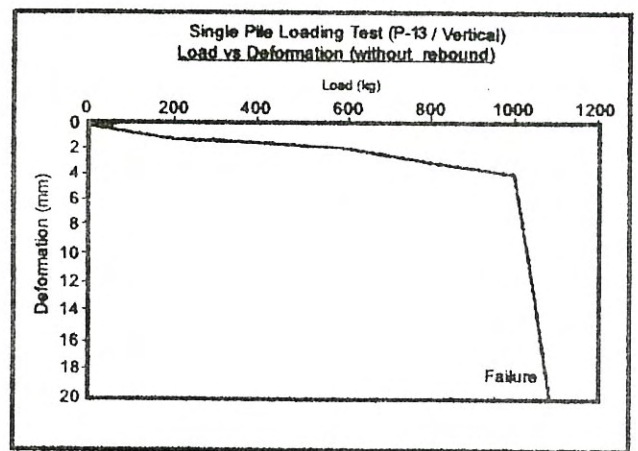
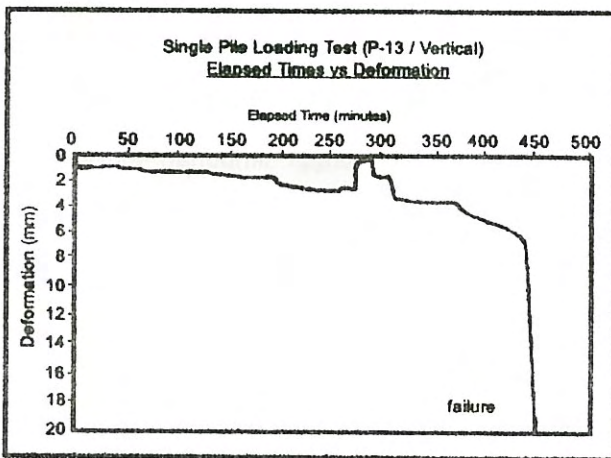
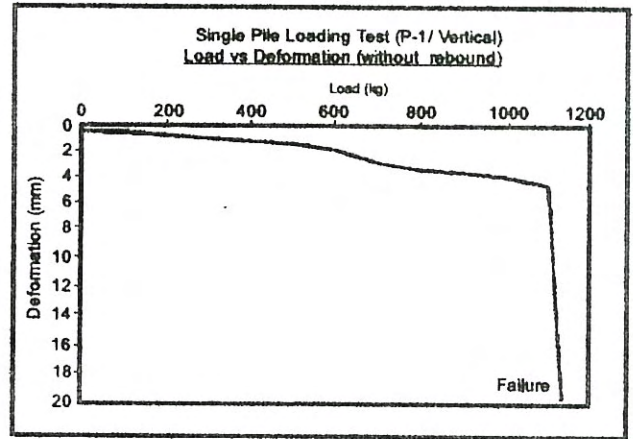
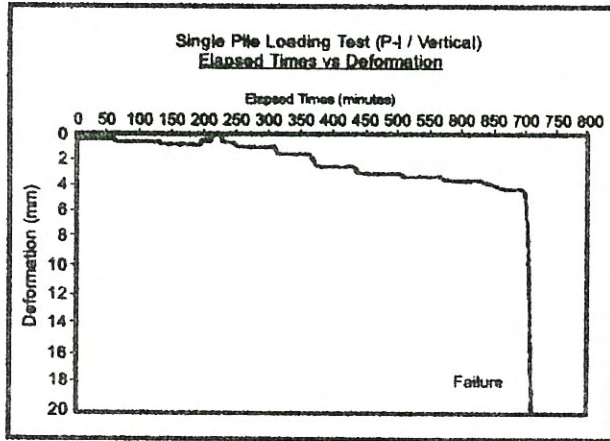
DAFTAR PUSTAKA

1. Gillot Jack, Clay In Engineering Geologi, Elsevier Publishing Company Limited Amsterdam, London, New York, 1968
2. Perencanaan Pondasi Tiang, Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga, Februari 1992.
3. Soemartono, Percobaan Pembebanan Tiang (Pile Load Test) Direktorat Penyelidikan Masalah Tanah dan Jalan, Bandung 1977.
4. Thomas Whitaker, The Design of Piled Foundations, 2nd Edition, Pergamon Press 1976
5. Tomlinson MJ, Pile Design and Construction Practice, A Viewpoint Publication 1977

Penulis :

M. Suherman Peneliti Muda bidang Geoteknik Pusat Litbang Prasarana Transportasi Dep. Kimbangpraswil

Gambar 2 : Grafik Hasil Pembebanan Vertikal



Gambar 3 : Grafik Hasil Pembebanan Lateral

