

PENENTUAN BEBAN BATAS TIANG GALAM DENGAN LOADING TEST

Abdul Khaliq ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Poiteknik Negeri Banjarmasin

Ringkasan

Keadaan tanah di Banjarmasin mempunyai struktur jenis tanah yang sangat lunak, oleh karena itu perlu dilakukan penelitian dan pengkajian yang mendalam terhadap stabilisasi tanah. Dalam menentukan daya dukung batas, dilakukan penelitian tanah berupa uji pembebanan tiang (loading test).

Dalam penelitian ini hanya difokuskan pada tiang galam tunggal dengan diameter 12 cm dan 14 cm dengan panjang 3,5 meter dengan Sampel uji masing-masing 4 Sampel pembebanan yang diberikan hanya berupa beban mati dari sejumlah material bata press. Kegiatan ini dilaksanakan di kampus Politeknik Negeri Banjarmasin pada tanggal 17 November sampai 1 Desember 2004.

Dalam pemberian beban awal mengacu pada hasil pengujian sondir di lokasi penelitian. Pembebanan diberikan dilakukan secara bertahap dan pembebanan dihentikan apabila penurunan yang terjadi telah mencapai 10 % diameter tiang. Dalam analisa data kami menggunakan 3 metode yaitu : P-S, marzurkiewich dan chin.

Dari hasil analisa data ternyata didapat interpretasi Beban Ultimit dengan menggunakan Metode P-S menghasilkan beban yang lebih kecil dibandingkan dengan Metode Chin dan marzurkiewich.

Kata kunci: kayu galam, loading test, pembebanan, pondasi, tiang pancang

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pada umumnya keadaan tanah di kota Banjarmasin mempunyai struktur lapisan tanah yang berkategori sangat lunak, oleh karena itu untuk merancang suatu pondasi bangunan, perlu dilakukan penelitian dan pengkajian teknis yang mendalam terhadap jenis bahan stabilisasi pondasi. Sebagian daratannya digenangi oleh air atau dipengaruhi oleh pasang surut air sungai Barito.

Untuk mengetahui daya dukung batas, perlu dilakukan penyelidikan tanah di lapangan. Penyelidikan / uji lapangan misalnya sondir dan loading test. Dalam hal ini penulis ingin mengetahui besarnya beban batas tiang pancang dengan menggunakan metode loading test pada jenis pondasi tiang galam.

Karena galam mudah didapatkan, harganya terjangkau dan tahan lama maka masyarakat yang berada di wilayah Banjarmasin banyak yang menggunakan tiang galam yang biasanya digunakan oleh masyarakat sebagai pondasi untuk membangun

rumah / ruko. Akan tetapi tiang galam yang biasanya yang digunakan masyarakat sebagai pondasi ternyata hanya sebagai stabilisasi tanah, jadi pembangunan rumah atau ruko yang salah perhitungan, mengakibatkan

terjadi penurunan tiap sudut rumah dan bahkan terjadi keruntuhan total.

Negara Indonesia mempunyai kawasan rawa yang cukup luas yang tersebar di beberapa pulau di seluruh nusantara. Diperkirakan luas wilayah rawa keseluruhan yang berada di Indonesia adalah 30 juta Ha. Berdasarkan studi yang telah dilakukan oleh Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah diperoleh informasi bahwa sekitar 5.5 juta Ha berfungsi sebagai area pemukiman dan persawahan.

Di Banjarmasin sejak zaman Pangeran Samudera memang merupakan kota yang bangunan-bangunan rumahnya sebagian berada di tepi sungai, hal ini terkait dengan kehidupan dan penghidupan penduduknya yang tidak lepas dari air, baik mata pencaharian maupun kegiatan sehari-hari seperti mandi, dan mencuci. Dan untuk membuat rumah di pinggir sungai, harus membuat rumah panggung yang berguna untuk menghindari pasang surut sungai yang menggunakan pondasi tiang galam. Selain mudah di dapat, harganya pun murah dan tahan lama. Pondasi tiang adalah elemen struktur yang berfungsi meneruskan beban pada tanah, baik beban dalam arah vertikal, maupun horizontal. Pondasi tiang juga digunakan untuk menahan beban miring,

beban lateral, atau gaya angkat (*up-lift*) dan momen.

Lebih jauh lagi fungsi pondasi tiang lebih luas penggunaannya/penerapannya, diantaranya :

1. Untuk memikul beban-beban dari struktur atas.
2. Untuk menahan gaya angkat pada pondasi di bawah muka air.
3. Untuk memadatkan tanah pasiran dengan cara penggetaran.
4. Untuk mengurangi penurunan.

Selanjutnya, faktor keamanan biasanya sudah harus diperhitungkan untuk menghindari kegagalan perencanaan kontruksi pondasi yang dapat membahayakan struktur di atasnya. Pondasi tiang mendapat daya dukungnya dari gesekan antara selimut tiang dengan tanah dan dari tahanan ujungnya, kedua komponen tersebut dapat bekerja bersama maupun terpisah, namun demikian pada pondasi tiang umumnya salah satu dari komponen tersebut dapat lebih dominan. Tiang yang memiliki tahanan yang lebih tinggi dari tahanan selimutnya disebut tiang tahanan ujung (*end bearing piles*). (sumber: Sardjono HS. 1991)

Berdasarkan metode instalasi, pondasi tiang pada umumnya dapat klasifikasikan atas

1. Tiang Pancang

Sebuah tiang yang dipancang kedalam tanah sampai kedalaman yang cukup untuk menimbulkan tahanan gesek pada selimutnya atau tahanan ujungnya di sebut pondasi tiang pancang. Pемancangan tiang dapat dilakukan dengan memukul kepala tiang dengan palu atau getaran atau dengan penekan secara hidrolis.

2. Tiang Bor

Sebuah tiang bor dikonstruksikan dengan cara penggalian sebuah lubang bor yang kemudian diisi material beton dengan dengan memberikan penulangan terlebih dahulu.

Klasifikasi tiang berdasarkan jenis bahan tiang dan pembuatannya terdiri atas 5 kategori yakni

1. Pondasi tiang kayu
2. Pondasi tiang baja
3. Pondasi tiang beton pracetak
4. Pondasi tiang beton pratekan
5. Pondasi tiang komposit

Dari kelima macam pondasi tersebut diatas atau diantaranya mempunyai faktor kelemahan yaitu: kelemahan dari pondasi tiang kayu adalah dapat lapuk akibat serangga/ binatang, jamur, dan zat-zat kimia. Kelemahan lain adalah karena panjangnya terbatas dan

diameternya kecil sehingga lebih tepat untuk beban ringan dan kontruksi sementara.

Kualitas dari tiang memiliki 2 aspek, yaitu:

1. Integritas struktural dari tiang
2. Kemampuan untuk mendukung beban yang biasanya berupa kekuatan elemen struktur dan hubungan penurunan beban antara tiang dengan tanah yang mendukungnya

Uji pembebanan dapat digunakan untuk mengkonfirmasi asumsi-asumsi yang telah ditentukan sebelumnya pada saat perancangan, dewasa ini telah dapat diterima dua cara pengujian yaitu:

1. Uji pembebanan statik/ bertahap yaitu: pembebanan yang dilakukan secara bertahap dengan variasi beban sebesar 20, 40, 60, 80, dan 100 % dari beban maksimum yang direncanakan. Pada setiap tahap, beban dibiarkan bekerja sampai mencapai penurunan maksimum.
2. Uji pembebanan dinamik/ berulang yaitu: pembebanan dilakukan secara bertahap dengan variasi beban sebesar 20, 40, 60, 80 dan 100 % dari beban maksimum yang direncanakan. Pada akhir setiap tahap pembebanan, sebelum pemberian beban dilakukan. Beban dihilangkan dahulu agar dapat diukur besarnya penurunan tetap.

Bila jumlah tiang yang cukup banyak, kombinasi kedua cara tersebut dapat menghemat biaya dan waktu pengujian dengan masih tetap mempertahankan keandalan hasilnya. (Sumber: Sardjono HS. 1991).

Tujuan

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui beban batas tiang pancang galam (P ultimit) dengan menggunakan metode loading test pada galam berdiameter 12 cm da 14 cm dengan panjang 3 meter.
2. Sebagai bahan informasi untuk perencanaan pondasi tiang galam baik untuk poliban maupun masyarakat

Batasan Masalah

Dalam penentuan beban batas itu, dilakukan melalui uji pembebanan (loading test). Dan untuk analisa pengujian, penulis hanya menggunakan 3 metode interpretasi hasil pengujian yaitu :

1. Metode Mazurkiewich
2. Metode P-S
3. Metode Chin

Pembacaan hasil loading test, hanya pada beban maksimum.

Untuk variasi diameter galam mulai 12 cm dan 14 cm panjang 3 meter masing-masing 4 Sampel uji.

Pembebanan yang diberikan hanya berupa beban mati dari sejumlah material bata press. Penelitian ini berlokasi di politeknik negeri Banjarmasin seperti denah tepat di halaman lab. Teknik mekanik yang terlampir di dalam kampus.

Manfaat Penelitian

Manfaat diadakannya penelitian tugas akhir ini adalah :

1. Agar penulis bisa mengetahui beban batas tiang pancang galam (Pultimit) dengan menggunakan metode loading test pada galam berdiameter 12 cm dan 14 cm dengan panjang 3 meter. Sehingga test pembebanan ini dapat memberikan hasil yang cukup teliti dan deformasi dari beban beberapa lapisan tanah pendukung yang akan mengalami keruntuhan total.
2. Dapat digunakan sebagai data informasi pengaruh daya dukung tanah di poliban

Pengolahan Data

Dari percobaan besarnya deformasi vertikal (penurunan) di ukur dengan menggunakan alat ukur (arloji ukur/ dial gauge) yang dipasang pada tiang.

Deformasi ini terdiri dari deformasi elastis dan deformasi plastis.

Deformasi elastis adalah: deformasi yang di akibatkan oleh pemendekan elastis dari tanah dan tiang.

Deformasi plastis adalah: deformasi di akibatkan oleh runtuhnya tanah pendukung pada ujung atau sekitar tiang. (sumber: Sardjono HS. 1991)

Dengan demikian test pembebanan tiang ini dapat diketahui sampai beban berupa lapisan tanah pendukung akan mengalami keruntukan total, yang pada kondisi ini akan mengalami penurunan terus-menerus, meskipun bebannya tetap (konstan).

2. TINJAUAN PUSTAKA

Uji Pembebanan Statik

Cara yang paling dapat diandalkan untuk menguji daya dukung pondasi tiang adalah dengan uji pembebanan statik, interpretasi dari hasil uji pembebanan statik merupakan bagian yang cukup penting untuk mengetahui respon tiang pada selimut dan ujungnya serta besarnya daya dukung ultimitnya.

Yang terpenting adalah agar dari hasil uji pembebanan statik, seorang praktisi dalam

rekayasa pondasi dapat menggambarkan mekanisme yang terjadi misalnya dengan melihat bentuk kurva, besarnya deformasi plastis tiang atau kemungkinan terjadinya kegagalan bahan tiang.

Pengujian beban statik melibatkan pemberian beban statik dan pengukuran setiap 25 % dari beban rencana, dan untuk tiap tahap beban, pembacaan di teruskan hingga penurunan/ (*settlement*) tidak lebih dari 2.45 mm/jam tetapi tidak dari 2 jam.

Penambahan beban dilakukan sampai 2 kali beban rencana, kemudian di tahan, setelah itu beban diturunkan secara bertahap untuk pengukuran rebound

Metode Pembebanan

- (1) Prosedur Pembebanan Standar–SML Siklik

Metode pembebanan sama dengan Slow maintained load test (SML) tetapi setiap tahapan beban dilakukan pelepasan beban kemudian dibebani kembali hingga tahap beban berikutnya (*unloading-reloading*). Dengan cara ini, rebound pergerakan tiang, beban-beban biasanya di berikan secara bertahap. Umumnya definisi keruntuhan yang diterima dicatat untuk interpretasi lebih lanjut adalah apabila di bawah suatu beban, tiang terus menerus mengalami penurunan. Oleh karena itu daya dukung ultimit dari tiang hanya merupakan suatu estimasi. (Sumber: L. H Sirley, 1987).

- (2) Quick load test (Quick ML)

Karena prosedur standar membutuhkan waktu cukup lama, kami para peneliti membuat modifikasi untuk mempercepat pengujian. Metode ini dikontrol oleh waktu dan *settlement* dimana setiap 8 tahapan beban ditahan selama waktu yang pendek tanpa memperhatikan kecepatan pergerakan tiang. Pengujian dilakukan runtuh atau hingga mencapai beban tetentu, waktu total yang dibutuhkan 3 sampai 6 jam

- (3) Prosedur pembebanan dengan kecepatan konstan (*Constant Rate of Penetration Method = CRP*)

Metode Constant rate of penetrasion method (CRP) merupakan salah satu alternatif untuk pengujian tiang secara statis. Prosedurnya adalah tiang dibebani terus menerus sampai kecepatan penetrasi ke dalam tanah secara konstan. Biasanya patokan yang diambil adalah 0,254 cm/menit atau lebih rendah lagi bila jenis tanahnya lempung. Hasil penelitian dengan metode *constant rate*

of *penetration method* (CRP) menunjukkan bahwa beban runtuh relatif tidak tergantung oleh kecepatan penetrasi bila digunakan kecepatan kurang dari 0,125 cm/ menit. Kecepatan yang lebih tinggi dapat menghasilkan daya dukung yang sedikit lebih tinggi. Beban dan pembacaan defleksi diambil setiap menit. Pengujian dihentikan bila pergerakan total kepala tiang mencapai 10 % dari diameter tiang atau bila pergerakan (*displacement*) sudah cukup besar. Pengujian dengan metode *constant rate of penetration method* (CRP) ini umumnya membutuhkan waktu 1 jam. (tergantung ukuran dan daya dukung tiang) *constant rate of penetration method* (CRP) memberikan hasil yang serupa dengan metode Quick ML, dan sebagaimana metode Quick ML, metode ini juga dapat diselesaikan satu hari. (Sumber: L. H Sirley, 1987).

Interpretasi Hasil Uji Pembebanan Statik

Dari hasil pengujian pembebanan, dapat dilakukan interpretasi untuk menentukan besarnya beban ultimit. Ada 3 metode yang penulis ketahui yaitu :

- 1) Metode P-S
- 2) Metode Mazurkiewich
- 3) Metode Chin

Dalam penulisan tugas akhir ini, penulis hanya menggunakan Metode P-S, Mazurkiewich dan Chin

1) Metode P-S

Cara memperoleh Beban Ultimit adalah dengan menarik garis lurus dari kedua kengkung kurva. Perpotongan kedua garis lurus itulah yang diperkirakan sebagai interpretasi beban ultimit

2) Metode Mazurkiewich

Prosedur penentuan Beban Ultimit dari pondasi tiang dengan menggunakan Metode Mazurkiewich adalah sebagai berikut :

- a. Diplot kurva benda uji yang diberikan terhadap penurunan.
- b. Menarik garis dari beberapa titik penurunan yang dipilih hingga memotong kurva, kemudian ditarik garis vertikal hingga memotong sumbu beban.
- c. Dari setiap pemotongan beban tersebut, dibuat garis bersudut 45° terhadap garis perpotongan barikutnya dan seterusnya.

- d. Menghubungkan titik-titik yang terbentuk ini hingga menghasilkan sebuah garis lurus. Perpotongan garis lurus ini dengan sumbu beban merupakan beban ultimitnya

3) Metode Chin

Perhitungan Beban Ultimit dari pondasi tiang dengan menggunakan Metode Chin adalah sebagai berikut :

- a. Diplot kurva antara rasio beban dan penurunan (s/Q) dengan penurunan
- b. Diperoleh persamaan garis tersebut adalah $s/Q = C1. S + C2$
- c. $C1$ dihitung dari persamaan garis, atau dari gradien / kemiringan
- d. Beban Ultimit adalah $1/C1$

Metode ini biasanya menghasilkan Beban Ultimit yang terlalu tinggi, sehingga harus dikoreksi yaitu dengan cara di bagi 1,2 s/d 1,4. (Sumber: Paulus P, 1989.).

3. METODE PENELITIAN

Dalam proses ini pelaksanaan uji pembebanan mengacu kepada hasil pengujian sondir di lingkungan kampus Politeknik Negeri Banjarmasin. Hasil sondir akan dipakai sebagai patokan dalam pemberian beban awal pada loading test

Bahan dan Alat

1) Bahan

Bahan-bahan yang dipakai dalam penelitian ini adalah :

- a. Kayu gamam dengan diameter
- b. 12 cm (4 batang)
- c. 14 cm (4 batang)
- d. Papan ukuran 2/15 untuk lantai beban
- e. Kayu ukuran 5/7 untuk gelagar dan suai
- f. Paku
- g. Bata press sebagai beban

2) Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- a. Dial gauge/ arloji beban untuk mengukur besarnya penurunan yang terjadi akibat suatu beban.
- b. Stopwatch/ jam adalah untuk mengukur waktu pembacaan pada dial gauge
- c. Perlengkapan tulis terdiri dari lembaran kertas berupa format bacaan Beban Ultimit Tiang Tunggal (3 meter) dan pulpen atau pensil.
- d. Perlengkapan pancang dan perlengkapan tukang berdiri dari gergaji

potong, palu besi, dan alat pancang (ulin 15/15) yang digunakan untuk memancang galam kedalam tanah sedalam 3 meter.

e. Baut untuk memasang dial gauge pada tiang beban.

- 3) Tenaga
- a. Buruh : 2 orang
 - b. Pencatat data : penulis
 - c. Penganalisa data : penulis

Pelaksanaan Penelitian

1) Lokasi dan Waktu Penelitian
 Penelitian ini dilakukan di kampus Politeknik Negeri Banjarmasin dari tanggal 17 November sampai 1 Desember 2004

2) Prosedur Penelitian
Persiapan
 Pengumpulan data tanah lokasi penelitian yang menunjang dalam penentuan beban awal pada uji pembebanan tiang. Dalam hal ini penulis hanya berpatokan pada hasil pengujian sondir. Dari pengujian yang dilakukan dilingkungan kampus poliban, didapatkan besarnya tahanan ujung dan jumlah hambatan lekat. Dalam pemberian beban awal pada uji pembebanan tiang, penulis akan memakai rumus sebagai berikut :

$$Q_{awal} = q_c \cdot A$$

Dimana :

q_c = tahanan ujung (kg/cm^2)

A = luas penampang tiang (cm^2)

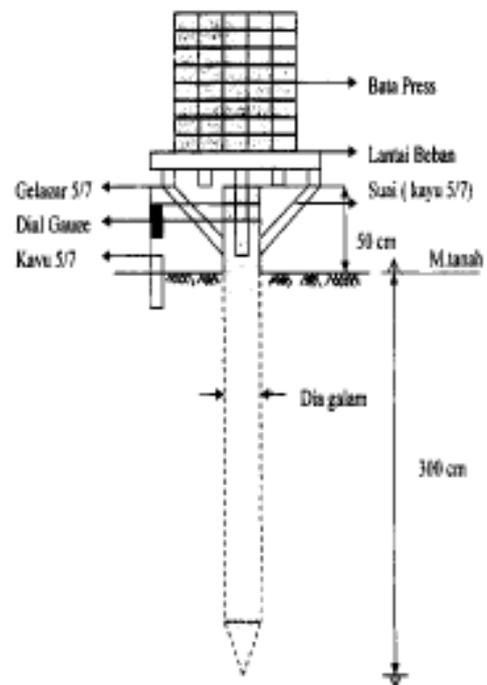
(Sumber: L. H Shirley, 1987)

Pelaksanaan Penelitian

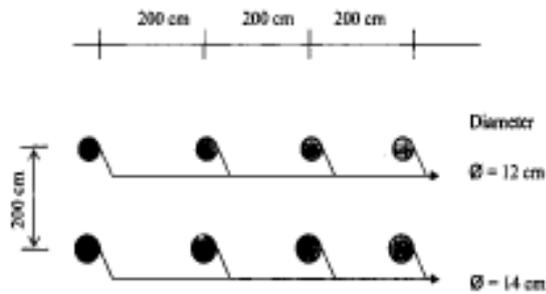
Pelaksanaan penelitian mengacu pada metode *constant rate of penetration method* (CRP). Pelaksanaan penelitian adalah sebagai berikut :

- (1) Pembersihan lokasi penelitian untuk menghilangkan akar tumbuhan atau rumput yang dapat mengganggu jalannya penelitian.
- (2) Persiapan bahan dan peralatan yang dipakai.
- (3) Permukaan tanah digali hingga mencapai tanah asli.
- (4) Mengukur diameter tiang.
- (5) Memancang tiang (galam) sedalam 3 meter dengan menggunakan alat pancang. Dalam hal ini pemancangan dilakukan secara manual. Pemancangan kedudukan tiang harus benar-benar tegak lurus. Tiang disisakan di

- atas tanah ± 50 cm untuk memasang rantai beban
- (6) Memasang papan rantai beban di atas tiap tiang yang telah dipancang. Rantai beban yang dibuat berdimensi 80 cm x 80 cm.
- (7) Dial gauge dipasang pada tiang galam dengan menggunakan kayu 5/7 sebagai penghubungnya. Uji batang dial gauge harus menyentuh dan berada di atas kayu 5/7 yang telah ditancapkan kedalam tanah (berada ± 15 cm dari tiap galam yang dibebani).
- (8) Setelah siap, kemudian dilakukan percobaan pembebanan. Dimana sebelumnya telah dilakukan pengukuran berat masing-masing bata press. Berat bata press yang diambil adalah berat rata-ratanya. Meletakkan beban pada rantai beban dengan pemasangan dimulai dari tengah kemudian ketepi agar pembebanan merata.
- (9) Pembacaan beban dilakukan tiap 10 menit hingga 1 jam, jika penurunan masih terlalu kecil tambahkan beban. Pembacaan dihentikan pada penurunan sebesar 10 % dari diameter tiang. (sumber: L.H Shirley, 1987).



Gambar 2. Detail Sampel Penelitian



Gambar 3. Sampel Penelitian

4. ANALISA DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini, pemberian awal mengacu pada hasil sondir di lokasi (poliban). Hasil sondir diperlihatkan pada tabel 4.1 rincian tabel 4.1 terdapat pada lampiran I. Tabel 4.1 data sondir (lokasi di kampus Poliban) tanggal

Tabel 1 data sondir

Kedalaman tanah (M)	Perlawanan Konus / q_c (kg/cm^2)	Jumlah Hambatan Pelekat/JHP (kg/cm)
0,00	0	0
0,20	1	2
0,40	1	4
0,60	1	6
0,80	1	8
1,00	2	10
1,20	2	12
1,40	2	14
1,60	2	16
1,80	2	18
2,00	2	20
2,20	2	22
2,40	1	24
2,60	1	26
2,80	2	28
3,00	2	30
3,20	2	32
3,40	3	34
3,60	3	36
3,80	4	38
4,00	4	40

Dari tabel 4.1 di dapat bahwa :

$$q_c = 2 \text{ kg/cm}^2$$

$$A = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 12^2 = 50,265 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi, } Q_c &= A \cdot q_c \\ &= 50,265 \cdot 2 \\ &= 100,53 \text{ kg} \end{aligned}$$

Dimana :

q_c = nilai konus dari hasil sondir (kg/cm^2)

A = luas penampang tiang pancang (cm^2)

Q_c = daya dukumh keseimbangan tiang (kg/cm^2)

D = diameter tiang pancang (Cm)

Tiang kayu galam diameter 12 cm panjang 3 meter

Dari tabel 4.1 di dapat bahwa :

$$q_c = 2 \text{ kg/cm}^2$$

$$A = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2$$

$$= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 12^2$$

$$= 113,097 \text{ cm}^2$$

$$Q_c = A \cdot q_c$$

$$= 113,097 \cdot 2$$

Dari hasil penelitian uji pembebanan ada 4 Sampel uji dan variasi beban sebesar 150 kg, 300 kg, 450 kg, 600 kg dan 750 kgn dengan waktu pembebanan selama 1 jam yang hasilnya seperti terdapat pada lampiran

A1, A2, A3, dan A4. Dimana hubungan antara beban dan penurunan adalah sebagai berikut. (sumber: Josep, 1988).

Tabel 2. Hubungan Beban dan Penurunan Diameter 12

runan (1/100mm)	Beban (kg)				
	150	300	450	600	750
1. Sampel A.1	110	215	419	594	1200
2. Sampel A.2	3	46	105	190	600
3. Sampel A.3	20	70	135	237	322
4. Sampel A.4	31	104	282	454	1200

Dari lampiran C (daftar nilai kd dan kk) didapat bahwa :

a. Untuk diameter 12 cm Sampel 1, koefisien determinasi (kd) = 0,9908. Artinya 99,08 % dari variasi tingkat penurunan dipengaruhi oleh besarnya beban yang diberikan. Sedangkan koefisien kolerasi (kk) adalah 0,9954. Ini menunjukkan bahwa antara besarnya beban dinaikan nilainya, maka penurunan yang terjadi akan mengalami peningkatan. $Kk = \sqrt{kd}$, sehingga nilai kk bernilai positif atau negatif. Untuk menentukan positif atau negatif nilai kk, dapat dilihat koefisien regresinya dari lampiran C.1 diketahui persamaannya adalah

$$y = 65,272e^{0,0039x}$$

$$\ln y = \ln a + bx$$

$$= \ln 65,272 + 0,0039 x$$

b. Jika koefisien regresi adalah 0,0039 (positif). Ini merupakan nilai koefisien korelasi yang diambil adalah + 0,9954 (hubungan antara beban dan penurunan sangat kuat).

c. Untuk diameter 12 cm Sampel 2, koefisien determinasi (kd) = 0,9358. Artinya 93,58 % dari variasi penurunan dipengaruhi oleh besarnya beban yang

diberikan. Sedangkan nilai koefisien kolerasi (kk) adalah 0,9674. Ini menunjukkan bahwa antara besarnya beban yang diberikan terhadap tiang terdapat hubungan positif, artinya jika besarnya beban dinaikkan nilainya, maka penurunan yang terjadi akan menjadi peningkatan, $kk = \sqrt{kd}$, sehingga nilai kk bernilai positif atau negatif, untuk menentukan positif atau negatif nilai kk, dapat dilihat koefisien regresinya. Dari lampiran C.2 diketahui persamaan regresinya adalah :

$$y = 1,9904e^{0,0079x}$$

$$\ln y = \ln a + bx$$

$$= \ln 1,9904 + 0,0079 x$$

d. Jadi koefisien regresi adalah 0,0079 (positif). Ini menunjukkan nilai koefisien koleasi yang diambil adalah + 0,9674 (hubungan antara beban dan penurunan sangat kuat).

e. Untuk diameter 12 cm Sampel 3, koefisien determinasi (kd) = 0,9420. Artinya 94,20 % dari variasi tingkat penurunan di pengaruhi oleh besarnya beban yang diberikan. Sedangkan nilai koefisien kolerasi (kk) adalah 0,9706. Ini menunjukkan bahwa antara besarnya beban yang diberikan terhadap tiang terdapat hubungan positif, artinya jika besarnya beban dinaikkan nilainya, maka penurunan yang terjadi akan mengalami peningkatan. $Kk = \sqrt{kd}$, sehingga nilai kk bernilai positif atau negatif. Untuk menentukan positif atau negatif nilai kk, dapat dilihat koefisien regresinya. Dari lampiran C.3 diketahui regresinya adalah:

$$y = 12,532e^{0,005x}$$

$$\ln y = \ln a + bx$$

$$= \ln 12,532 + 0,005 x$$

f. Jadi koefisien regresi adalah 0,005 (positif). Ini menunjukkan nilai koefisien kolerasi yang diambil adalah + 0,9706 (hubungan antara beban dan penurunan sangat kuat).

g. Untuk diameter 12 cm Sampel 4, koefisien determinasi (kd) = 0,9187. Artinya 91,87 % dari variasi tingkat penurunan dipengaruhi oleh besarnya beban yang diberikan. Sedangkan nilai koefisien kolerasi (kk) adalah 0,9585. Ini menunjukkan bahwa antara besarnya beban yang diberikan terhadap tiang terdapat hubungan positif, artinya jika besarnya beban dinaikkan nilainya, maka penurunan yang terjadi akan mengalami peningkatan. $Kk = \sqrt{kd}$, sehingga nilai kk bernilai positif atau

negatif. Untuk menentukan positif atau negatif nilai kk, dapat dilihat koefisien regresinya. Dari lampiran C.3 diketahui regresinya adalah :

$$y = 21,363e^{0,0054x}$$

$$\ln y = \ln a + bx$$

$$= \ln 21,363 + 0,0054 x$$

h. Jadi koefisien regresi adalah 0,0054 (positif). Ini menunjukkan nilai koefisien kolerasi yang diambil adalah + 21,363 (hubungan antara beban dan penurunan sangat kuat).

(Menurut, Paulus P, 1989) berdasarkan data tersebut dicoba dibuat analisa untuk membuat Beban Ultimit dengan menggunakan 3 metode yaitu :

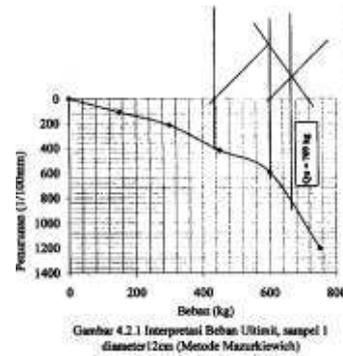
- a. Metode P-S
- b. Metode Mazurkiewich
- c. Metode Chin

Dari tabel 4.1 dicari nilai beban batas (beban ultimit), metode yang dipakai adalah :

a. Metode P-S

Hasil interpretasi Beban Ultimit untuk uji pembebanan tiang diameter 10 cm dengan menggunakan metode P-S diperlihatkan pada gambar 4.1.1, 4.1.2, 4.1.3, 4.1.4.

Penjelasan : dari gambar tersebut di bawah ini, maka terjadi penurunan maksimum yang dapat di tunjukan dalam grafik adalah: 600 kg



b. Metode Mazurkiewich

Prosedur metode mazurkiewich adalah sebagai berikut :

- 1) Diplot kurva benda uji yang diberikan terhadap penurunan.
- 2) Menarik garis dari beberapa titik penurunan yang dipilih hingga memotong kurva, kemudian ditarik garis vertikal hingga memotong sumbu beban.
- 3) Dari perpotongan setiap beban tersebut, dibuat garis bersudut 45° terhadap garis perpotongan berikutnya dan seterusnya.
- 4) Menghubungkan titik-titik yang terbentuk ini hingga menghasilkan sebuah garis lurus. Perpotongan garis lurus ini dengan sumbu beban merupakan beban ultimitnya.

Hasil interpretasi Beban Ultimit untuk uji pembebanan tiang diameter 12 cm dengan menggunakan Metode Mazurkiewich diperlihatkan pada gambar 4.2.1, 4.2.2, 4.2.3, 4.2.4. (sumber: Rahardjo Paulus P, 1989)

Penjelasan : dari gambar tersebut di bawah ini, maka terjadi penurunan maksimum yang dapat ditunjukkan dalam grafik adalah: 700 Kg

c. Metode Chin

Perhitungan Beban Ultimit dari pondasi tiang dengan menggunakan Metode Chin adalah sebagai berikut :

- a. Diplot kurva antara rasio beban dan penurunan (s/Q) dengan penurunan
- b. Diperoleh persamaan garis tersebut adalah $s/Q = C_1 \cdot S + C_2$
- c. C_1 dihitung dari persamaan garis, atau dari gradien / kemiringan
- d. Beban Ultimit adalah $1/C_1$

Metode ini biasanya menghasilkan Beban Ultimit yang terlalu tinggi, sehingga harus dikoreksi (dibagi 1,2 s/d 1,4)

Hasil interpretasi Beban Ultimit untuk uji pembebanan tiang diameter 12 cm dengan menggunakan Metode Chin diperlihatkan pada gambar 4.3.1, 4.3.2, 4.3.3, 4.3.4. (sumber: Rahardjo Paulus P, 1989).

$$s/Q = C_1 \cdot S + C_2$$

$$C_1 = 0,22/200 = 0,0011$$

$$1/C_1 = 1/0,0011 = 909,0909 \text{ kg}$$

$$C_2 = 0,372$$

$$Q_u = 909,0909/1,2 = 757,58 \text{ kg}$$

Tabel 4.2.3 interpretasi Beban Ultimit Sampel 3 diameter 12 cm (Metode Chin)

Beban (kg)	150	300	450	600	750
Penurunan (1/100mm)	31	194	282	454	1200
s/Q	0.2067	0.6467	0.6267	0.7567	1.6000

Tabel 4.2.1 Interpretasi Beban Ultimit Sampel 1 diameter 12 cm (Metode Chin)

Beban (kg)	150	300	450	600	750
Penurunan (1/100mm)	110	215	419	594	1200
s/Q	0.7333	0.7167	0.9311	0.9900	1.6000

Tabel 4.2.2 Interpretasi Beban Ultimit Sampel 2 diameter 12 cm (Metode Chin)

Beban (kg)	150	300	450	600	750
Penurunan (1/100mm)	3	46	105	190	600
s/Q	0.0200	0.1533	0.2333	0.3167	0.8000

Tabel 4.2.2 Interpretasi Beban Ultimit Sampel 2 diameter 12 cm (Metode Chin)

Beban (kg)	150	300	450	600	750
Penurunan (1/100mm)	3	46	105	190	600
s/Q	0.0200	0.1533	0.2333	0.3167	0.8000

Tabel 4.2.3 Interpretasi Beban Ultimit Sampel 3 diameter 12 cm (Metode Chin)

Beban (kg)	150	300	450	600	750
Penurunan (1/100mm)	23	70	135	273	322
s/Q	0.1533	0.2333	0.3000	0.3950	0.4293

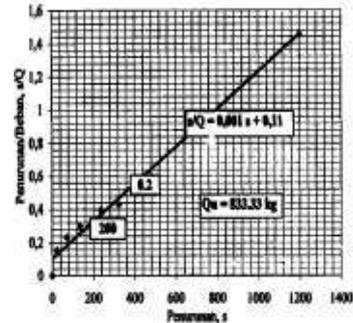
$$s/Q = C_1 \cdot S + C_2$$

$$C_1 = 0,34 / 300 = 0,001133$$

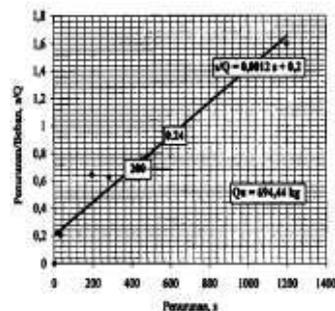
$$1/C_1 = 1/0,001133 = 882, 3529 \text{ kg}$$

$$C_2 = 0,072$$

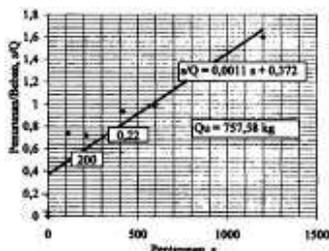
$$Q_u = 882,3529 / 1,2 = 735,29 \text{ kg}$$



Gambar 4.3.3 Interpretasi Beban Ultimit, sampel 3 diameter 12cm (Metode Chin)



Gambar 4.3.4 Interpretasi Beban Ultimit, sampel 4 diameter 12cm (Metode Chin)



Gambar 4.3.1 Interpretasi Beban Ultimit, sampel 1 diameter 12cm (Metode Chin)

$$\begin{aligned}
 s/Q &= c_1 \cdot s + c_2 \\
 c_1 &= 0,2 / 200 = 0,001 \\
 1/c_1 &= 1/0,001 = 1000 \text{ kg} \\
 c_2 &= 0,011 \\
 Q_u &= 1000 / 1,2 \\
 &= 833,33 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 s/Q &= c_1 \cdot s + c_2 \\
 c_1 &= 0,24 / 200 = 0,0012 \\
 1/c_1 &= 1/0,0012 = 833,3333 \text{ kg} \\
 c_2 &= 0,02 \\
 Q_u &= 833,3333 / 1,2 \\
 &= 694,44 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Tiang Kayu Galam Diameter 14 cm Panjang 3 Meter.

Dari tabel 4.1 di dapat bahwa :

$$\begin{aligned}
 q_c &= 2 \text{ kg/cm}^2 \\
 A &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\
 &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 12^2 \\
 &= 113,097 \text{ cm}^2 \\
 Q_c &= A \cdot q_c \\
 &= 113,097 \cdot 2
 \end{aligned}$$

Dimana :

- q_c = nilai konus dari hasil sondir (kg/cm^2)
- A = luas penampang tiang pancang (cm^2)
- Q_c = daya dukumh keseimbangan tiang (kg/cm^2)
- D = diameter tiang pancang (Cm)

Dari hasil penelitian uji pembebanan ada 4 Sampel uji dan variasi beban sebesar 200 kg, 400 kg, 600 kg, 800 kg dan 850 kg dengan waktu pembebanan selama 1 jam yan hasilnya aseperti tedapat pada lampiran A5, A6, A7, dan A8. Dimana hubungan antara beban dan penurunan adalah sebagai berikut. (sumber: Josep, 1988)

Tabel 4.2. hubungan beban dan penurunan diameter 14 cm

Penurunan (1/100mm)	Beban (kg)				
	200	400	600	800	850
1. Sampel A.5	30	135	214	1104	1400
2. Sampel A.6	66	210	470	950	1400
3. Sampel A.7	50	126	357	902	1400
4. Sampel A.8	85	221	370	1400	

1. Untuk diameter 14 cm Sampel 1, koefisien determinasi (kd) = 0,9744. Artinya 97,44 % dari variasi tingkat penurunan dipengaruhi oleh besarnya beban yang diberikan. Sedangkan koefisien kolerasi (kk) adalah 0,9871. Ini menunjukkan bahwa antara besarnya beban yang diberikan terhadap tiang terdapat hubungan positif, artinya jika besarnya beban dinaikkan nilainya, maka

penurunan yang terjadi akan mengalami peningkatan. $Kk = \sqrt{kd}$, sehingga nilai kk bernilai positif atau negatif. Untuk menentukan positif atau negatif nilai kk , dapat dilihat koefisien regresinya dari lampiran C.5 diketahui persamaan regresinya adalah

$$\begin{aligned}
 y &= 10,141e^{0,0057x} \\
 \ln y &= \ln a + bx \\
 &= \ln 10,141 + 0,0057 x
 \end{aligned}$$

Jika koefisien regresi adalah 0,0057 (positif). Ini merupakan nilai koefisien korelasi yang diambil adalah + 0,9871 (hubungan antara beban dan penurunan sangat kuat).

2. Untuk diameter 14 cm Sampel 2, koefisien determinasi (kd) = 0,9905. Artinya 99,05 % dari variasi penurunan dipengaruhi oleh besarnya beban yang diberikan. Sedangkan nilai koefisien kolerasi (kk) adalah 0,9952. Ini menunjukkan bahwa antara besarnya beban yang diberikan terhadap tiang terdapat hubungan positif, artinya jika besarnya beban dinaikkan nilainya, maka penurunan yang terjadi akan menjadi peningkatan, $kk = \sqrt{kd}$, sehingga nilai kk bernilai positif atau negatif, untuk menentukan positif atau negatif nilai kk , dapat dilihat koefisien regresinya. Dari lampiran C.6 diketahui persamaan regresinya adalah :

$$\begin{aligned}
 y &= 30,344e^{0,0045x} \\
 \ln y &= \ln a + bx \\
 &= \ln 30,344 + 0,0045 x
 \end{aligned}$$

Jadi koefisien regresi adalah 0,0045 (positif). Ini menunjukkan nilai koefisien korelasi yang diambil adalah +0,9952 (hubungan antara beban dan penurunan sangat kuat).

3. Untuk diameter 14 cm Sampel 3, koefisien determinasi (kd) = 0,9851. Artinya 98,51 % dari variasi tingkat penurunan di pengaruhi oleh besarnya beban yang diberikan. Sedangkan nilai koefisien kolerasi (kk) adalah 0,9925. Ini menunjukkan bahwa antara besarnya beban yang diberikan terhadap tiang terdapat hubungan positif, artinya jika besarnya beban dinaikkan nilainya, maka penurunan yang terjadi akan mengalami peningkatan. $Kk = \sqrt{kd}$, sehingga nilai kk bernilai positif atau negatif. Untuk menentukan positif atau negatif nilai kk , dapat dilihat koefisien regresinya. Dari lampiran C.7 diketahui regresinya adalah:

$$\begin{aligned}
 y &= 16,755e^{0,005x} \\
 \ln y &= \ln a + bx \\
 &= \ln 16,755 + 0,005 x
 \end{aligned}$$

Jadi koefisien regresi adalah 0,005 (positif). Ini menunjukkan nilai koefisien kolerasi yang diambil adalah + 0,9925 (hubungan antara beban dan penurunan sangat kuat).

4. Untuk diameter 14 cm Sampel 4, koefisien determinasi (kd)=0,9721. Artinya 97,21% dari variasi tingkat penurunan dipengaruhi oleh besarnya beban yang diberikan. Sedangkan nilai koefisien kolerasi (kk) adalah 0,9860. Ini menunjukkan bahwa antara besarnya beban yang diberikan terhadap tiang terdapat hubungan positif, artinya jika besarnya beban dinaikkan nilainya, maka penurunan yang terjadi akan mengalami peningkatan. $Kk = \sqrt{kd}$, sehingga nilai kk bernilai positif atau negatif. Untuk menentukan positif atau negatif nilai kk, dapat dilihat koefisien regresinya. Dari lampiran C.8 diketahui regresinya adalah

$$y = 33,772e^{0,0045x}$$

$$\ln y = \ln a + bx$$

$$= \ln 33,772 + 0,0045 x$$

Jadi koefisien regresi adalah 0,0045 (positif). Ini menunjukkan nilai koefisien kolerasi yang diambil adalah + 33,772 (hubungan antara beban dan penurunan sangat kuat).

(Menurut, Paulus P, 1989) berdasarkan data tersebut dicoba dibuat analisa untuk membuat Beban Ultimit dengan menggunakan 3 metode yaitu :

1. Metode P-S
2. Metode Mazurkiewich
3. Metode Chin

Dari tabel 4.2 dicari nilai beban batas (beban ultimit), metode yang dipakai adalah:

1. Metode P-S

Hasil interpretasi Beban Ultimit untuk uji pembebanan tiang diameter 14 cm dengan menggunakan Metode P-S diperlihatkan pada gambar 4.4.1, 4.4.2, 4.4.3, 4.4.4, Penjelasan dari gambar tersebut dibawah ini, maka terjadi penurunan maksimum yang dapat ditunjukkan dalam grafik adalah: 631 kg

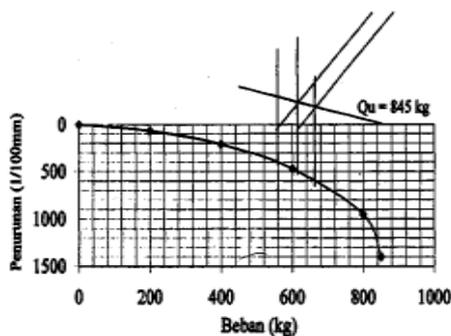
1. Metode Mazurkiewich

Prosedur metode maurkiewich adalah sebagai berikut :

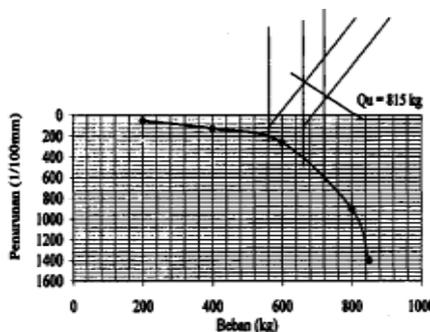
- a. Diplot kurva benda uji yang diberikan terhadap penurunan.
- b. Menarik garis dari beberapa titik penurunan yang dipilih hingga memotong kurva, kemudian ditarik garis vertikal hingga memotong sumbu beban.
- c. Dari perpotongan setiap beban tersebut, dibuat garis bersudut 45° terhadap garis perpotongan berikutnya dan seterusnya.
- d. Menghubungkan titik-titik yang terbentuk ini hingga menghasilkan sebuah garis lurus. Perpotongan garis lurus ini dengan sumbu beban merupakan beban ultimitnya

Hasil interpretasi Beban Ultimit untuk uji pembebanan tiang diameter 14 cm dengan menggunakan Metode Mazurkiewich diperlihatkan pada gambar 4.5.1, 4.5.2, 4.5.3, 4.5.4. (sumber: Rahardjo Paulus P, 1989)

Penjelasan dari gambar tersebut dibawah ini, maka terjadi penurunan maksimum yang dapat ditunjukkan dalam grafik adalah: 640 kg



Gambar 4.5.2 Interpretasi Beban timit, Sampel 2 diameter 14 cm (Metode Mazurkiewich)



Gambar 4.5.3 Interpretasi Beban Ultimit, Sampel 3 diameter 14cm (Metode Mazurkiewich)

3. Metode Chin

Perhitungan Beban Ultimit dari pondasi tiang dengan menggunakan Metode Chin adalah sebagai berikut :

- Diplot kurva antara rasio beban dan penurunan (s/Q) dengan penurunan
- Diperoleh persamaan garis tersebut adalah $s/Q = C_1 \cdot S + C_2$
- C_1 dihitung dari persamaan garis, atau dari gradien / kemiringan
- Beban Ultimit adalah $1/C_1$
- Metode ini biasanya menghasilkan Beban Ultimit yang terlalu tinggi, sehingga harus dikoreksi (dibagi 1,2 s/d 1,4)

Hasil interpretasi Beban Ultimit untuk uji pembebanan tiang diameter 12 cm dengan menggunakan Metode Chin diperlihatkan pada gambar 4.6.1, 4.6.2, 4.6.3, 4.6.4. (sumber: Rahardjo Paulus P, 1989

Tabel 4.3.1 Interpretasi Beban Ultimit Sampel 1 diameter 14 cm (Metode Chin)

Beban (kg)	200	400	600	800	850
Penurunan (1/100mm)	30	135	214	1104	1400
S/Q	0.1500	0.3375	0.3567	1.3800	1.6471

Tabel 4.3.2 interpretasi Beban Ultimit Sampel 2 diameter 14 cm (Metode Chin)

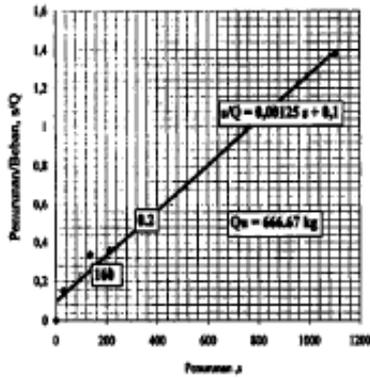
Beban (kg)	200	400	600	800	850
Penurunan (1/100mm)	66	210	470	950	1400
S/Q	0.3300	0.5250	0.7833	1.1875	1.6471

Tabel 4.3.3 interpretasi Beban Ultimit Sampel 3 diameter 14 cm (Metode Chin)

Beban (kg)	200	400	600	800	850
Penurunan (1/100mm)	50	126	257	902	1400
S/Q	0.2500	0.3150	0.4283	1.1275	1.6471

Tabel 4.3.4 interpretasi Beban Ultimit Sampel 4 diameter 14 cm (Metode Chin)

Beban (kg)	200	400	600	800
Penurunan (1/100mm)	85	221	370	1400
S/Q	0.42500	0.5525	0.6167	1.7500



Gambar 4.6.1 Interpretasi Beban Ultimit, Sampel 1 diameter 14 cm (metode Chin)

Tabel 4.4 Interpretasi Beban Ultimit Untuk seluruh Sampel (Metode P-S, Metode Mazurkiewich, Metode Chin)

Diameter (cm)	Sampel	P _{ultimit} dengan metode (kg)		
		P-S	Mazurkiewich	Chin
12	1	600	696	757,58
	2	711	777	735,29
	3	755	892	833,33
	4	605	766	694,44
Rata-rata (x)		667,75	782,75	755,16
Simpangan baku (S)		77,48	81,19	58,30
Koefisien Variasi (KV)		11,60 %	10,37 %	7,72%
14	1	631	640	666,6
	2	783	845	925,93
	3	796	815	833,33
	4	600	617	833,33
Rata-rata (x)		702,5	729,25	814,82
Simpangan baku (S)		101,39	117,36	107,98
Koefisien Variasi (KV)		14,43%	16,09%	13,25%

Sumber: Hasil perhitungan

Rumus :

$$X = \sum x_i/n$$

$$S = \frac{\sqrt{\sum (x_i - X)^2}}{n-1} \rightarrow n \leq 30$$

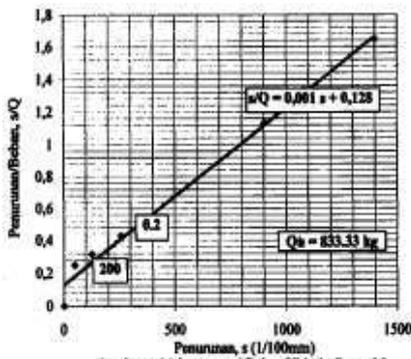
$$KV = \frac{S}{X} \times 100 \%$$

Yang dimaksud dengan simpangan baku adalah menyatakan besarnya simpangan dari nilai-nilai rata-ratanya, misalnya data-data pada diameter 12 cm, Metode P-S ; nilai rata-rata dan simpangan baku adalah 667,75 kg dan 77,48 kg. Maka artinya penyimpangan dari rata-rata adalah sebesar 77,48 kg (667.75 ± 77.48). Sedangkan yang dimaksud koefisien variasi yang menunjukkan keseragaman data-datanya. Misalnya :

Sampel diameter 12 cm, Metode P-S : KV= 11,6%

Sampel diameter 12 cm, Metode Mazurkiewich : KV = 10,37%

Maka data-data Q_u Metode P-S lebih seragam dibandingkan dengan data-data Q_u untuk Metode Mazurkiewich (diameter 12 cm). Makin rendah nilai koefisien variasi. Makin seragam data-datanya (dalam hal ini Q_u atau P_u).



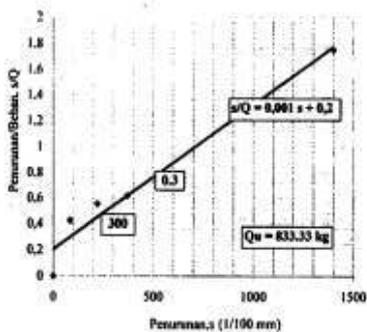
Gambar 4.6.3 Interpretasi Beban Ultimit, Sampel 3 Diameter 14 cm (Metode Chin)

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil uraian analisa terhadap penelitian pembebanan batas tiang galam dengan loading test dapat dibuat kesimpulan sebagai berikut :

1. Tanah dilokasi penelitian (kampus poliban) merupakan tanah lunak yang memiliki kadar air cukup tinggi dan memiliki nilai plastisitas, yang didominasi oleh tanah gambut.
2. Jenis pondasi yang cocok untuk tanah lunak seperti dilokasi penelitian (kampus



Gambar 4.6.4 Interpretasi Beban Ultimit, sampel 4 diameter 14 cm (Metode Chin)

- poliban) adalah pondasi tiang galam, sebab pondasi ini mampu menyalurkan beban melalui pelekatan tiangnya dengan tanah.
- Bahan yang paling tepat digunakan untuk pondasi kayu galam sebab sifatnya tahan terhadap rendaman air dan harganya ekonomis.
 - Dari hasil penelitian didapat $P_{ultimit}$ dari pengujian loadingtest adalah sebagai berikut:

Data hasil penelitian

Diameter kayu galam (tiang tunggal)	Nilai $P_{ultimit}$ dan $Q_{ultimit}$ rata-rata (kg)		
	P-S	Chin	Mazurkiewich
12 cm	867,75 kg	765,16 kg	782,75 kg
14 cm	702,3 kg	814,82 kg	729,25 kg

- Dari hasil analisa terhadap uji pembebanan tiang tunggal, didapat bahwa dengan menggunakan Metode P-S menghasilkan daya dukung ultimit lebih kecil dari mazurkiewich dan Chin.
 - Untuk diameter 14 cm dapat dilihat:

$$Q_u (P-S) < Q_u (Mazurkiewich) < Q_u (Chin)$$
 - Untuk diameter 12 cm didapat hasil:

$$Q_u (P-S) < Q_u (Chin) < Q_u (Mazurkiewich)$$

Saran

Adapun saran yang ingin kami sampaikan adalah sebagai berikut:

- Sebaiknya Sampel uji untuk tiap diameter dapat lebih dari 4 buah, sehingga hasilnya bisa lebih akurat.
- Dial Gauge yang dipasang pada tiap tiang uji ada 4 (kiri, kanan, muka, dan belakang tiang), sehingga hasil pembacaan penurunan akibat beban dapat lebih akurat.
- Pada saat pemancangan tiang harus diperhatikan ketegakkannya agar penurunan dapat terbaca lebih akurat.
- Dalam pemberian beban, harus simetris sehingga pembagian beban terhadap tiang dapat merata.
- Diharapkan dapat dilakukan penelitian yang lebih variatif seperti panjang tiang, tiang miring, bahan lain selain kayu galam.
- Sebaiknya penelitian dilakukan dengan metode yang sama tapi lokasi yang berbeda seperti tanah yang berpasir

5. DAFTAR PUSTAKA

- Bowles Josep.E ; (1988) , Analisa Dan Desain Pondasi , Edisi Keempat Jilid 2, Erlangga , Jakarta.

- Sarjono.HS ; (1991), Pondasi Tiang Pancang Jilid I, Sinar Wijaya, Surabaya.
- Sarjono.HS ; (1991), Pondasi Tiang Pancang Jilid II, Sinar Wijaya, Surabaya.
- Sungono.KH ; (1984), Mekanika Tanah , Nova , Bandung.
- Shirley.LH ; (1987), Penuntut Praktis Geoteknik dan Mekanika Tanah.
- Sudjana.M.A ; (1992) , Metode Statistika, Edisi Kelima, Tarsito, Bandung.
- Rahardjo Paulus.P ; (1989), Manual Pondasi Tiang, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung.
- Smit M.J ; (1984) , Mekanika Tanah Edisi Keempat, Erlangga , Jakarta.
- Wesley L.D ; (1997) , Mekanika Tanah, Badan Penerbit Pekerjaan Umum.

@Portek 2014@

- SNI03-1971-1990 *Pengujian Kadar Air*. Pustran-Balitbang PU
- SNI 03-4142-1996 *Pengujian Kadar Lumpur*. Pustran-Balitbang PU
- SNI 03-4141-1996 *Pemeriksaan Gumpalan Lempung dan Butir-butir Mudah Pecah Dalam Agregat*. Pustran-Balitbang PU
- SNI 2417 : 2008 *Pengujian Abrasi Dengan Mesin Los Angeles*. BSN.S. Jakarta
- SNI 03-2816-1992 *Pengujian Kandungan Organik*. Pustran-Balitbang PU
- SNI 1973 : 2008 *Pengujian Berat Isi Beton*. BSN.Senayan Jakarta
- SNI 1972 : 2008 *Pengujian Slump Test*. BSN.Senayan Jakarta
- SNI 1974 : 2011 *Pengujian Kuat Tekan Beton*. BSN.Senayan Jakarta
- SNI 03-2834-1993 *Tata Cara Pembuatan rencana Campuran Beton Normal*. Pustran-Balitbang PU
- Tdjokrodimulyono, Kardiyo.1994. *Teknologi Beton*. Yogyakarta

@Portek 2014@