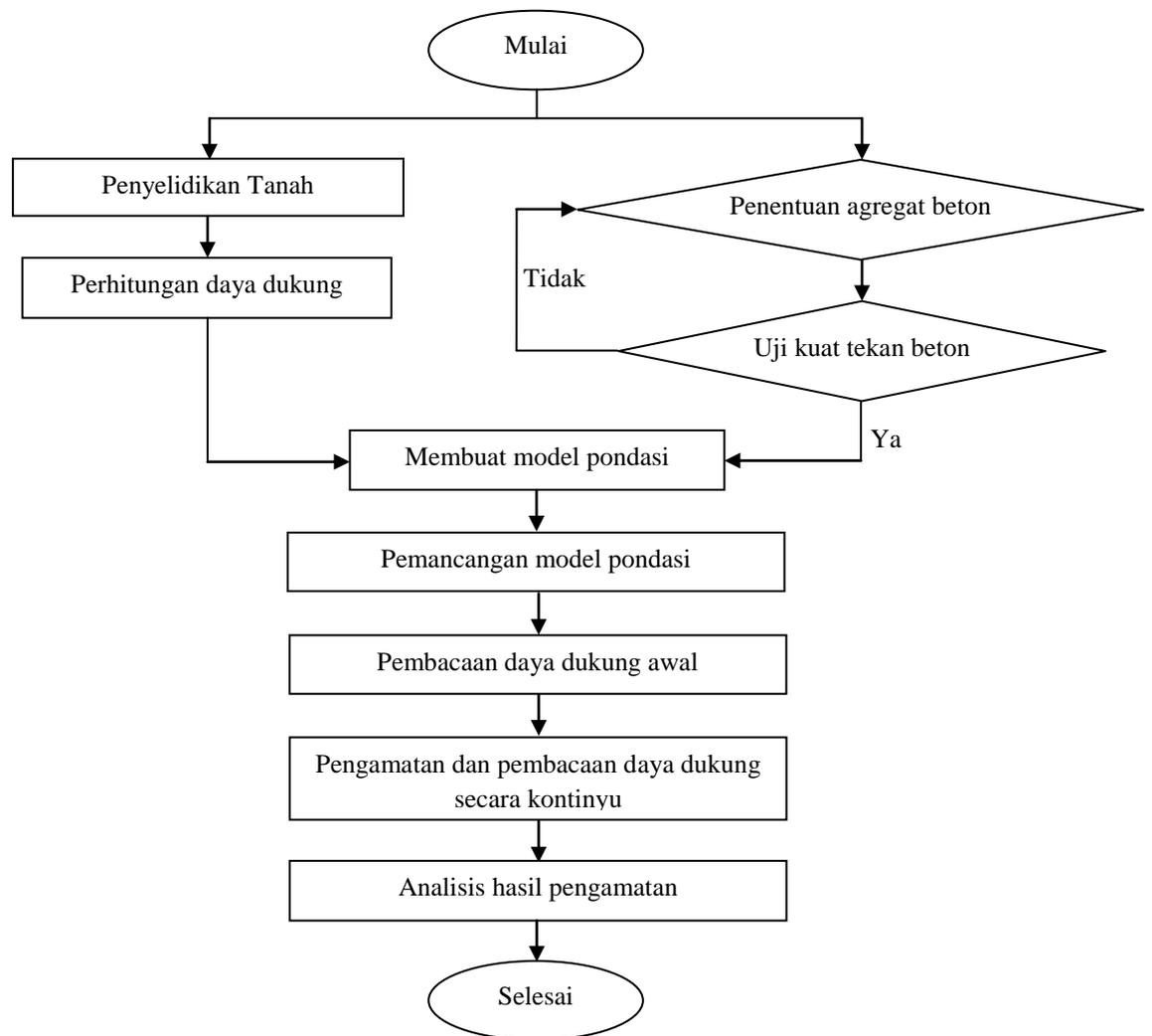


BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan secara umum adalah eksperimen di laboratorium dengan penyajian data secara deskriptif. Berdasarkan permasalahan yang diteliti, metode analisis yang digunakan adalah data laboratorium.

3.1 Alur Penelitian



Gambar 3.1. Skema penelitian

3.2 Pengambilan Sampel Tanah

Lokasi pengambilan sampel tanah terganggu maupun tidak terganggu adalah disekitar Sport Hall Universitas Pendidikan Indonesia (UPI).



Gambar 3.2. Lokasi pengambilan sampel tanah terganggu

Sampel yang digunakan pada penelitian ini adalah tanah terganggu (*disturbed*) untuk pengujian *engineering properties* dan pemodelan lahan untuk pengujian *load test* dan tanah tidak terganggu (*undisturbed*) untuk pengujian beberapa *index properties*.

Sampel tanah terganggu didapatkan dengan cara menggali tanah di daerah lokasi menggunakan alat gali yang kemudian dimasukkan kedalam wadah dan dibawa ke laboratorium. Sedangkan untuk sampel tanah tak terganggu diambil dengan metode *hand Auger boring*.



Gambar 3.3. *Hand Auger boring*

3.3 Penyelidikan Tanah

Penelitian yang dilakukan merupakan penelitian peningkatan nilai daya dukung tanah terhadap waktu dengan pondasi beton. Sebelum memulai perhitungan daya dukung minimal, harus dilakukan penyelidikan tanah di lokasi penelitian. Tanah yang diambil dari tempat lokasi harus didapatkan parameter tanahnya untuk mendukung perhitungan daya dukung, dalam mencari nilai parameter tanah dilakukan pengujian parameter indeks (*index properties*).

Dalam penelitian ini, pengujian parameter tanah dilakukan di laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil Universitas Pendidikan Indonesia, Gedung FPTK lantai 2. Prosedur pengujian dilakukan berdasarkan standar ASTM. Pengujian- pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini diantara lain adalah :

3.3.1 Uji Parameter Indeks (*Index Properties*)

Untuk mengetahui karakteristik sampel tanah perlu dilakukan serangkaian pengujian *index properties*. Pengujian *index properties* dilakukan untuk sample tanah penelitian yang diambil dari lokasi. Rangkaian uji *index properties* adalah sebagai berikut :

a. Pengujian Kadar Air (*Water Content*)

Metode yang digunakan dalam pengujian kadar air ini diambil dari standar ASTM, yaitu ASTM D-2216-1998. Di dalam ASTM dijelaskan tujuan dari pengujian kadar air adalah untuk mendapatkan nilai kadar air yang terkandung dalam material uji.

Dalam menganalisis pengujian yang sudah dilakukan, dapat dicari nilai kadar air sampel tersebut dengan cara sebagai berikut:

$$w = \frac{(W_2 - W_1) - (W_3 - W_1)}{W_3 - W_1} \times 100\% \quad \text{atau} \quad w = \frac{W_w}{W_s} \times 100\%$$

Dimana :

w = kadar air (%)

W_1 = berat cawan

W_2 = berat tanah basah + cawan

W_3 = berat tanah kering + cawan

W_w = berat air = $W_2 - W_1 - W_s$

W_s = berat butir = $W_3 - W_1$

b. Pengujian Batas-Batas Atterberg

Metode yang digunakan dalam pengujian ini diambil dari standar ASTM, yaitu ASTM D-4318-00. Pengujian batas-batas Atterberg ini ada tiga batas yang diuji yaitu batas cair, batas plastis, dan batas susut. Namun dalam penelitian ini yang dilakukan hanya dua batas pengujian, yaitu pengujian batas cair dan batas plastis, karena dengan dua pengujian batas ini sudah cukup untuk mencari data yang dibutuhkan. Berikut prosedur pengujian batas-batas Atterberg yang digunakan:

a) Batas Cair (*Liquid Limit*)

Didalam ASTM dijelaskan bahwa tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui nilai batas cair sampel yang akan diuji.

Dalam menganalisis pengujian ini dilakukan dengan cara memplotkan data data yang sudah didapatkan ke grafik (dengan

skala log) batas cair. Lalu tarik garis dengan 25 ketukan maka akan didapatkan nilai batas cair.



Gambar 3.4. Alat Casagrande

b) **Batas Plastis (*Plastic Limit*)**

Didalam ASTM dijelaskan bahwa tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui nilai batas plastis, yaitu batas diantara keadaan pasltis dengan semi plastis, sampel yang akan diuji.

Dalam menganalisis pengujian ini dilakukan dengan cara mencari nilai kadar air dari tiga keadaan yang sudah ditentukan, rata-rata dari nilai kadar air tersebut adalah nilai batas plastis sampel tersebut.

c. **Pengujian Berat Jenis (*Spesific Gravity*)**

Metode yang digunakan dalam pengujian ini diambil dari standar ASTM, yaitu ASTM D-854-02 Erlenmeyer. Pengujian berat jenis ini bertujuan untuk mencari nilai berat jenis sampel. Berat jenis tanah digunakan pada hubungan fungsional antara fase udara, air, dan butiran dalam tanah dan oleh karenanya diperlukan untuk perhitungan – perhitungan parameter indeks tanah (*index properties*).



Gambar 3.5. Erlenmeyer

Dalam menganalisis perhitungan data pengujian ini dapat dilakukan dengan tahap-tahap sebagai berikut:

- Membuat grafik kalibrasi berat erlenmeyer + air dengan suhu dengan nilai persamaannya.
- Untuk nilai G_t (faktor koreksi berat jenis) dilihat dari tabel yang sudah ada.
- Mencari nilai berat jenis dengan menggunakan rumus berikut,

$$G_s = \frac{G_t * W_3}{(W_3 - W_1 + W_2)}$$

Dimana :

G_s = berat jenis

W_1 = berat erlenmeyer + laruta tanah

W_2 = berat erlenmeyer + air (didapat dari plotting grafik kalibrasi alat)

W_3 = berat tanah kering

G_t = faktor koreksi berat jenis air

- Berat jenis yang digunakan adalah nilai berat jenis yang sudah dirata-ratakan dari 5 hasil berat jenis yang dihasilkan dari pengujian ini.

d. Pengujian *Sieve Analysis* (Uji Saringan)

Metode yang digunakan dalam pengujian ini diambil dari standar ASTM, yaitu ASTM D-1140. Pengujian saringan ini bertujuan untuk mencari susunan ukuran butir tanah khusus berbutiran kasar atau tertahan saringan nomor 200.



Gambar 3.6. Satu set ayakan (*sieve*)

Dalam menganalisis pengujian ini ada beberapa urutan langkah yang harus dilakukan, yaitu sebagai berikut:

- Menjumlahkan berat tanah yang lolos saringan, dan mencari prosentasenya.
- Membuat grafik gradasi butiran dari data tersebut dengan menggunakan skala log.
- Mencari nilai koefisien keseragaman, yaitu nilai C_c dan C_u dengan rumus berikut.

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \qquad C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{10} \times D_{60}}$$

Catatan :

Berdasarkan USCS (*Unified Soil Classification System*), ditentukan bahwa tanah yang bergradasi baik (*well graded*) adalah yang memenuhi :

- Untuk gravel :
 $Cu > 4$ dan $1 < Cc < 3$
- Untuk pasir :
 $Cu > 6$ dan $1 < Cc < 3$

Bila syarat di atas tidak terpenuhi, maka tanah tersebut bergradasi buruk (*poor graded*).

e. Pengujian Hidrometer (*Hydrometer Analysis*)

Metode yang digunakan dalam pengujian ini diambil dari standar ASTM, yaitu ASTM D-442. Pengujian hidrometer ini bertujuan untuk mencari susunan ukuran butir tanah khusus berbutiran halus lolos saringan nomor 200.



Gambar 3.7. Perlengkapan uji hidrometer

Dalam menganalisis pengujian dapat dihitung persen halusnya, dan dengan menggunakan *chart* dapat dihitung ekuivalennya. Selain itu, dari hasil perhitungan dapat dibuat *grain size distribution curve*. Berikut cara mendapatkan nilai persen halusnya dan diameter butiran sampel:

- $\% \text{ Finer} = \frac{Rc \times a}{W_s} \times 100\%$

Dimana :

$$a = \text{faktor koreksi}$$

$$= \frac{1.65 \times G_s}{2.65 \times (G_s - 1)}$$

$$Rc = \text{koreksi pembacaan hidrometer}$$

$$= Ra - C_0 - Ct$$

Ra = pembacaan hidrometer sebenarnya

C₀ = koreksi nol (zero correction)

C_t = koreksi suhu

- Diameter efektif (D) dapat dihitung menggunakan rumus :

$$D = K \sqrt{\frac{L}{t}}$$

Dimana :

D = diameter butir (mm)

L = effective depth (cm)

t = elapsed time (menit)

η = viskositas aquades (poise)

G_s = specific gravity of soil

G_w = specific gravity of water

$$K = \sqrt{\frac{30\eta}{g(G_s - G_w)}}$$

- Pembuktian rumus Stokes

$$\text{Gaya geseran } F = 6 \pi \cdot \eta \cdot R \cdot v$$

$$\text{Berat} = mg = \frac{4}{3} \pi \cdot R^3 \cdot \gamma_s \cdot g$$

$$\text{Gaya ke atas} = \frac{4}{3} \pi \cdot R^3 \cdot \gamma_w \cdot g = B$$

Jadi untuk butiran yang jatuh dalam larutan

$$\frac{4}{3} \pi \cdot R^3 \cdot \gamma_w \cdot g + 6 \pi \cdot \eta \cdot R \cdot v = \frac{4}{3} \pi \cdot R^3 \cdot \gamma_s \cdot g$$

$$\text{sehingga } v = \frac{2R^2 g}{9\eta} (\gamma_s - \gamma_w)$$

$$v = \frac{1}{18} \frac{D \times g}{\eta} (\gamma_s - \gamma_w)$$

dimana :

D = diameter butir

v = kecepatan terminal

γ_s = berat isi butir

γ_w = berat isi air = 1 gr/cm³

η = viskositas larutan (air

$$\gamma_s = G_s, \gamma_w = G_w$$

$$v = \frac{1}{18} \left[\frac{D}{10} \right]^2 \frac{(G_s - G_w) \times g}{\eta} = \frac{(G_s - G_w) \times g}{1800\eta} \times g \times D^2$$

$$D = \sqrt{\frac{1800 \times \eta \times v}{(G_s - G_w) \times g}} \text{ (mm)}$$

Bila partikel / butir berdiameter D jatuh pada ketinggian L cm dalam waktu t menit, maka :

$$D = \sqrt{\frac{1800 \times \eta \times L}{(G_s - G_w) \times t \times g}} = \sqrt{\frac{30 \times \eta \times L}{(G_s - G_w) \times t \times g}}$$

$$D = K \sqrt{\frac{L}{t}} \text{ (mm)}$$

3.3.2 Uji *Engineering Properties*

Dalam mencari *engineering properties* sampel dilakukan beberapa pengujian, yaitu pengujian kompaksi, *california bearing ratio* (CBR), triaxial, konsolidasi, dll. Dalam penelitian ini hanya diambil beberapa pengujian saja, yaitu kompaksi dan triaxial.

a. Pengujian Kompaksi

Pengujian kompaksi dalam ASTM ada dua jenis yaitu pengujian kompaksi modifikasi (*modified compaction*) dan kompaksi standar

(*standard compaction*). Dalam penelitian ini pengujian kompaksi yang digunakan adalah kompaksi modifikasi.

Metode yang digunakan dalam pengujian ini diambil dari standar ASTM, yaitu ASTM D-1557. Pengujian kompaksi ini bertujuan untuk mencari nilai berat isi maksimum dan kadar air optimum.

Dalam mencari nilai berat isi kering pada pengujian ini dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\gamma_d = \frac{W}{V(1+w)}$$

dimana :

W = Berat total tanah kompaksi bahan dalam mold

V = Volume mold

w = Kadar air tanah kompaksi

Setelah didapatkan beberapa nilai berat isi kering dari variasi pengujian, selanjutnya membuat grafik untuk mencari nilai berat isi kering maksimal. Grafik berat isi kering ini harus berada diantara garis *zero air void curve*. Garis *zero air void curve* ini dibuat dalam dua kondisi yaitu pada saat derajat kejenuhan sampel tanah 80% dan 100%. Untuk membuat garis *zero air void curve* ini dapat dicari dengan menggunakan rumus berikut:

$$\gamma_d = \frac{G_s \times \gamma_w}{1 + \left(\frac{w \times G_s}{S_r} \right)}$$

dimana :

G_s = Berat jenis tanah

γ_w = Berat volume air

w = Kadar air

S_r = Derajat kejenuhan

b. Pengujian Triaxial UU

Metode yang digunakan dalam pengujian ini diambil dari standar ASTM, yaitu ASTM D-2850. Pengujian triaxial ini bertujuan untuk mencari nilai kuat geser tanah yaitu kohesi (c) dan sudut geser tanah (ϕ). Dalam pengujian triaxial UU ini akan mendapatkan nilai parameter kuat geser dan modulus Young sampel tanah. Untuk mencari nilai tersebut dapat digunakan menggunakan cara berikut ini:

- Mencari nilai modulus Young

Nilai modulus Young dapat dicari dengan melihat grafik pengujian triaxial, yaitu grafik tegangan vs regangan (ϵ).

- Mencari nilai parameter kuat geser tanah

Dalam mencari nilai parameter kuat geser tanah, yaitu nilai kohesi (c_0) dan nilai sudut geser tanah (ϕ), dengan menggunakan grafik lingkaran Mohr.



Gambar 3.8. Alat triaksial

3.4 Penentuan Perbandingan Bahan Campuran Beton

Agregat beton yang digunakan adalah berdasarkan SNI 7394 tahun 2008, agregat beton yang dibutuhkan untuk mencapai kuat beton 30 MPa adalah sebagai berikut:

Wira Arga Waringga, 2014

Perilaku daya dukung pondasi tiang pancang akibat proses setup pada tanah lempung di kampus UPI

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

Semen = 448 kg (1)

Pasir = 664 kg (1,49)

Kerikil = 1000 kg (2,23)

Air = 215 L

Dengan perbandingan air terhadap semen adalah 0,48.

3.5 Pengujian Kuat Tekan Beton

Prosedur uji kuat tekan beton dilakukan berdasarkan SNI 03-1974-1990. Pada standar ini dijelaskan bahwa pengujian kuat beton bertujuan untuk menentukan nilai kuat tekan (*compressive strength*) beton dengan benda uji beton silinder yang dibuat dan dimatangkan (*curing*).

Pada pengujian ini cetakan silinder yang digunakan adalah 10cm x 20cm. campuran beton yang sudah diaduk berdasarkan perbandingan material beton dimasukan kedalam cetakan tersebut. Setelah 24 jam dalam cetakan, campuran beton dapat dikeluarkan dari cetakan, lalu melakukan proses *curing* dengan merendam beton selama kurun waktu tertentu. Pada saat beton akan diuji, sampel beton dikeluarkan dulu dari perendaman 5 jam sebelum pengujian, hal ini dilakukan agar sampel beton yang akan diuji sudah kering terlebih dahulu.



Gambar 3.9. Cetakan silinder



Gambar 3.10. Alat kuat tekan beton

3.6 Perhitungan Daya Dukung Tiang

Setelah didapatkan nilai parameter tanah pada uji penyelidikan tanah, selanjutnya dapat menghitung kapasitas daya dukung pondasi tiang. Dalam penelitian ini perhitungan kapasitas daya dukung tiang yang dihitung adalah daya dukung tiang tunggal dengan menggunakan metode Meyerhoff .

3.7 Pembuatan Model Pondasi

Model pondasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah pondasi dengan bahan beton. Dalam membuat model pondasi ini sebelumnya

Wira Arga Waringga, 2014

Perilaku daya dukung pondasi tiang pancang akibat proses setup pada tanah lempung di kampus UPI

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

dilakukan pengujian uji kuat tekan beton dalam menentukan mutu kuat betonnya agar sesuai dengan standar yang ada, yaitu SNI 03-2847-2002.

Dalam standar SNI 03-2847-2002 disebutkan kuat tekan beton minimal untuk tiang pancang adalah 30 MPa. Untuk memenuhi kekuatan tersebut dalam penelitian ini dilakukan beberapa pengujian yaitu pengujian perbandingan antara pasir, semen, krikil, air, dan bahan adiktif yang digunakan.

Dimensi model pondasi tiang yang direncanakan pada penelitian ini adalah 5cm x 5cm dengan panjang tiang 80cm. Penentuan dimensi ini berdasarkan keterbatasan lahan yang ada dan menyesuaikan dengan batas tegangan pada pondasi tiang, yaitu pengaruh tegangan yang diakibatkan tiang. Pengaruh tegangan ini berbeda untuk arah vertikal dan horisontalnya, pada buku Braja M. Das dijelaskan pengaruh tegangan arah horisontal adalah 2 hingga 2,5 kali diameter sedangkan pengaruh arah vertikal adalah 4 kali diameter.

3.8 Pemancangan Model Pondasi

Pemancangan dilakukan dengan menggunakan cara hidrolis, yaitu ditekan dengan menggunakan alat uji tekan yang akan digunakan pada saat pengujian. Pada saat pemancangan untuk memastikan tiang terpancang dengan benar, tegak lurus dengan area tanah, setiap penekanan di cek ketegakannya dengan menggunakan *waterpass*.



Gambar 3.11. Alat tekan hidrolik

3.9 Pengujian *Load Test*

Pondasi yang sudah dipancang selanjutnya akan diuji kapasitas daya dukung sesaat setelah pemancangan. Pengujian *load test* dilakukan dengan menggunakan metode *quick maintained load test* yang tercantum pada standar ASTM 1143.

Pada metode *quick maintained load test* pada ASTM ini dilakukan dengan menggunakan beban hingga 200% beban rencana dengan memberikan beban secara *cyclic*. Pada tiap tahap pemberian beban, beban ditahan selama 5 menit dengan pembacaan dilakukan setiap 2,5 menit. Setelah interval 5 menit tambahkan/kurangi beban tahap selanjutnya.

Beban *cyclic* yang dilakukan adalah sampai 200% beban rencana dengan detail sebagai berikut:

- Cycle 1: 0% 25% 50% 25% 0%
- Cycle 2: 0% 50% 75% 100% 75% 50% 0%
- Cycle 3: 0% 50% 100% 125% 150% 125% 100% 50% 0%
- Cycle 4: 0% 50% 100% 150% 175% 200% 150% 100% 50% 0%

Pengujian beban siklik ini dimulai darisiklik pertama dengan beban awal yang diberikan adalah 25% dari beban rencana yang didiamkan selama 5 menit lalu dibaca penurunan yang terjadi, selanjutnya beban ditingkatkan menjadi 50% beban rencana yang didiamkan juga selama 5 menit lalu dibaca penurunannya. Tiap penambahan dan pengurangan beban selama proses siklik ini didiamkan selama 5 menit sampai siklik terakhir selesai.

Pengujian daya dukung model pondasi tiang ini akan dilakukan sampai pengaruh nilai daya dukung tidak mengalami perubahan yang signifikan, dengan rentang waktu yang diusulkan oleh penulis yaitu:

- a. Pembacaan pada awal penelitian dilakukan setiap hari (dalam penelitian ini sampai hari ke-4).

- b. Pembacaan selanjutnya tergantung dari hasil peningkatan, dalam penelitian ini dilakukan 2 atau 3 hari sekali.
- c. Jika hasil peningkatan sudah cenderung tidak signifikan pembacaan selanjutnya diberi rentang waktu yang agak jauh.
- d. Setelah mendapatkan data daya dukung model pondasi tersebut, dilakukan plotting grafik antara nilai daya dukung terhadap waktu pembacaan. Lalu membandingkan grafik tersebut terhadap tiap material model pondasi tiang.

Rentang waktu tersebut dapat saja berubah tergantung dari hasil pengujian tiang yang dilaksanakan, jika pada minggu pertama dihari tertentu pengaruh nilai daya dukung sudah mulai tidak signifikan rentang waktu dapat berubah pada minggu pertama yang semula dilakukan tiap satu hari bias saja diubah menjadi tiap tiga hari atau lebih.

3.10 Interpretasi Pengujian Beban (*Loading Test*)

Dalam menganalisis hasil uji beban statik dalam penelitian ini menggunakan tiga metode yaitu; metode Davisson, Mazurkewicz, dan Chin. Dari ketiga metode ini nilai yang akan diambil adalah nilai rata-rata dari ketiga metode tersebut.

Dalam membandingkan nilai kapasitas daya dukung pondasi pada saat awal pemancangan dengan akhir pengujian, dimana ada selisih waktu yang berpengaruh, dengan menggunakan dengan metode Denver & Skov (1988).