



# PONDASI TIANG KAPUR

Hermin Tjahyati

## RINGKASAN

Dalam tulisan ini dibahas mengenai prinsip dan metoda stabilisasi dari tiang kapur pada tanah lembek. Suatu study yang dilakukan di China untuk stabilisasi tanah-tanah lembek dengan tiang kapur telah membuktikan bahwa tiang kapur tersebut cukup efektif sebagai stabilisator pondasi tanah lembek.

Kadar air dan angka pori dari butir tanah (*soft mucky clay*) dapat direduksi sedemikian rupa dan kekuatan geser tanah meningkat sampai sekitar  $1,13 \div 4,50$  kali setelah terjadi reaksi antara kapur (*tiang kapur*) dengan tanah tersebut.

Analisa ekonomi menunjukan bahwa harga atau biaya pondasi tiang kapur adalah jauh lebih murah dibandingkan dengan harga pondasi tiang dari beton yang dilaksanakan pada kondisi geologi yang sama.

## SUMMARY

The stabilizing principles and design method of the quicklime pile are discussed in this paper. Study on quicklime pile in China for stabilizing soft soil foundation in field has been proved that the quicklime pile is really an effective means for stabilizing soft foundation. The water content and void ratio of soft mucky clay could be considerably reduced. Shear strength was increased by  $1.13 \div 4.50$  time after treatment.

The economical analysis indicated that the cost could be reduced if the quicklime piles were used instead of precast concrete piles or cast in place concrete piles under the same geological conditions.

## PENDAHULUAN

Perbaikan tanah lembek dengan memakai kapur adalah suatu metoda yang sudah cukup lama dikenal.

Suatu literatur yang ditulis oleh seorang sarjana dari Jerman pada tahun 1929 (E.HUNKE), menyatakan bahwa pada tahun tersebut telah dibuat suatu pondasi tiang kapur dengan panjang antara 30 s/d 50 cm di Tienjing City (China), sebagai pondasi suatu bangunan gedung yang sekarang sudah cukup tua umurnya.

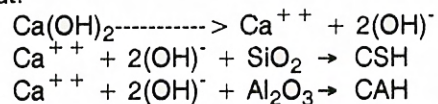
Pusat Penelitian & Pengembangan Jalan pada tahun 1974 pernah melakukan suatu percobaan tiang kapur dengan diameter 20 s/d 35 cm untuk pondasi jalan di lingkungan kampus P3J.

Beberapa literatur yang melakukan suatu *plate loading* pada percobaan pondasi tiang kapur menyatakan bahwa adanya kenaikan daya dukung sampai kurang lebih tiga kali dibandingkan dengan *bearing capacity* tanah asli. Pondasi ini mudah untuk dilaksanakan dengan memakai *dynamic driving machine*, sederhana dan bebas debu serta mengurangi hal-hal yang kurang diperlukan seperti pada pembuatan pondasi tiang beton, misalnya penggunaan bekisting dll.

## MEKANISME DAN PRINSIP STABILISASI DARI PONDASI TIANG KAPUR.

Adanya kontak hidrasi antara ion-ion kapur dengan ion-ion yang dikandung oleh tanah (*ion exchange*), menyebabkan adanya suatu perbaikan tanah yang berada di antara tiang-tiang kapur tersebut. Karena dengan terjadinya suatu *water absorption*, *expansion* dan *calorification* setelah kontaknya kapur dengan tanah tadi maka reaksi kimia yang terjadi menyebabkan tanah diantara/disekitar tiang kapur tersebut berkonsolidasi.

Secara kimia reaksi ion yang terjadi adalah sebagai berikut:



di mana CSH = Calcium Silicate Hydrates

CAH = Calcium Aluminate Hydrates

$\text{SiO}_2$  dan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  merupakan ion-ion pozzolan yang terdapat dalam tanah lembek (*clay*) yang bersangkutan. Tanah di antara tiang kapur yang telah mengalami suatu perbaikan bersama-sama dengan tiang kapurnya itu sendiri merupakan suatu tanah komposit (*composite ground*).



Dengan terjadinya tanah komposit tersebut maka tiang-tiang kapur beserta tanah di sekeliling dan di sekitarnya diasumsikan sebagai suatu blok pondasi (tanah komposit dengan grup tiang-tiang kapur).

Dan dalam hal ini maka bisa diberlakukan konsep Terzaghi pada perhitungan *total ultimate bearing capacity* dari blok pondasi komposit tanah + tiang kapur tersebut.

Ada beberapa rumus yang dapat dipakai dalam perhitungan berdasarkan literatur yang ada yaitu:

1. Perhitungan pemampatan tanah karena adanya tiang kapur (*precompression of soil stabilized by lime pile*).

$$\Delta s = \frac{\Delta e}{1 + e_0} \cdot H_c$$

$\Delta s$  = pemampatan

$$\Delta e = G_s \cdot \frac{\Delta w}{100}$$

di mana

$$\Delta w = w_0 - w'$$

$w_0$  = kadar air tanah asli

$w'$  = kadar air tanah yang berubah karena adanya tiang kapur

$G_s$  = specific gravity tanah asli

$e_0$  = kadar pori tanah asli (*natural void ratio of the soil*)

$H_c$  = panjang tiang kapur

2. Perhitungan kohesi yang terjadi akibat adanya tiang kapur

$$C' = C_0 + \alpha P$$

di mana:

$C'$  = Kohesi yang terjadi akibat adanya tiang kapur

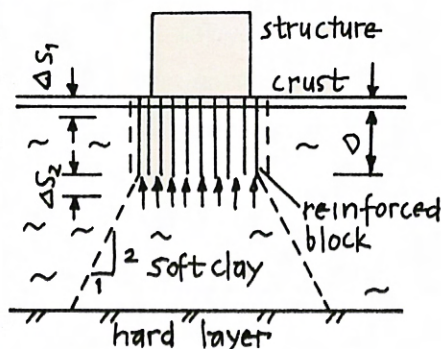
$C_0$  = kohesi tanah asli

$\alpha$  = *Strength increment ratio* 0,1 --- 0,4

$P$  = effective compression stress, yaitu selisih dari  $P'$  (yang didapat dengan  $e'$  tanah setelah perbaikan akibat adanya tiang kapur) terhadap  $P_c$  dari konsolidasi tanah asli.

3. Perhitungan daya dukung tanah

Daya dukung tanah (*bearing capacity of soil*) dihitung berdasarkan gambaran blok pondasi tiang kapur komposit dengan tanah yang berada di antaranya sebagai blok pondasi seperti gambar (1) berikut ini:



Gambar 1. Blok pondasi.

*Ultimate bearing capacity* yang menyebabkan terjadinya keruntuhan lokal sepanjang pinggiran blok tiang kapur sangat tergantung dari *shear strength* rata-rata dari tiang kapur komposit (dengan tanah). (lihat gambar 1 di atas).

*Total bearing capacity* dari grup tiang kapur adalah sebagai berikut:

$$Q_{ult}^{grup} = 2 \cdot C_u \cdot H(B+L) + (6 \div 9) C_u \cdot B \cdot L$$

Di mana:  $B$  = lebar pondasi komposit tiang kapur + tanah

$L$  = panjang pondasi komposit tiang kapur + tanah

$H$  = tinggi pondasi komposit tiang kapur + tanah

$C_u$  = *Undrained shear strength* dari tanah ybs.

6 = faktor koreksi bila  $L \gg B$

9 = faktor koreksi bila pondasi adalah bujur sangkar

Menurut penelitian-penelitian yang pernah dilakukan akan terjadi deformasi sebesar 5% sampai dengan 10% dari luas pembebanan yang dibutuhkan untuk memobilisasi *end bearing resistance*. Karena itu dalam perhitungan perencanaan jangan dipakai 100% *end bearing resistance*.

4. Penurunan

Dalam hal perhitungan penurunan maka penurunan ini dapat dianalisa dengan memperkirakan turunnya suatu bangunan sebagai akibat dari berkonsolidasinya tanah. Secara umum telah diketahui bahwa total penurunan adalah sebagai berikut:

$$S_{tot} = S_i + S$$

$$S_i = \frac{\Delta p \cdot B}{E} (1 - \mu^2) \cdot I_w$$

$\Delta p$  = besarnya tekanan

$B$  = dimensi dari pondasi (yang terkecil)

$E$  = Modulus elastisitas tanah

$I_w$  = faktor bentuk (lihat lampiran)

$\mu$  = *Poisson ratio*, untuk:

lempung jenuh 0,4 - 0,5

lempung tak jenuh 0,1 - 0,3

lanau 0,3 - 0,35

pasir padat 0,2 - 0,4

pasir halus 0,25

lempung kepasiran 0,2 - 0,3

$$S = \frac{C_c \cdot h}{1 + e_0} \log \frac{p + \Delta p}{p}$$

atau  $S = m_v \cdot h \cdot \Delta p$

$h$  = lapisan tanah yang berada di bawah pondasi

$C_c$  = 0,009 (LL-10%) menurut Terzaghi

$e_0$  = kadar pori

$p$  = beban luar

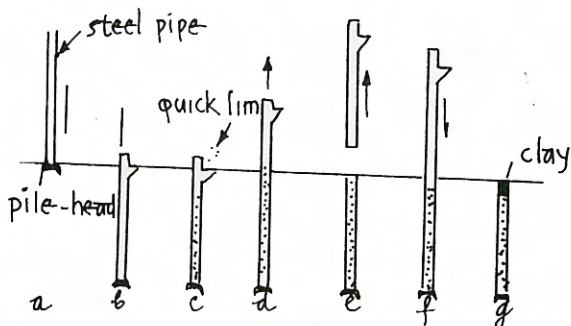
$\Delta p$  = tekanan tambahan



## PELAKSANAAN

Pelaksanaan pembuatan tiang kapur di lapangan bisa dilakukan dengan mesin, misalnya dengan mesin DY-20Y (dynamic driving machine).

Pelaksanaan dapat dikatakan cukup sederhana dan bebas debu seperti dalam gambar 2 di bawah ini:

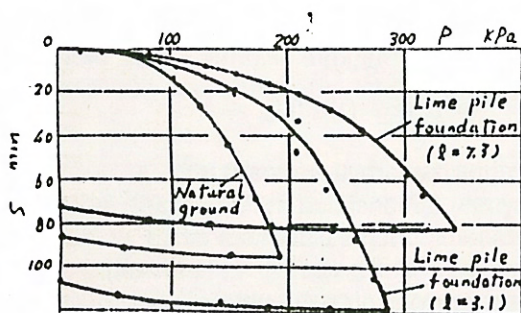


Gambar 2. Pelaksanaan pembuatan tiang kapur.

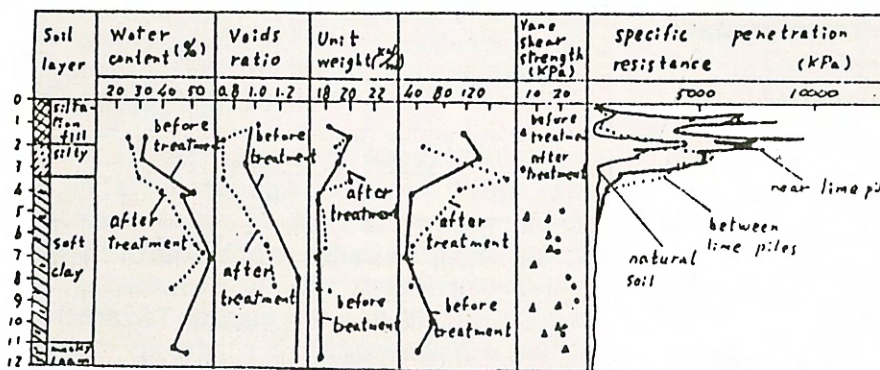
## CONTOH TES LAPANGAN

Suatu tes lapangan telah dilakukan oleh Wang Wei Tang (China) pada tahun 1986. Hasil dari tes menunjukkan bahwa semakin panjang tiang yang tertanam semakin meningkat perbaikan sifat-sifat tanah yang terjadi, atau dengan kata lain perbaikan sifat-sifat tanah terjadi tergantung dari banyaknya kapur yang dipergunakan untuk bahan perbaikan tersebut.

Untuk jelasnya lihat gambar (3) dan (4) berikut ini:



Gambar 3. Tes konsolidasi.



Gambar 4. Perbaikan sifat-sifat karakteristik tanah yang terjadi

## PENUTUP

1. Kapur sebagai stabilisator pada perbaikan sifat-sifat tanah (lempung) pada pelaksanaannya dapat dilakukan dengan berbagai cara (yaitu di-sebar, diaduk atau dibuat tiang-tiang kapur) tergantung dari situasi dan kondisi yang diperlukan.
2. Jika dibandingkan dengan tiang pancang beton umpamanya, maka tiang kapur ini bisa mereduksi biaya.
3. Tiang kapur hanya bisa dilakukan pada daerah yang stabil atau jauh dari daerah jalur gempa dan dislokasi tanah karena mudah patah.

## DAFTAR PUSTAKA

1. WANG WEI TANG, "Application of the quicklime pile in China" Seminar on Soft Clay Foundation in Philippine 1987.
2. BROM S,B "Stabilization of soil with lime columns" Design Hand book 1984.
3. INGLES & J.B.METCALF. "Soil Stabilization".

## LAMPIRAN:

### FAKTOR PENGARUH UNTUK BERBAGAI MACAM PONDASI

| Bentuk Pondasi | Pondasi Fleksibel |       |           | Pondasi Rigid |
|----------------|-------------------|-------|-----------|---------------|
|                | Pusat             | Sudut | Rata-rata |               |
| Bujur Sangkar  | 1,12              | 0,56  | 0,95      | 0,82          |
| Bulat          | 1,0               | 0,64  | 0,85      | 0,88          |
| Persegi L/B =  |                   |       |           |               |
| 1,5            | 1,36              | 0,68  | 1,20      | 1,06          |
| 2,0            | 1,53              | 0,77  | 1,31      | 1,20          |
| 5,0            | 2,10              | 1,05  | 1,83      | 1,70          |
| 10,0           | 2,52              | 1,26  | 2,25      | 2,20          |
| 100,0          | 3,38              | 1,69  | 2,96      | 3,40          |

### Penulis :

Ir. Hermin Tjahyati MSc, staf Balai Penyelidikan Tanah Untuk Jalan. Lulus Jurusan Sipil ITB 1976 dan Pasca Sarjana Jalan Raya ITB-VCL 1986. Bekerja di Ditjen Bina Marga 1976-1979. Sejak 1979 bekerja di Pusat Litbang Jalan, dan aktif melakukan studi dalam bidang Geoteknik.