



# BEBERAPA ALTERNATIF PERBAIKAN LEMPUNG LUNAK SEBAGAI TANAH DASAR BADAN JALAN

Hermin Tjahyati

## Ringkasan

Perbaikan daya dukung tanah terutama pada tanah lempung yang lunak adalah masalah yang sering dihadapi pada pembangunan jalan raya yang harus melewati daerah tersebut. Beberapa metode perbaikan tanah antara lain dengan mengganti sebagian lapisan tanah lunak dengan pasir, metode lime column ataupun dengan vertical drain pernah di perhitungkan pada pembangunan jalan Surabaya - Gresik tahun 1985. Metode di atas bertujuan meningkatkan daya dukung tanah, kecuali vertical drain yang tujuannya adalah untuk mempercepat penurunan (proses konsolidasi). Faktor biaya yang cukup mahal hanya akan efektif bila dikaitkan dengan volume pekerjaan yang cukup besar.

## Summary

Soil improvement of poor ground condition especially in soft claysoils in a problem that usually occurs at various locations of road construction. Several methods and design principles for soil improvement are discussed in this paper :

- Remove the site material and replace with a superior material (sand).
- Lime Column.
- Vertical Drain.

The expensive cost factor will be effective, if only we relate the treatment with a large amount of works.

## I. PENDAHULUAN

Pembangunan jalan raya yang trasenya melalui lempung lunak atau sebangsanya yang daya dukung-nya sangat rendah, akan menimbulkan masalah penurunan badan jalan karena kurang mampunya tanah dasar tersebut dalam mendukung berat timbunan di atasnya.

Untuk mengatasi hal ini sering dibuat beberapa alternatif perbaikan tanah (soil improvement) misalnya dengan : stone column, lime column ataupun dengan geo-drain (vertical drain). Alternatif-alternatif ini dipilih berdasarkan kemudahan teknik pelaksanaan dan biaya.

Soil improvement dengan mempergunakan stone column atau lime column maupun dengan vertical drain, harus mempergunakan alat- alat yang khusus di mana pada saat ini masih termasuk agak langka dan pelaksanaannya cukup mahal, apalagi bila volume pekerjaan hanya kecil saja maka melaksanakan pekerjaan dengan cara tersebut akan tidak

ekonomis.

Untuk pekerjaan yang tidak besar dapat juga dilakukan dengan mengganti sebagian tanah dasar dengan suatu lapisan pasir setebal yang diperlukan. Dalam tulisan ini penulis bermaksud menampilkan kembali alternatif-alternatif perbaikan lapisan lempung lunak yang pernah dipermasalahkan pada proyek Pembangunan Jalan Surabaya - Gresik pada tahun 1985.

## II. BEBERAPA METODA UNTUK PERBAIKAN TANAH LUNAK.

### 1. Teori daya dukung tanah

Perhitungan tinggi timbunan didasarkan pada daya dukung tanah dasar. Metode perhitungan tinggi timbunan adalah dengan membuat keseimbangan tegangan tanah, di mana tegangan tanah menurut Terzaghi adalah :

$\tau = C.Nc + \gamma.Df.Nq + 1/2\gamma .b.N\gamma$   
 $\tau$  = daya dukung maksimum  
 C = kohesi tanah  
 Df = kedalaman yang ditinjau  
 b = lebar bidang kontak  
 Nq, Nc, N $\gamma$  = koefisien daya dukung tanah yang besarnya tergantung pada sudut geser dalam  $\phi$ .

Jika tinggi timbunan direncanakan H dari permukaan tanah dasar dengan berat isi tanah timbunan adalah  $\gamma_t$ , maka akan terjadi tekanan pada tanah dasar sebesar :  $p = H.\gamma_t$

Kestabilan pada tanah dasar akan dicapai bila yang terjadi adalah keseimbangan tegangan tanah sebagai berikut :  $p \leq \tau$

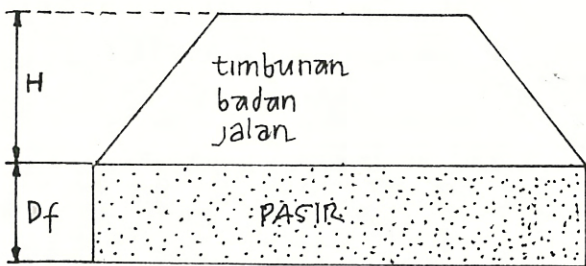
atau dapat dituliskan  
 $H.\gamma_t \leq C.Nc + \gamma.Df.Nq + 1/2\gamma .b.N\gamma$

Tinggi timbunan yang diizinkan adalah :

$$H \leq \frac{C.Nc + \gamma.Df.Nq + 1/2\gamma .b.N\gamma}{\gamma_t}$$

**2. Alternatif dengan mengganti lapisan tanah dasar/sebagian tanah dasar dengan lapisan pasir.**

Metoda ini adalah suatu cara yang cukup murah dan mudah pelaksanaannya terutama untuk volume pekerjaan yang tidak besar. Tanah dasar sedalam D meter digali dan diganti dengan material yang lebih baik atau sering dipakai untuk hal ini adalah pasir.



$$H_{kritis} = \frac{C.Nc}{\gamma_t}$$

dimana :  
 C = kohesi tanah dasar  
 NC = koefisien daya dukung  
 $\gamma_t$  = berat isi tanah timbunan

H<sub>kritis</sub> adalah H yang dipakai/diijinkan dari tanah timbunan badan jalan yang berada di atas lapisan tanah dasar yang telah diperbaiki.

**3. Alternatif pemasangan geo-drain/vertical drain**

Dengan cara ini berarti kita berusaha mempercepat penurunan atau konsolidasi tanah dengan memasang vertical drain, diusahakan sedemikian rupa sehingga pada waktu membangun konstruksi jalan di atasnya penurunan sudah selesai atau walaupun terjadi penurunan maka masih dalam batas toleransi.

Perencanaan pemasangan vertical drain didekati dengan perhitungan sebagai berikut :

$$U_h = 1 - e^{-8Th/v}$$

$$t = (D^2.v / 8C_h) . 1n (1/1-U_h)$$

dimana :

$U_h$  = derajat konsolidasi akibat pengaruh vertical drain  
 $= (n^2/n^2-1) [1n(n) - 3/4 + (1/n^2)(1-1/4n)]$   
 $= (n^2/n^2-1) [1n(n) - 0,75 + (1/n^2)]$

$$Th = C_h.t/D^2$$

$$C_h = (K_h.M)/(g.\gamma_w)$$

t = time of consolidation

$C_h$  = koefisien konsolidasi dalam arah horisontal

D = diameter of derivated soil cylinder =  
 (1.05 ~ 1.13) x jarak antara dua buah vertical drain

$K_h$  = koefisien permeabilitas dalam arah horisontal

$$M = 1/mv$$

g = gaya gravitasi

n = D/d dimana d = diameter vertical drain

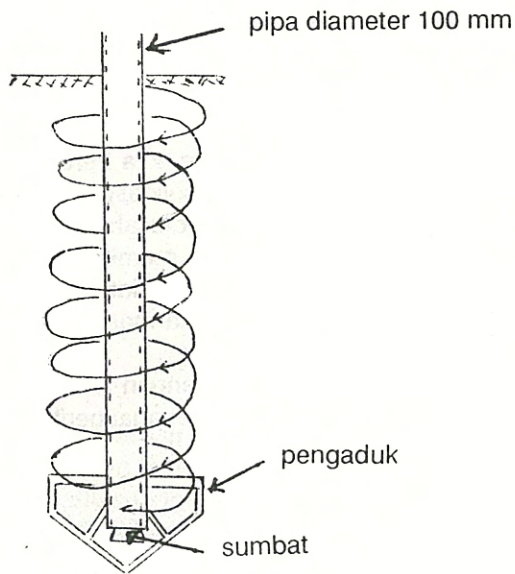
$$\gamma_w = 1$$

**4. Alternatif dengan pemasangan lime column**

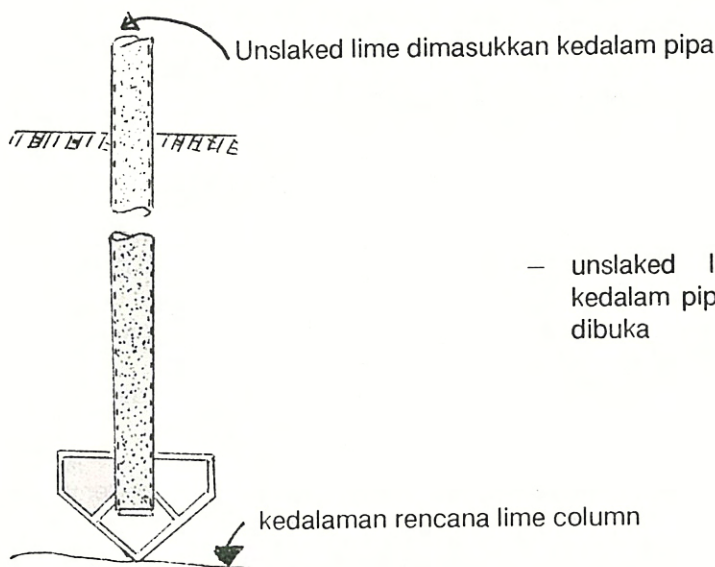
Lime column adalah tiang-tiang kapur yang dibuat sampai kedalaman tertentu. Pembuatannya meliputi pengeboran dan pengambilan contoh tanah asli untuk percobaan pendahuluan di laboratorium. Dalam tulisan ini di laboratorium dibuat campuran kapur dengan tanah di mana kapur yang dicampurkan adalah sebesar 8%. Kapur yang dipakai yaitu unslaked lime, dicampurkan merata pada tanah dan dicetak.

Pada umur tertentu nilai unconfined compressive strengthnya dites. Dengan demikian kenaikan kekuatan tanah akibat kapur pada tanah tersebut dapat diketahui. Di lapangan dilaksanakan pembuatan lime column seperti gambar berikut ini :

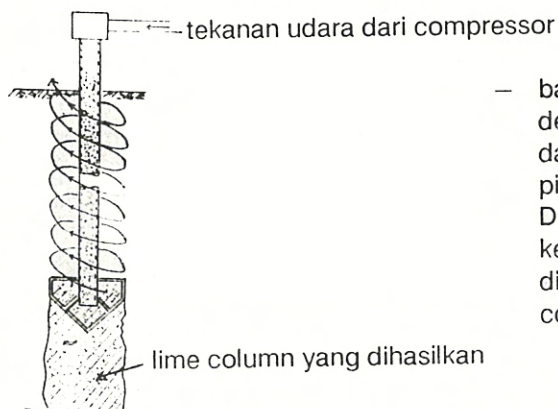
## PROSES PEMBUATAN LIME COLUMN



- pipa berdiameter 100 mm dengan sumbat diujung bawahnya diputar masuk kedalam tanah sampai mencapai kedalaman lime column yang direncanakan.



- unslaked lime kemudian dituang masuk kedalam pipa dan sumbat diujung bawah pipa dibuka



- bagian atas dari pipa kemudian dihubungkan dengan compressor sehingga unslaked lime dalam pipa akan keluar melalui ujung bawah pipa. Dengan memutar pipa, unslaked lime yang keluar akan bercampur dengan tanah lempung disekitarnya secara merata sehingga lime column terbentuk.

### III. DATA DAN PERENCANAAN

#### 1. Merencanakan tinggi timbunan badan jalan.

Sebagai contoh dalam pembahasan ini diambil data-data dari jalan Surabaya - Gresik yang dibangun pada tahun 1985 sebagai berikut:

Data parameter tanah dasar:

Tanah lempung lembek dengan  $\phi = 0$

$$q_u = 1,76 \text{ t/m}^2$$

$$C = 0,88 \text{ t/m}^2$$

$$q_c \text{ (sondir)} = 10 \text{ t/m}^2$$

$$C_v = 3 \cdot 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{dt}$$

$$N_q = 1; N_\gamma = 0; N_c = 4$$

Dari data laboratorium dapat dihitung tinggi timbunan tanpa perbaikan tanah dasar sebagai berikut:

$$H \leq (C \cdot N_c) / \gamma_t \rightarrow \text{jika tanah timbunan adalah sirtu dengan } \gamma_t = 2 \text{ t/m}^3$$

$$\text{maka: } H \leq (0,88 \times 4) / 2$$

$$H \leq 1,76 \text{ meter}$$

Dihitung dari data sondir:

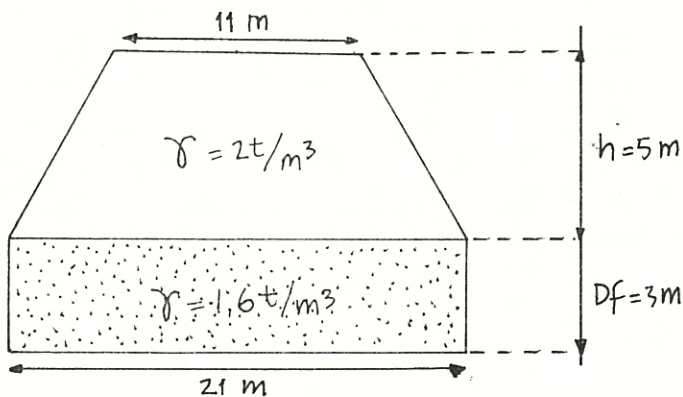
$$q_c = 10 \text{ t/m}^2 \alpha \text{ lempung} = 0,066$$

$$C = \alpha q_c = 0,066 \times 10 = 0,66 \text{ t/m}^2$$

$$H \leq (C \cdot N_c) / \gamma_t$$

$$H \leq (0,66 \times 4) / 2 \rightarrow H 1,32 \text{ meter}$$

#### 2. Alternatif mengganti lapisan tanah dasar dengan pasir



Misal lebar bidang kontak dengan timbunan  $b = 21$  meter.

Rencana tinggi timbunan  $h = 5$  meter

Tebal lapisan pengganti  $D_f = 3$  meter

Lebar atas timbunan = 11 meter

Maka:

$$H_{\text{kritis}} = (c \cdot N_c) / \gamma_t$$

$$\gamma_t \text{ rata-rata} = (63 \times 1,6) + (80 \times 2) / (80 + 63)$$

$$= 1,82 \text{ t/m}^3$$

$$N_c = 5,1; C = 0,88$$

$$H_{\text{kritis}} = (0,88 \times 5,1) / 1,82 = 2,46 \text{ meter.}$$

#### 3. Alternatif dengan Geodrain

Pada perencanaan geodrain ini diasumsikan tanah isotropis, jadi

$$C_v = C_h = 3 \cdot 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{dt} = 9,46 \text{ m}^2/\text{thn}$$

Geodrain direncanakan sedalam 20 meter

Misalkan diambil jarak antara geodrain adalah 1,8 meter, maka  $D$  dapat dihitung,

$$D = 1,13 \times 1,8 = 2,034 \times 1,8 \text{ mtr, untuk } U_h = 90\%$$

$$d = 6,6 \text{ cm (vertical drain)}$$

$$n = D/d = 2,034 / 0,066 = 30,82$$

$$= (30,82)^2 / (30,82)^2 - 1 (1n(30,82) - 0,75 + 1/30,82)$$

$$= 2544,9 / 948,87 = 2,682$$

$$t = (2,034)^2 \times 2,682 / 8 \times 9,46 (1n 1/10,10)$$

$$= 0,3375 \text{ thn} = 123 \text{ hari}$$

Dengan spacing antara geodrain 1,8 meter, konsolidasi 90% akan dicapai dalam waktu 123 hari.

#### 4. Alternatif dengan Lime Column.

Dalam pembahasan ini data-data dapat diperoleh dari laporan proyek pembangunan jalan Surabaya - Gresik.

Campuran kapur dan tanah di laboratorium menghasilkan harga  $q_u$  sebesar  $3,30 \text{ kg/cm}^2$  pada umur 13 hari, sedangkan  $q_u$  asli adalah  $1,76 \text{ kg/cm}^2$ . Untuk pekerjaan lapangan didapat hasil penyelidikan yang dilakukan dengan Vane Shear tes yaitu besarnya undrained shear strength yang meningkat dari  $0,137 \text{ kg/cm}^2$  menjadi  $0,302 \text{ kg/cm}^2$  dalam waktu 13 hari.

Peningkatan kekuatan tanah di lapangan ternyata tidak sebesar peningkatan kekuatan tanah di laboratorium disebabkan oleh adanya kemungkinan ketidak homogenan pada waktu pembuatan. Selain itu faktor kelambatan distribusi kapur dalam tanah mungkin juga dalam hal ini akan memperlambat reaksi kimia yang terjadi dalam tanah.

### IV. PEMBAHASAN

1. Perbaikan tanah dengan mengganti lapisan tanah dengan pasir mencapai  $H_{\text{kritis}}$  sebesar 2,46 meter. Sedangkan bila tanpa perbaikan  $H$  timbunan yang dapat dibuat adalah 1,32 meter. Jika

merencanakan timbunan sebesar 5 meter maka sebaiknya dicari alternatif lain yang memungkinkan. Selain itu perlu juga pengontrolan kestabilan lereng dengan metoda yang sesuai.

2. Geodrain dapat mempercepat proses penurunan tanah sehingga bila tanah dasar sudah selesai berkonsolidasi diharapkan penurunan sudah selesai. Penurunan yang timbul selanjutnya pada waktu selesai pelaksanaan konstruksi jalan diharapkan merata dan masih dalam batas toleransi.

Dalam hal ini geodrain tidak berfungsi sebagai penguat daya dukung tanah tetapi membantu mempercepat konsolidasi tanah menjadi lebih cepat yaitu 123 hari dengan pemasangan geodrain berjarak 1,8 meter dimana pada waktu tersebut konsolidasi 90% telah tercapai. Selain itu berfungsinya geodrain selama konsolidasi harus dimonitor untuk mendapatkan hasil kerja yang efektif.

3. Kapur dapat memperbaiki sifat-sifat tanah lempung hal ini dapat terlihat dari hasil percobaan laboratorium dan pelaksanaan lapangan di mana kekuatan tanah asli meningkat setelah diberi campuran kapur. Pemberian kapur di laboratorium sebesar 8 % pada tanah lempung memperbaiki kekuatan tanah dari  $0,176 \text{ kg/mm}^2$  menjadi  $3,3 \text{ kg/cm}^2$ . Peningkatan ini sangat besar dibandingkan dengan hasil di lapangan pada lokasi lime column yang hanya meningkat 150% dari tanah asli. Untuk pekerjaan lapangan harus banyak faktor-faktor yang diperhatikan seperti : jenis unslaked lime harus yang betul-betul masih baik, pekerjaan harus dilakukan dengan tenaga berpengalaman supaya pencampuran merata. Selain itu distribusi kapur ke tanah yang terdapat disekelilingnya tidak cepat sehingga membutuhkan waktu yang cukup lama untuk menghasilkan daya dukung tanah yang lebih baik. Ini dapat terlihat dari hasil peningkatan kekuatan pada hasil lime column pada umur 13 hari adalah dari  $0,14 \text{ kg/cm}^2$  menjadi  $0,33 \text{ kg/cm}^2$  sedangkan pada daerah sejarak 0,90 meter dari lime column peningkatan hanya mencapai  $0,22 \text{ kg/cm}^2$ .

## V. KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

1. Dengan memperbaiki kondisi tanah dasar tinggi timbunan dapat dibuat lebih tinggi dari tinggi yang diijinkan semula. Perbaikan tanah dasar dapat dengan berbagai cara disesuaikan kondisi yang paling memungkinkan.
2. Mengganti lapisan tanah dasar dengan pasir dapat dilaksanakan dengan mudah terutama untuk volume yang tidak besar. Tinggi rencana harus diperhitungkan kembali dengan mengeceknya terhadap tinggi timbunan kritis yang terjadi.
3. Geodrain bukan untuk menaikkan daya dukung tetapi untuk mempercepat proses konsolidasi dan penurunan tanah. Jarak antara geodrain mempengaruhi lamanya proses konsolidasi tanah mencapai derajat konsolidasi 90%.
4. Kapur dapat memperbaiki sifat-sifat lempung menjadi lebih baik. Perbedaan efektifitas kapur di laboratorium dan di lapangan membutuhkan penyelidikan yang lebih lama.
5. Diperlukan pengontrolan kestabilan lereng tanah timbunan badan jalan pada perencanaan.

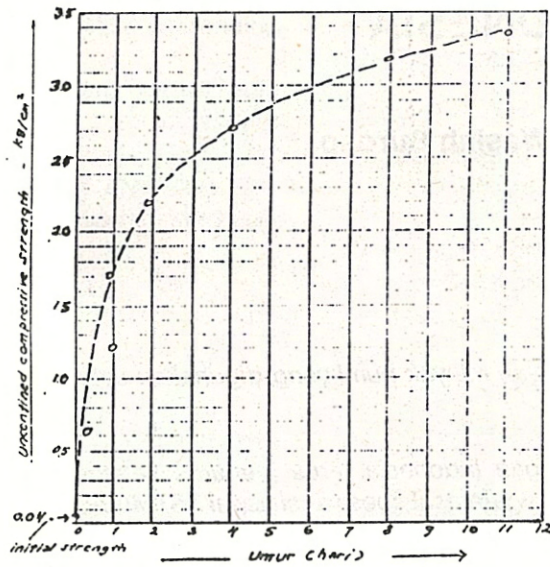
## VI. PUSTAKA

1. Soil Mechanics, R.F. C RAIG 1974
2. Laporan Proyek Pembangunan Jalan Surabaya - Gresik, Departemen Pekerjaan Umum 1985.
3. Pondasi Tiang Kapur, Hermin - Jurnal Pusat Litbang Jalan Februari 1989.

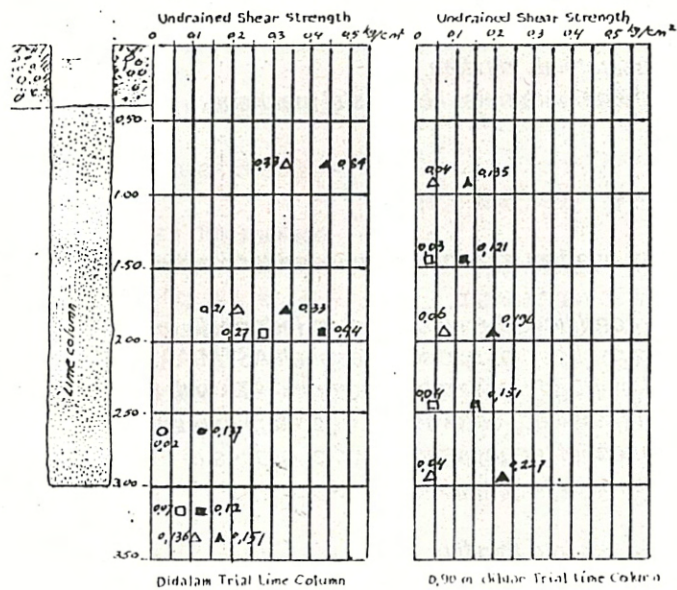
*Penulis :*

*Ir. Hermin Tjahyati, MSc. Staf Balai Penyelidikan Tanah Untuk Jalan. Lulus jurusan Teknik Sipil ITB tahun 1976 dan Pasca Sarjana Jalan Raya ITB - VCL tahun 1986.*

*Bekerja di Ditjen Bina Marga tahun 1976 - 1979 sejak tahun 1979 bekerja di Pusat Litbang Jalan dan aktif melakukan study dalam bidang Geo Teknik.*



KENAIKAN NILAI UNCONFINED COMPRESSIVE STRENGTH YANG DIDAPAT DARI CALIBRATED POCKET PENETROMETER AKIBAT PENGATUH UNSLAKED LIME



KENAIKAN UNDRAINED SHEAR STRENGTH DENGAN WAKTU AKIBAT LIME COLUMN

KETERANGAN TANDA 2 ©

	umur Undisturbed	Remolded
Sebelum lime column	○	○
6 hari	□	□
13 hari	△	△