

STUDI PENYELESAIAN NUMERIK DENGAN BANTUAN PROGRAM GUI MATLAB KONSOLIDASI TANAH LUNAK MENGGUNAKAN VERTIKAL SAND DRAIN

Oleh

Ir. Pujo Priyono, MT

Arief Alihudien, ST

ABSTRAK

Salah satu permasalahan di bidang teknik tanah adalah konsolidasi tanah lunak/Lempung. Pada hakekatnya konsolidasi tanah lempung adalah proses keluarnya air pori dari dalam tanah. Tanah lunak/lempung memiliki koefisien rembesan yang sangat kecil dibandingkan pada tanah pasir. Dengan koefisien rembesan yang sangat kecil tersebut mengakibatkan air keluar dari pori pori tanah berjalan sangat lambat, yang mengakibatkan pemampatan / konsolidasi tanah lempung berlangsung cukup lama. Melihat permasalahan ini banyak metode yang dapat dipakai untuk mengatasi, salah satunya adalah metode Vertikal sand drain yaitu kombinasi pemasangan beberapa sumur pasir didalam lapisan lempung dan pembebanan awal, hal ini dilaksanakan dalam rangka memperpendek jalannya air pori yang keluar sehingga konsolidasi akan berlangsung lebih cepat. Ada hal yang menarik dari metode Vertikal sand drain ini adalah prediksi kapan tanah akan selesai mengalami konsolidasi. Dalam studi ini peneliti akan memberikan alternatif predeksi waktu konsolidasi menggunakan GUI MATLAB.

Kata Kunci : Vertikal Sand Drain, GUI MATLAB

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Permasalahan

Salah satu metode perbaikan tanah lunak/lempung adalah menggunakan metode Vertikal sand drain atau drainase pasir. Dalam metode ini tanah diadakan pembebanan awal (Pre loading) kemudian memanfaatkan pasir yang dipasang dengan bentuk sumuran untuk mempercepat konsolidasi. Dalam hal ini sangatlah dibutuhkan penyederhanaan perhitungan yang praktis dan tepat diantaranya dengan memanfaatkan software computer yang sudah ada diantaranya MAT LAB.

B. Maksud dan Tujuan

Maksud dan tujuan studi ini adalah membuat penyelesaian matematika yang efektif dan efisien terhadap model matematika pada persoalan konsolidasi tanah menggunakan Vertikal sand drain.

C. Batasan Masalah

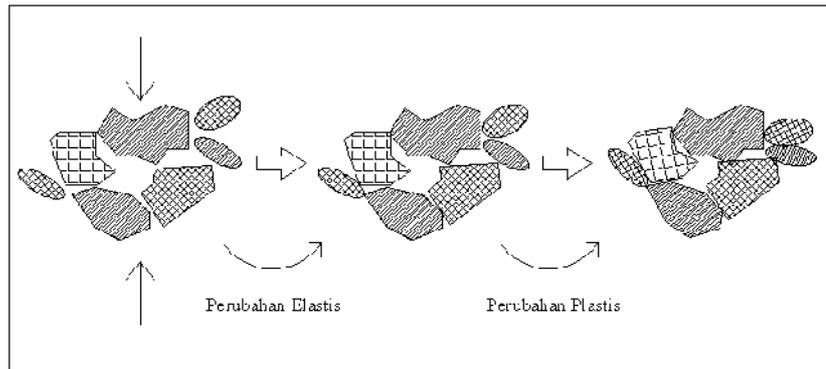
Batasan masalah dalam studi ini adalah membuat penyelesaian secara numeric dengan bantuan computer software GUI MATHLAB terhadap persoalan matematika konsolidasi menggunakan Vertikal sand drain.

TINJAUAN PUSTAKA

A. Teori Konsolidasi

Tanah mempunyai sifat kemampatan yang besar jika dibandingkan bahan konstruksi lainnya seperti baja atau beton. Baja dan beton adalah bahan yang tidak mempunyai pori, itulah sebabnya volume pemampatan pada baja dan beton relative kecil, sehingga dalam keadaan tegangan biasa baja dan beton tidak mempunyai masalah. Sebaliknya karena tanah mempunyai pori yang besar maka pembebanan biasa akan mengakibatkan deformasi tanah yang sangat besar. Hal ini akan mengakibatkan penurunan pondasi yang akan merusak konstruksi.

Mengingat kemampuan butir-butir tanah atau air itu secara teknik sangat kecil sehingga dapat diabaikan, maka proses penurunan tanah akibat beban luar sebagai suatu gejala penyusutan air pori. Gambar 2.1 menunjukkan, bahwa akibat dari beban yang bekerja pada tanah, susunan butiran tanah berubah atau struktur butiran tanah berubah sehingga angka perbandingan pori (void ratio) menjadi kecil, yang mengakibatkan penurunan tanah.



Gambar 2.1 Perubahan dalam struktur butiran

Menurut Terzaghi proses konsolidasi tanah lempung adalah sebagai berikut:

$$\delta u / \delta t = k / (m_v \gamma_w) \delta^2 u / \delta z^2 \quad (1.1)$$

$$\delta u / \delta t = C_v \delta^2 u / \delta z^2 \quad (1.2)$$

Dimana $C_v = k / (m_v \gamma_w)$

Persamaan 1.2 adalah persamaan konsolidasi satu dimensi yang ditemukan Terzaghi. Dengan menggunakan persamaan ini pengurangan tekanan air pori u dalam lapisan Tanah Lunak, penambahan tekanan efektif yang menyertainya dan waktu proses perubahan volume karena tekanan air pori dapat dihitung.

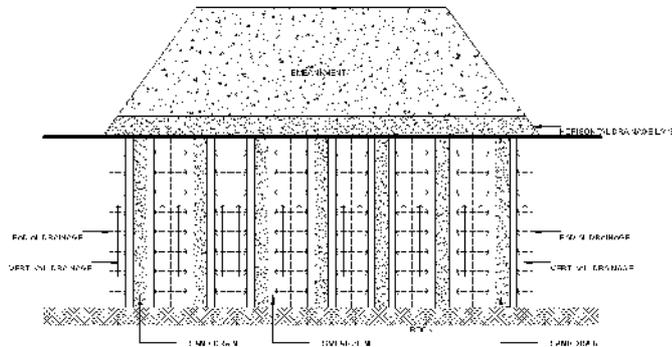
B. Teori Konsolidasi Dengan Vertikal Sand drain

Umumnya waktu yang dibutuhkan dalam konsolidasi biasa (tanpa Vertikal sand drain) pada tanah kohesif, membutuhkan waktu yang lama. Peristiwa ini terjadi karena tanah kohesif koefisien permeabilitasnya kecil.

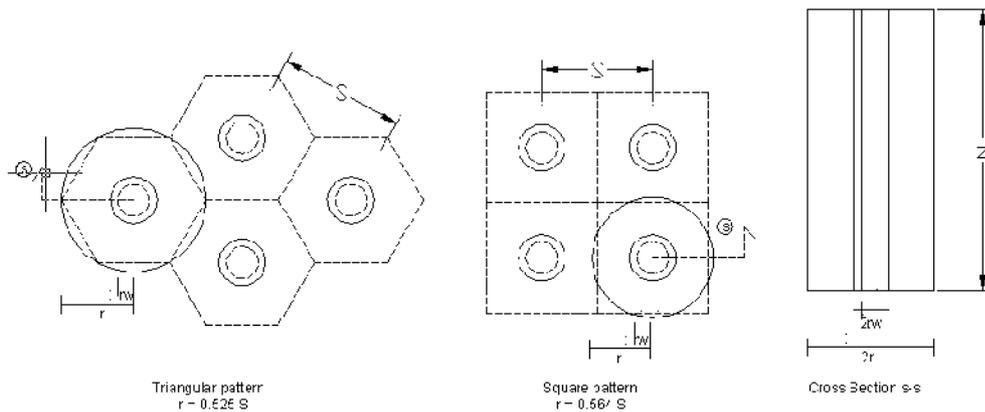
Hal tersebut mengakibatkan pekerjaan konstruksi relative lama untuk memulainya. Hal demikian mendorong para insinyur sipil memikirkan metode untuk mengatasi hal tersebut.

Salah satu metode yang dipakai untuk mengatasi permasalahan lamanya umur konsolidasi tanah tersebut adalah memakai metode Vertikal sand drain.. Pada metode ini tanah dasar sebuah konstruksi dipasang beberapa sumuran (kolom) yang berisi dengan pasir. Pada gambar 2.2. dapat dilihat embankment dengan Vertikal sand drain jarak drainase vertikalnya sama dengan setengah jarak antara sumuran / kolom Vertikal sand drain. Selain itu juga disebabkan pasir memiliki koefisien Permeabilitas tinggi, sehingga air cepat mengalir.

Metode Vertikal sand drain ini dalam pelaksanaannya sering diterapkan bersama sama dengan metode pembebanan awal atau Pre loading, dimana tanah didasar pondasi/konstruksi diberi penimbunan beban yang sama besarnya beban konstruksi yang akan dilaksanakan.



Gambar 2.2. Pemakaian Vertikal Sand drain pada dasar Embankment



Gambar 2.3. General Lay out of vertical sand drain

Dalam penyelesaiannya metode Vertikal sand drain ini dipakai model matematika Penyelesaian Konsolidasi Dua dimensi sebagai berikut (sumber Soil mechanics oleh R F Craig) :

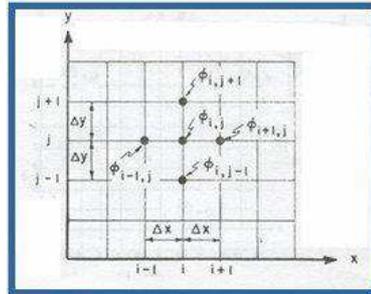
$$\delta u / \delta t = C_h (\delta^2 u / \delta r^2 + 1/r \cdot \delta u / \delta r) + C_v \delta^2 u / \delta z^2 \quad (1.8)$$

Dimana

- u = excess pore water pressure
- r. = radial distance measured from center of drain well
- Ch = koefisien konsolidasi radial
- Cv = koefisien konsolidasi vertikal

C. Teori Finite Difference Untuk Menyelesaikan Persamaan Defferensial Partial.

Dalam penyelesaian persamaan deferensial partial $\phi=f(x,y)$ dapat dibuat jaringan Δx dan Δy sebagai mana yang terlihat dalam gambar 2.5. Untuk itu juga perlu dibuat indek pada x dan y.



Gambar 2.4. Jaring Δx dan Δy

Bila menggunakan central defference maka persamaan deferensial parsial $\phi=f(x,y)$ dapat diselesaikan dengan persamaan dibawah ini.

$$\left(\frac{\partial \phi}{\partial x}\right)_{i,j} = \frac{\phi_{i+1,j} - \phi_{i-1,j}}{2(\Delta x)}$$

$$\left(\frac{\partial \phi}{\partial y}\right)_{i,j} = \frac{\phi_{i,j+1} - \phi_{i,j-1}}{2(\Delta y)}$$

$$\left(\frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2}\right)_{i,j} = \frac{\phi_{i+1,j} - 2\phi_{i,j} + \phi_{i-1,j}}{(\Delta x)^2}$$

$$\left(\frac{\partial^2 \phi}{\partial y^2}\right)_{i,j} = \frac{\phi_{i,j+1} - 2\phi_{i,j} + \phi_{i,j-1}}{(\Delta y)^2}$$

METODELOGI STUDI

A. Metodologi Studi

Studi tentang penyelesaian numeric persamaan deferensial pada permasalahan konsolidasi menggunakan vertical sand drain adalah persamaan PD yang ada diselesaikan dengan finite Defference. Selanjutnya dari persamaan finite defference yang ada di jalan kan untuk beberapa t. Kemudian persamaan tersebut diselesaikan dengan bantuan program GUI MATH LAB.

HASIL STUDI DAN PEMBAHASAN

Penyelesaian dari konsolidasi menggunakan vertical sand drain dapat dilakukan sebagai berikut :

Adapun persamaan deferensial parsial yang dimaksud adalah :

$$\delta u / \delta t = C_h (\delta^2 u / \delta r^2 + 1/r \cdot \delta u / \delta r) + C_v \delta^2 u / \delta z^2$$

Dalam penyelesaian persamaan diatas nilai $(C_v \delta^2 u / \delta z^2)$ diabaikan hal ini untuk menyederhakan perhitungan, sehingga persamaan diatas menjadi

$$\delta u / \delta t = C_h (\delta^2 u / \delta r^2 + 1/r \cdot \delta u / \delta r)$$

Batasan batasan persamaan diatas adalah nilai tekanan air pori pada awal pembebanan diambil sama dengan Beban awal yang diberikan, sedangkan tekanan air pori pada kolom vertical sand drain baik ditepi atau ditengah selalu 0.

Berangkat dari u_r , t_r , r_R tentang referensi akses tekanan air pori, waktu, dan radial distance, maka nilai nilai tersebut dapat direpresentasikan dalam bentuk nilai non dimensi sebagai berikut :

Non dimensi akses tekanan air pori $'u = u / u_r$ 4.1

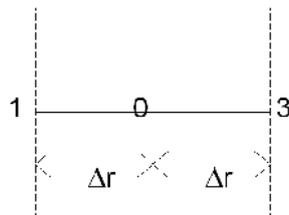
Non dimensi time $'t = t / t_r$ 4.2

Non dimensi radial distance $'r = r / r_R$ 4.3

Bila disubsitusikan 4.1,4.2,4.3 ke persamaan konsolidasi radial didapat :

$$1 / t_r \delta u' / \delta t = C_v r / r_R^2 (\delta^2 u' / \delta r' + 1 / r' \cdot \delta u' / \delta r') \dots\dots\dots 4.4$$

Sesuai dengan persamaan finite diferensial didapat



Gambar 4.1. Kisi kisi finite diferensial pada Persamaan Deferensial Vertikal Sand Drain

$$\delta u' / \delta r' = 1 / (\Delta r) (u_{0,t+\Delta t} - u_{0,t}) \dots\dots\dots 4.5$$

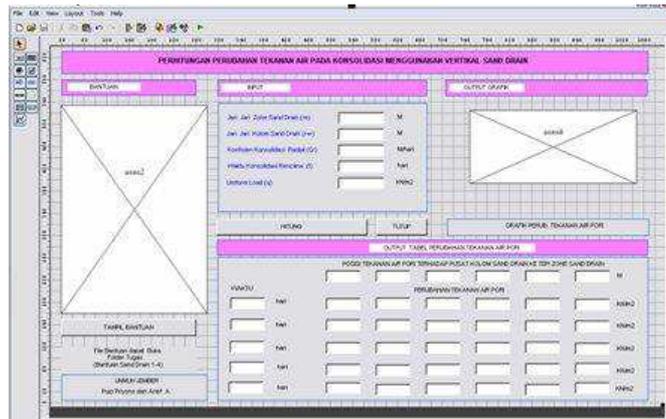
$$\delta^2 u' / \delta r'^2 = 1 / (\Delta r)^2 \{ u_{1,t} + u_{3,t} - 2u_{0,t} \} \dots\dots\dots 4.6$$

$$1 / r' \cdot \delta u' / \delta r' = 1 / r' (u_{3,t} - u_{1,t}) \dots\dots\dots 4.7$$

Bila disubsitusikan 4.5,4.6,4.7 ke persamaan 4.4 didapat :

$$u_{0,t+\Delta t} = (\Delta t) / (\Delta r)^2 \{ u_{1,t} + u_{3,t} + (u_{3,t} - u_{1,t}) / (2(r / \Delta r)) - 2 u_{0,t} \} + u_{0,t}$$

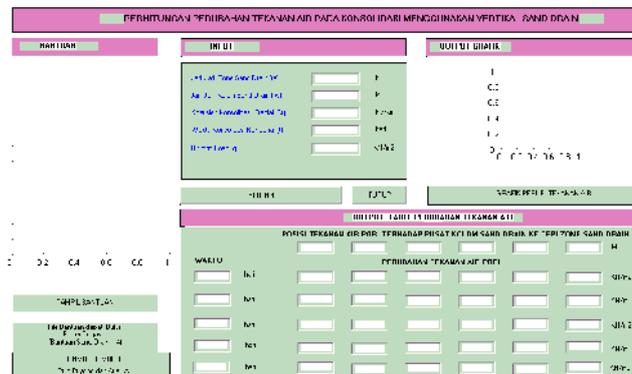
Selanjutnya diprogram menggunakan gui matlab. Sedang figure dapat dilihat dalam gambar 4.2.



Gambar 4.2. Figure gui matlab hasil pemrograman

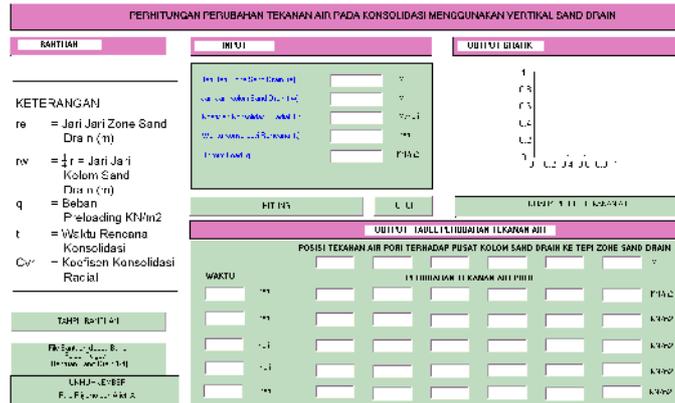
Untuk operasional dapat diikuti dalam contoh persoalan 4.1 dibawah ini.

Contoh Persoalan 4.1. Sebuah tanah lempung yang akan diselesaikan pemampatannya menggunakan Vertikal sand drain dengan $r_w = 1.25$ m dan $r_e = 5$ m dan Koefisien konsolidasi $C_{vr} = 0.05$ m²/dt. Sebuah beban merata bekerja pada permukaan tanah sebesar 1000 KN/m². bagaimana tegangan air pori tanah selama 30 hari. Tentukan Distribusi tegangan air pori pada umur tersebut diatas. Setelah program di run akan didapat tampilan awal seperti gambar 4.3.



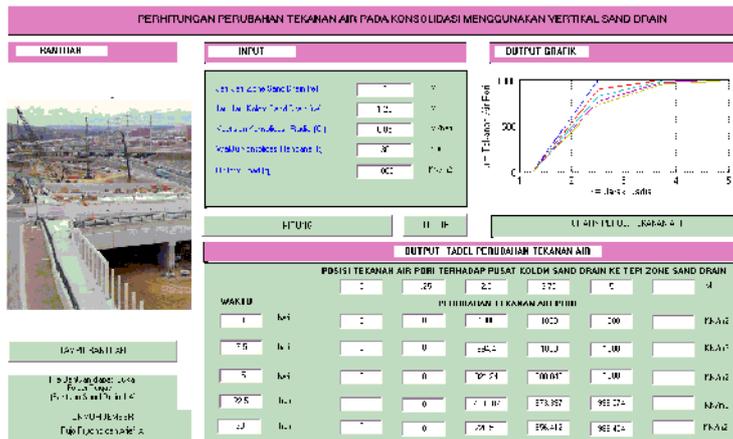
Gambar 4.3. Tampilan awal ketika program konsolidasi vertikal sand drain baru dibuka.

Untuk keperluan pengingat terhadap gambaran tentang vertical sand drain kita dapat meminta bantuan pada program untuk menampilkan beberapa referensi tentang konsolidasi Vertikal sand drain, ini dapat dilihat dalam gambar 4.4.



Gambar 4.4. Tampilan program Konsolidasi vertical sand drain buka file bantuan .

Langkah berikutnya dapat kita masukkan data sesuai dengan soal diatas kemudian klik hitung, maka akan menghasilkan gambar 4.5.



Gambar 4.5. Tampilan program Konsolidasi vertical sand drain data input dan data output

Dari Gambar 4.5. dapat dilihat pada OUTPUT GRAFIK dan OUTPUT TABEL PERUBAHAN TEKANAN AIR PORI, seiringan dengan penambahan waktu tekanan air pori terus mengalami penurunan. Peristiwa penurunan tekanan air pori menunjukkan gejala perbandingan pori (void ratio) semakin mengecil atau tanah sedang mengalami pemampatan. Dalam menentukan prediksi kapan waktu berakhirnya pemampatan adalah dengan melihat waktu yang telah ditentukan terhadap nilai dari tekanan air pori, bila tekanan air pori mendekati nol maka pemampatan dapat diartikan hampir selesai, demikian sebaliknya. Pada soal diatas waktu yang diberikan adalah 30 hari dan tekanan air pori yang terjadi pada umur tersebut untuk masing masing jarak radial terhadap pusat jari jari sumur Vertikal sand drain adalah

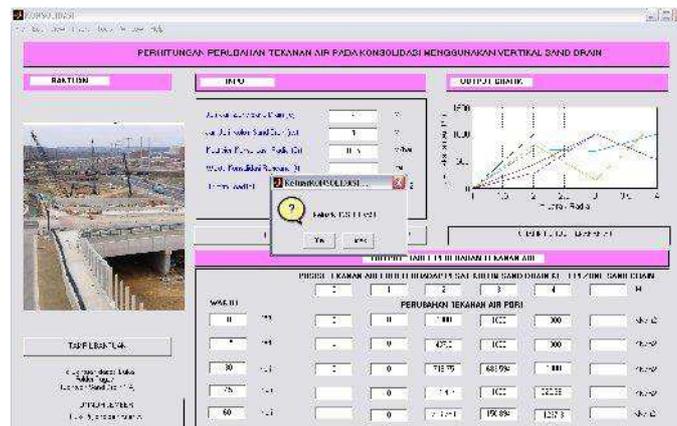
Tabel 4.1. Hasil perhitungan program Untuk $r_e = 5$ m dan $t = 30$ hari

Jarak Radial (m)	0	1.25	2.5	3.75	5
Tek Air Pori (KN/m ²)	0	0	728.52	956.41	989.45

Dari hasil tersebut diatas tekanan air pori masih belum mendekati nol sehingga konsolidasi masih belum selesai, untuk mengetahui kapan selesainya dapat kita naikan waktu rencananya.

Dalam upaya kita mempercepat waktu selesainya konsolidasi kita juga dapat mengatur jarak re dan rw, semakin kecil jarak re dan rw yang kita tentukan maka akan menghasilkan waktu pemampatan yang lebih cepat.

Apabila kita ingin mengakhiri program maka pada tul bar tutup dapat di klik dan akan mengasilkan dialog seperti gambar 4.6. bila kita mengendaki keluar maka klik “ya”, bila tidak jadi keluar klik tidak.



Gambar 4.6. Tampilan program Konsolidasi vertical sand drain bila ingin menutup program.

KESIMPULAN

Dari studi dan pembahasan diatas dapat diambil suatu kesimpulan sebagai berikut :

1. Program yang dihasilkan dalam studi ini dapat memberikan gambaran perubahan tekanan air pori pada waktu tertentu dan jarak radial tertentu.
2. Perubahan tekanan air pori ini dapat dipakai untuk mengetahui berapa waktu yang diperlukan untuk berakhirnya pemampatan dengan membuat sampai tekanan air pori mendekati nol.
3. Kekurangan program ini belum dapat memberi gambaran berapa penurunan akibat konsolidasi tersebut, untuk itu melalui kegiatan studi lebih lanjut, mudah mudahan dapat dibuat program yang memenuhi hal tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Braja M Das., Noor Endah, Indrasurya B. Mochtar, Mekanika Tanah (Prinsip prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 1, Erlangga, Jakarta, 1995
- R.F.Craig, Soil Mechanics, Van Nostrand Reihhold Company, Australia, 1976
- Aries Sugiharto, Pemrograman Gui dengan MATLAB, Andi Yogyakarta, Semarang Januari 2006

*) *Stap Pengajar Dosen Fakultas Teknik UNMUH Jember*