

BAB IV

DESAIN “SOIL NAILING” MENGGUNAKAN PROGRAM SNAIL 2.11

STUDI KASUS : PROYEK MENARA DEA, JAKARTA

4.1 Tinjauan Umum

Dalam perencanaan perkuatan dinding galian dengan metode “soil nailing”, parameter-parameter yang digunakan diambil dari proyek pembuatan dinding “soil nailing” sebagai perkuatan dinding galian tanah sementara pada proyek Menara Dea di kawasan terpadu Mega Kuningan Jakarta Selatan.

Untuk meninjau kestabilan global perkuatan dinding “soil nailing” ini meliputi nilai-nilai faktor keamanan struktur serta tegangan yang terjadi pada tiap level perkuatan digunakan bantuan program komputer SNAIL 2.11. Program ini disusun oleh California Departement of Transportasi untuk menganalisis kestabilan global suatu struktur tanah dengan dan tanpa perkuatan serta untuk dinding “tie-backs”.

SNAIL 2.11 menggunakan analisa garis keruntuhan bi & tri-linier digabungkan dengan metode kesetimbangan batas untuk mendapatkan faktor keamanan minimum pada suatu sistem struktur. SNAIL mempunyai kemampuan untuk menganalisis struktur yang memiliki :

- 1.satu sampai dua lapisan tanah

2. beban tambahan pada puncak dan kaki struktur

3. permukaan air tanah

4. beban gempa

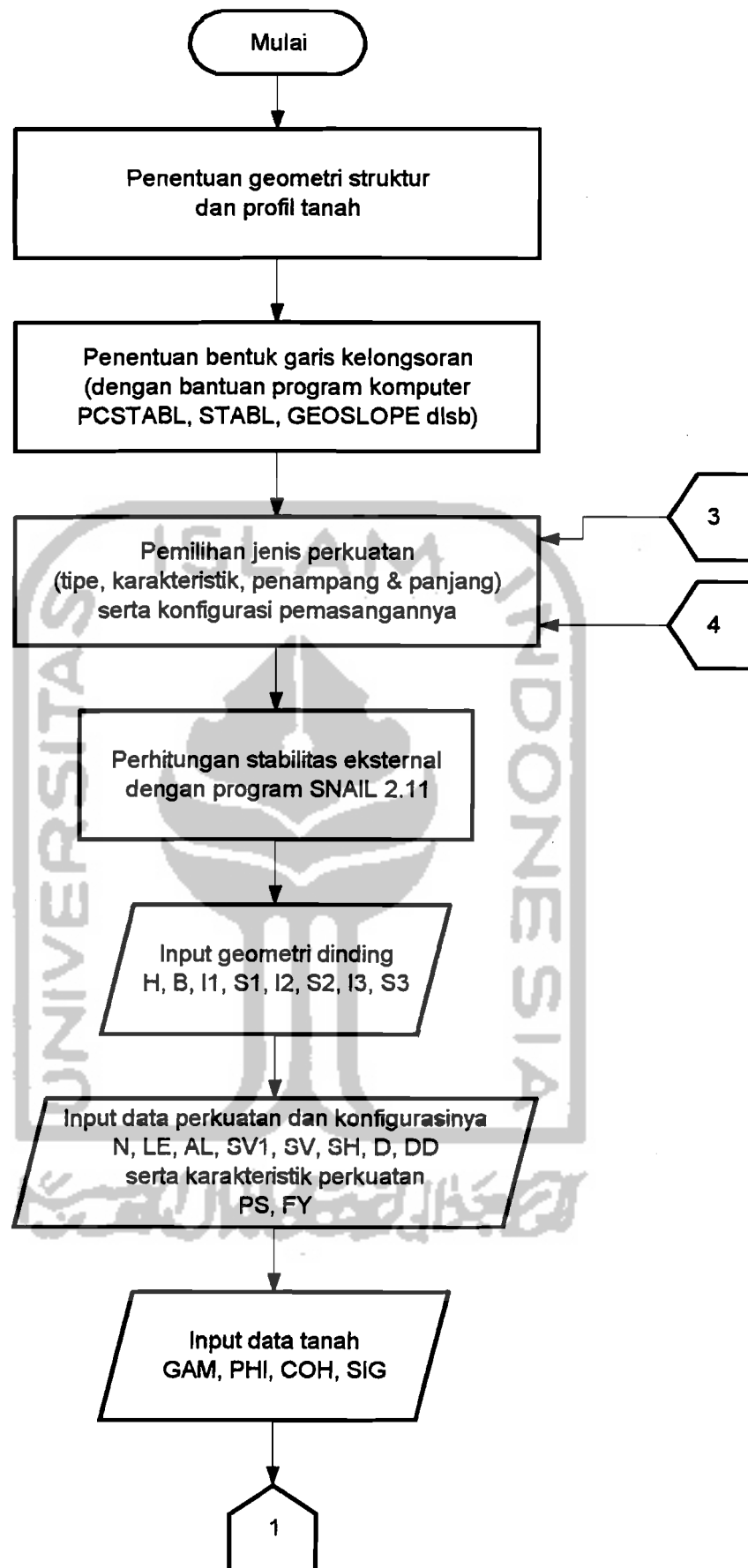
5. lapis permukaan dengan kemiringan tertentu

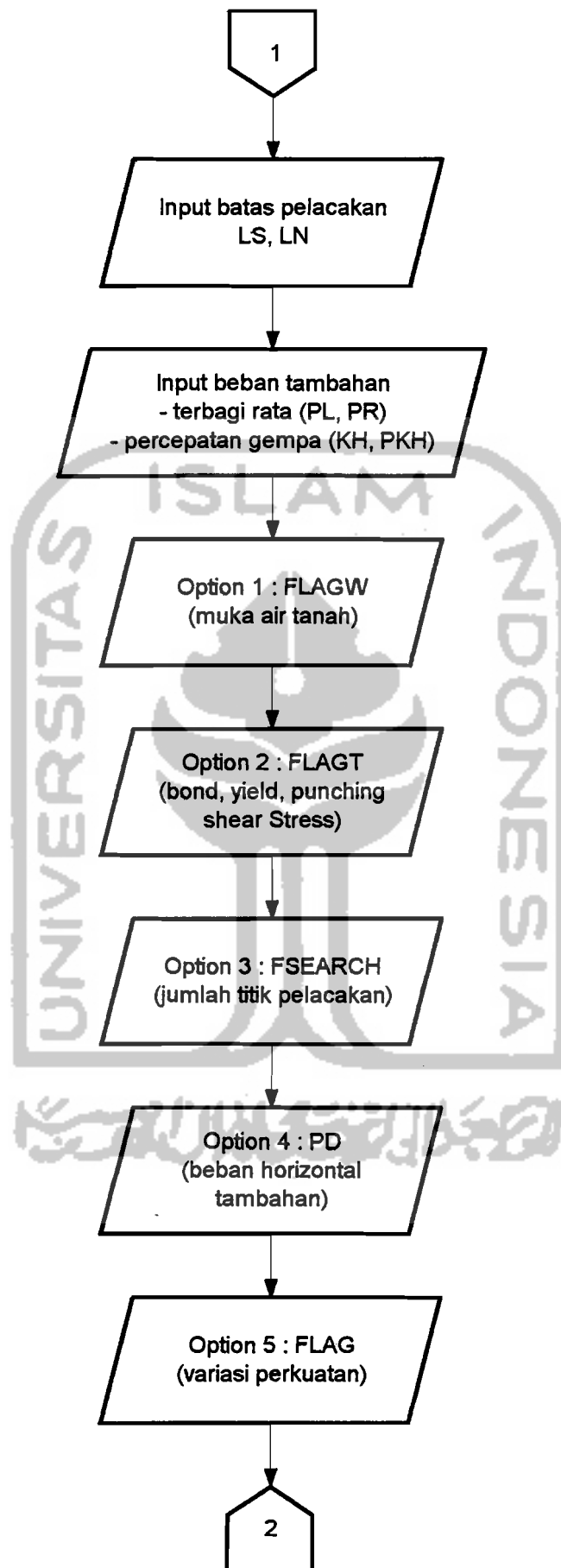
6. tanah berlereng di belakang dan depan dinding

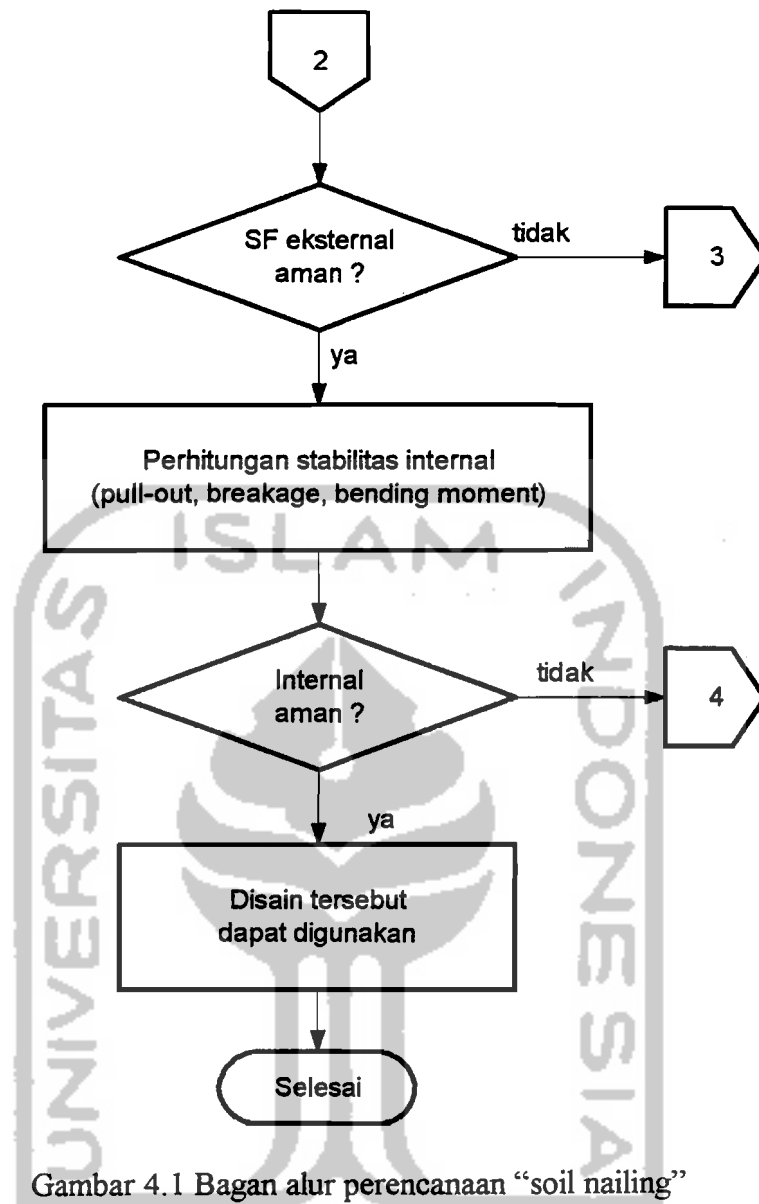
7. parameter “nail” yang bervariasi pada tiap levelnya

Data yang akan dimasukkan harus mengikuti alur pemasukan data yang ada pada program dan dalam satuan yang sama. Dalam hal ini ada dua macam jenis sistem satuan yang digunakan, yaitu sistem Inggris dan Metric. Adapun hasil yang akan diperoleh dengan menjalankan program ini adalah berupa grafik yang mengilustrasikan bentuk geometri dinding dan bentuk garis keruntuhan dengan faktor keamanan minimum serta hasil perhitungan tiap level perkuatan dari titik tinjauan yang diminta.

Urutan perencanaan dinding “soil nailing” dengan menggunakan bantuan program SNAIL 2.11 dapat dilihat pada diagram alur (gambar 4.1) berikut :







4.2 Parameter Perencanaan

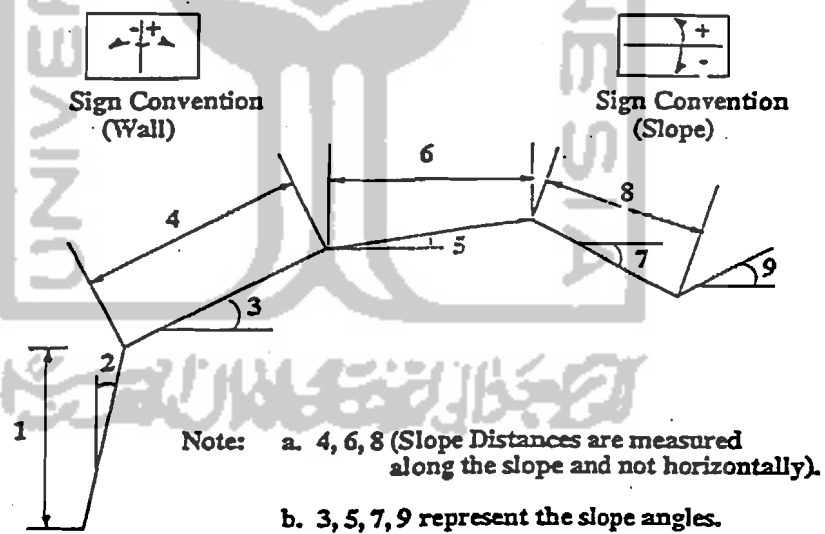
4.2.1 Bentuk Geometri Dinding

meliputi :

1. Tinggi dinding (H)

2. Sudut kemiringan lereng (B)
3. Sudut lereng pertama (I1)
4. Panjang lereng pertama dari puncak dinding (S1)
5. Sudut lereng kedua (I2)
6. Panjang lereng kedua dari puncak dinding (S2)
7. Sudut lereng ketiga (I3)
8. Panjang lereng ketiga dari lereng kedua (S2)
9. Sudut lereng keempat (I4)

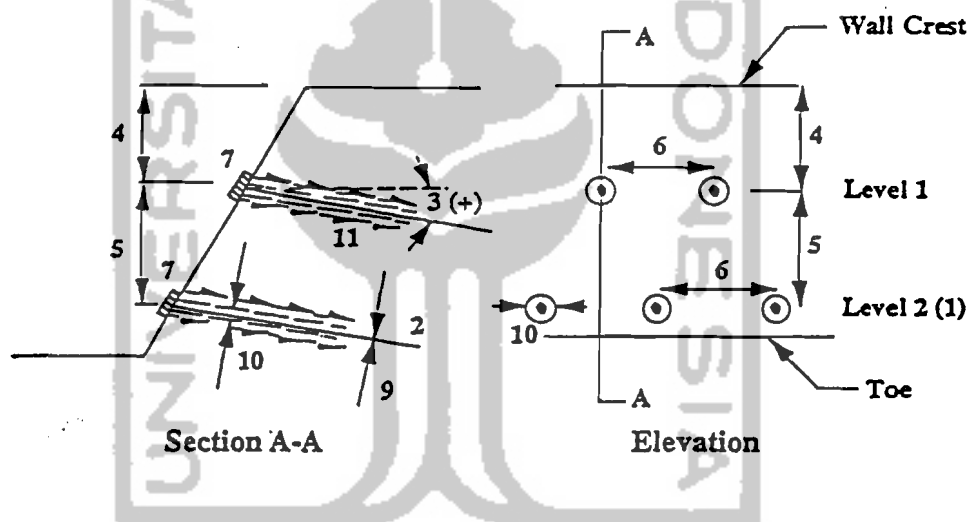
Ilustrasi posisi parameter-parameter tersebut adalah sebagai berikut :



Gambar 4.2 Posisi parameter bentuk geometri dinding

4.2.2 Parameter perkuatan

Ada dua cara pemasukan data yang dilakukan sehubungan dengan parameter perkuatan ini. Pertama jika seluruh level menggunakan jenis perkuatan yang sama, maka pemasukan data dilakukan secara normal. Namun apabila ada perbedaan jenis perkuatan yang digunakan pada tiap-tiap level maka ada data tertentu yang harus dikoreksi terlebih dahulu (akan dijelaskan kemudian).



Gambar 4.3 Parameter perkuatan

Adapun data yang berhubungan dengan perkuatan ini meliputi :

1. Jumlah level perkuatan (N)
2. Panjang perkuatan (LE)

3. Sudut inklinasi perkuatan (AL)
4. Jarak level pertama dari puncak dinding (SV1)
5. Jarak vertikal antar perkuatan (SV)
6. Jarak horizontal antar perkuatan (SH)
7. Kapasitas “punching shear” (PS)
8. Tegangan luluh perkuatan (FY)
9. Diameter elemen perkuatan (D)
10. Diameter lubang grouting (DD)

Ilustrasi posisi parameter perkuatan adalah sebagai berikut :

4.2.3 Parameter tanah

meliputi :

1. Berat jenis tanah (GAM)
2. Sudut geser dalam (PHI)
3. Kohesi tanah (COH)
4. “Bond stress” (SIG)

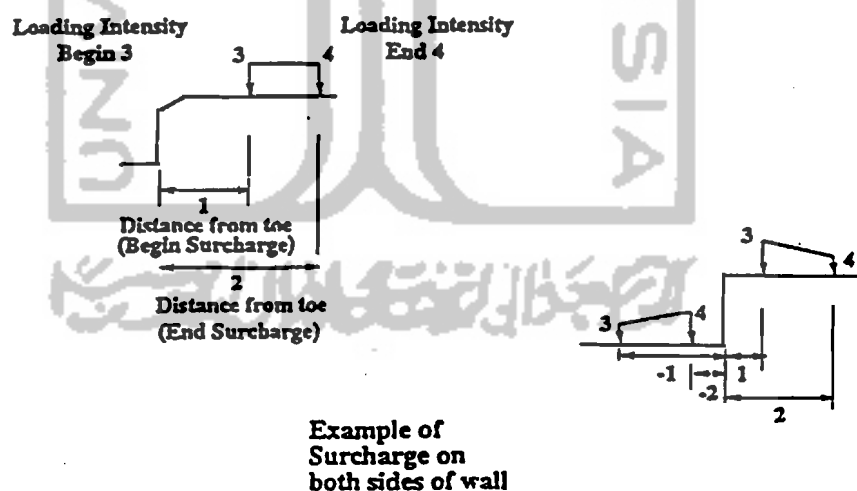
Jika tanah terdiri dari dua lapisan, maka batas lapisan pertama dengan lapisan kedua dapat ditandai dengan memberikan titik koordinat (XS1,YS1) dan (XS2,YS2) pada geometri dinding, di mana koordinat (0,0) terletak pada kaki dinding.

4.2.4 Batas pelacakan (“Search Limit”)

Batas pelacakan merupakan acuan untuk melakukan analisis dari suatu titik awal (LS) sampai suatu titik pada jarak tertentu (LN). Program akan membagi jarak yang diminta tersebut ke dalam 10 bagian yang sama.

4.2.5 Beban tambahan

Dinding yang dianalisis dapat dilengkapi dengan beban tambahan terbagi rata (psf/feet), maksimum dua jenis beban tambahan. Beban tambahan dapat diletakkan di depan (-x) dan di belakang (+x) dinding atau bahkan pada keduanya. Posisi awal dan akhir beban tersebut diperhitungkan dari kaki dinding, sebagaimana terilustrasi pada gambar berikut :



Gambar 4.4 Contoh penempatan beban tambahan

4.2.6 Percepatan gempa

Terdiri dari koefisien horizontal (KH) dan koefisien vertikal (PKH). Koefisien vertikal merupakan persentase dari koefisien horizontal, yang pada pemasukannya harus diberikan dalam bentuk desimal. Koefisien vertikal ini harus dicoba dalam nilai positif (+) dan negatif (-), hasil yang digunakan adalah yang memiliki nilai faktor keamanan yang terkecil.

4.2.7 Permukaan air tanah

Untuk menempatkan permukaan air tanah pada struktur, digunakan tiga titik koordinat (x,y) dengan posisi (0,0) terletak pada kaki dinding.

4.2.8 Aturan tambahan

Selain parameter-parameter yang telah dipaparkan di atas, ada beberapa aturan tambahan yang harus dilakukan sehubungan dengan kondisi struktur yang dianalisis, yaitu :

1. Option 1 (FLAGT) : mendefinisikan kekuatan maksimum perkuatan yang digunakan. FLAGT=0 jika harga “bond stress”, “yield stress” dan “punching shear stress” adalah ultimit. FLAGT=1 jika harga ketiga parameter tersebut “allowable” dan FLAGT=2 hanya untuk struktur “tie-back wall” menggunakan “soldier pile”.

2. Option 2 (FSEARCH) : menentukan daerah pelacakan antara LS dan LN. Jika FSEARCH=0 maka pelacakan terhadap bidang keruntuhan dilakukan dari titik 1 sampai 10. Jika FSEARCH=1 maka pelacakan dilakukan pada titik tertentu LA dan LB. Jika FSEARCH=2 maka faktor keamanan diperhitungkan dari bidang keruntuhan tertentu yang ditandai oleh II dan JJ.

3. Option 3 (FLAG) : menentukan bentuk kaki dinding. FLAG=0 jika kaki dinding tidak berlereng (datar terhadap dasar galian). FLAG=1 jika kaki dinding memiliki tambahan lereng tertentu, yang bentuknya harus digambarkan dengan memasukkan data pada format yang ada di Option 3.

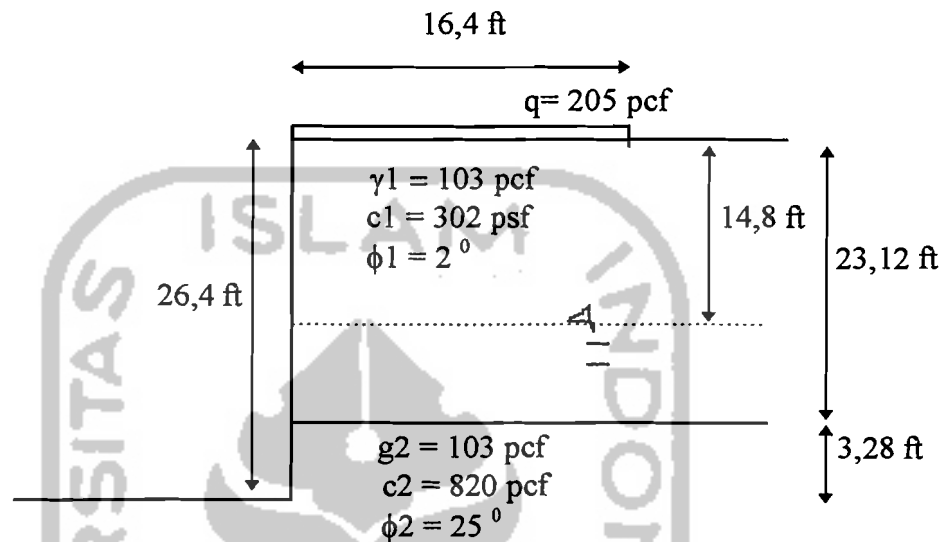
4. Option 4 (PD) : dilakukan jika terdapat gaya horizontal eksternal bekerja pada dinding. Nilai positif (+) diberikan jika gaya bekerja ke arah dalam dinding dan nilai negatif (-) diberikan jika gaya bekerja menjauhi dinding.

5. Option 5 (FLAGN) : jika jenis perkuatan yang digunakan pada seluruh level tidak bervariasi maka nilai FLAGN=0. Namun jika terdapat variasi jenis perkuatan, nilai FLAGN=1 dan format data yang ada di option ini harus diisi.

4.3 Perencanaan dinding "soil nailing"

Direncanakan dinding dengan perkuatan "soil nailing" dengan menggunakan parameter pada proyek Menara Dea Jakarta. Dinding yang direncanakan merupakan dinding section 3 (ada pada lampiran) yang memiliki karakteristik sebagai pada

gambar (4.4). Beban tambahan yang diperhitungkan (q rencana) = 1 t/m^2 pada jarak 5 meter sepanjang tepi galian. Faktor keamanan yang disyaratkan sebesar 1,6 sampai 1,8.



Gambar 4.5 Geometri dinding basemen yang direncanakan

4.3.1 Perhitungan pendahuluan

Perhitungan pendahuluan ini dilakukan dengan mengambil bentuk garis keruntuhan linier sehingga perhitungan dapat dilakukan secara praktis.

1. Mencari jarak vertikal dan jarak horizontal antar “nail”

Perhitungan pendahuluan dilakukan untuk menentukan konfigurasi parameter perkuatan yang akan dipakai. Dengan menggunakan baja d32 berkuat leleh (f_y) = 60 ksi dengan kapasitas “punching shear” diambil 40 kips ($<0,58.f_y.A_s$) dan

menggunakan nilai SF = 1,5 - 3, dicari jarak vertikal dan horizontal antar "nail" dengan menggunakan rumus (3.15).

* jika SF = 3

$$S^2 = \frac{As.fy}{SF.\sigma} = \frac{(\pi \times 1,3^2/4) 60}{3.(103 \times 26,4 \times 0,405)} = \frac{79,8}{3,303} = 24,16$$

$$S_v = S_h = S^{1/2} = 4,9 \text{ ft}$$

* jika SF = 1,5

$$S^2 = \frac{As.fy}{SF.\sigma} = \frac{(\pi \times 1,3^2/4) 60}{1,5(103 \times 26,4 \times 0,405)} = \frac{79,8}{1,651} = 48,36$$

$$S_v = S_h = S^{1/2} = 6,9 \text{ ft}$$

---> $S_v = S_h$ bisa digunakan antara 4,9 - 6,9 ft ---> dicoba $S_v = S_h = 6,9 \text{ ft}$

Maka jumlah level (n) = $26,4/6,9 \sim 4$ level

2. Mencari panjang efektif "nail"

Panjang efektif "nail" (le) didapatkan dengan rumus (3.19) dengan menggunakan nilai SF = 1,5 - 3 :

* jika SF = 3

$$le = \frac{3 P}{\pi.D.\sigma.\tan \delta} = \frac{3 \times 52,43}{\pi \times (7,87/12) \times (103 \times 26,4) \times \tan (50/3)} = 93,8 \text{ ft}$$

* jika SF = 1,5

$$le = \frac{1,5 P}{\pi.D.\sigma.\tan \delta} = \frac{1,5 \times 52,43}{\pi \times (7,87/12) \times (103 \times 26,4) \times \tan (50/3)} = 46,9 \text{ ft}$$

---> digunakan le = 46,9 ft

kemudian dicari panjang total "nail" dengan rumus (3.21)

Level	h (ft)	le (ft)	la (ft)	L (ft)
1	3,3	46,9	14,7	61,6
2	10,2	46,9	10,3	57,2
3	17,1	46,9	5,9	52,8
4	24	46,9	1,5	48,4

Jika pemasangan "nail" dilakukan dengan inklinasi 15° maka :
L dapat digunakan $(61.6/\cos 15) = 63,2$ ft

3. Mencari perkiraan "bond stress"

Tahapan ini dilakukan karena pada program SNAIL 2.11 disyaratkan untuk memasukkan nilai taksiran "bond stress" atau tegangan lekat antara tanah dengan "nail". "Bond stress" dapat dicari dengan rumus :

$$\sigma_b = \frac{qc}{A} \dots \dots \dots (4.1)$$

$$\text{dengan } A = qc/\tau_{ult} \dots \dots \dots (4.2)$$

di mana :

- σ_b = "Bond stress"
- qc = perlawanan konus, diperoleh dari hasil sondir
- τ_{ult} = tegangan geser lateral ultimit
- A = rasio perlawanan konus terhadap tegangan geser lateral

* dari hasil sondir diketahui :

- Lapisan tanah 1 : $qc_1 = 99,47$ psi
- ($\tau_{ult} = 6,27$ psi) $qc_2 = 404,99$ psi
- $qc_3 = 689,21$ psi
- Lapisan tanah 2 : $qc_4 = 426,31$ psi
- ($\tau_{ult} = 3,23$ psi) $qc_5 = 426,31$ psi

- * diperoleh nilai : $A_1 = 15,86$
- $A_2 = 64,59$
- $A_3 = 111,36$

$$A4 = 131,99$$

$$A5 = 131,99$$

* untuk lapisan tanah 1 ---> $\sigma_{b1} = 99,47/63,77 = 1,56$ psi
 $= 689,21/63,77 = 10,8$ psi
 ---> diambil $\sigma_{b1} = 4,12$ psi

* untuk lapisan tanah 2 ---> $\sigma_{b2} = 426,31/131,99 = 3,23$ psi
 ---> diambil $\sigma_{b2} = 2,15$ psi

4.3.2 Analisis kestabilan eksternal

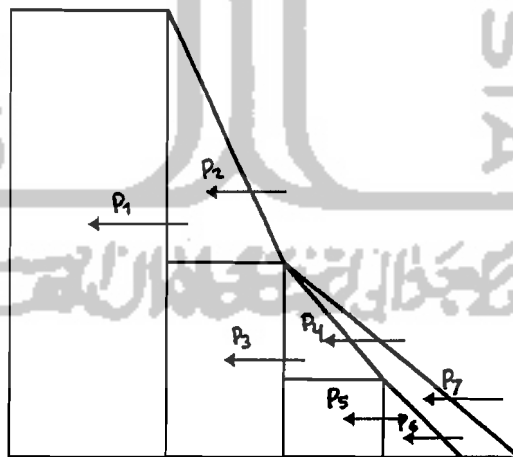
Berdasarkan hasil perhitungan pendahuluan, dilakukan kontrol stabilitas eksternal dengan tinjauan sebagai berikut :

1. Tinjauan kestabilan geser tanah

a. Gaya pendorong (Pd): tekanan tanah lateral setinggi galian

$$Ka1 = \text{tg}^2(45 - \phi/2) = \text{tg}^2(45 - 2/2) = 0.935$$

$$Ka2 = \text{tg}^2(45 - 25/2) = 0.405$$



Gambar 4.6 Uraian diagram tekanan tanah lateral

Tabel 4.1 Uraian perhitungan tekanan-tekanan tanah

Notasi	Uraian	Rumus	Perhitungan
P1	Tekanan tanah akibat beban terbagi rata	$q.H.Ka1$	$= 205.26,4.0,933 = 5049,396 \text{ lbs}$
P2	Tekanan tanah akibat lapisan tanah 1 di atas mat	$0,5\gamma.h1^2.Ka1$	$= 0,5.103.14,8^2.0,933 = 10524,763 \text{ lbs}$
P3	Tekanan tanah akibat berat tanah lapisan 1 di atas mat	$\gamma.h1.h2.Ka1$	$= 103.14,8.11,6.0,933 = 16498,276 \text{ lbs}$
P4	Tekanan tanah akibat lapisan tanah 1 di bawah mat	$0,5\gamma.h3^2.Ka1$	$= 0,5.103.8,32^2.0,933 = 3326,102 \text{ lbs}$
P5	Tekanan tanah akibat berat tanah lapisan 1 di bawah mat	$\gamma.h3.h2.Ka2$	$= 103.8,32.3,28.0,405 = 1138,386 \text{ lbs}$
P6	Tekanan tanah akibat lapisan tanah 2	$0,5\gamma.h2^2.Ka2$	$= 0,5.103.3,28^2.0,405 = 224,393 \text{ lbs}$
P7	Tekanan tanah akibat tekanan air tanah	$0,5\gamma_w.h4^2$	$= 0,5.62,42.11,62 = 4119,6 \text{ lbs}$
			+
		Pd total	$= 40880,926 \text{ lbs}$

b. Gaya penahan (Pt)

$$\begin{aligned}
 Pt &= [cd.L + W_{tot}.tg \phi] \\
 &= (2/3.308.61) + (103.26,4.61) \text{ tg } 25 \\
 &= 92,35 \text{ kips}
 \end{aligned}$$

$$\Sigma Pt = 92350$$

$$* SF = \frac{\Sigma Pt}{\Sigma Pd} = \frac{92350}{40880,926} = 2,25 > 1,5 \text{ ----> Ok.}$$

2. Tinjauan kestabilan guling tanah

a. Momen pengguling (Mg) = Pd x z

$$\begin{aligned}
 Mg &= P1.z1 + P2.z2 + P3.z3 + \dots + P7.z7 \\
 &= (5049,396.13,2) + (10524,763.16,5) + (16498,276.5,8) + \\
 &\quad (3326,102.6,05) + (1138,386.1,64) + (224,393.1,09) + \\
 &\quad (4119,6.3,87) \\
 &= 374,53 \text{ kip-ft}
 \end{aligned}$$

b. Momen penahan (M_t) = $P_t \times z$

$$M_t = W_{tot} \cdot z$$

$$= (103.26,4.61) 30,5 = 5059,07 \text{ kip-ft}$$

$$* SF = \frac{\Sigma M_t}{\Sigma M_g} = \frac{5059,07}{374,53} = 13,51 > 2 \text{ ----> Ok.}$$

3. Tinjauan kestabilan daya dukung tanah

a. Daya dukung tanah : $\sigma_{ult} = c.N_c + q.N_q + 0.5\gamma.L.N_\gamma$

$$\begin{aligned} \sigma_{ult} &= (308.25,13) + (103.0.12,72) + (0,5.103.61.8,34) \\ &= 33940,15 \text{ psf} \end{aligned}$$

b. Daya dukung yang terjadi : $\sigma_t = \gamma H + q$

$$\sigma_t = (103.26,4) + 205 = 2924,2 \text{ psf}$$

$$* SF = \frac{\sigma_{ult}}{\sigma_t} = \frac{33940,15}{2924,2} = 11,6 > 3 \text{ ----> Ok.}$$

4.3.3 Analisis Kestabilan Internal

1. Tinjauan terhadap patah geser (rumus 3.23)

$$\begin{aligned} \frac{\sigma_n \cdot \tan \phi}{SF} &\geq \frac{P}{\pi \cdot D \cdot l_e} \\ \text{perhitungan :} \\ \frac{1267,9}{1,5} &\geq \frac{52430}{\pi \cdot (7,87/12) \cdot 46,9} \\ 845,27 &\geq 542,87 \text{ ----> Ok.} \end{aligned}$$

2. Tinjauan terhadap patah tarik (rumus 3.24)

$$\frac{0,58f_y.A_s}{\gamma.H.S_v.Sh} \geq K_{eq}$$

perhitungan :

$$\frac{0,58.f_y.A_s}{\gamma.H.S_v.Sh} = \frac{0,58.60.1,33}{103.26,4.6,9.6,9} = \frac{39800}{129461,1} = 0,3$$

$$K_{eq} = [TN^2 + 4(TS^2)]^{1/2}$$

(rumus 3.26) :

$$TN = \frac{(103.26,4.)1,33}{129461,1} = 0,03$$

(rumus 3.27) :

$$TS = \frac{[820+(103.26,4.tg25)]1,33}{129461,1} = 0,02$$

$$K_{eq} = [0,06^2 + 4.0,01^2]^{1/2} = 0,05$$

$$0,3 > 0,05 \text{ ----> Ok.}$$

4. Tinjauan terhadap kekakuan "nail" (rumus 3.29)

$$M_p / SF \geq M_{max}$$

perhitungan :

$$M_p = f_y.z$$

$$= 60 \times \frac{\pi 7.87^2}{32} = 364.84 \text{ kips-in.}$$

$$M_{max} = 0.32 \times T_c \times l_0$$

$$= 0,32 \times 2,777 \times 28,8 = 25,59 \text{ kips-in.}$$

sehingga :

$$364,84/3 > 25,59$$

$$121,6 > 25,59 \text{ -----> Ok.}$$

4.4 Pemasukan data pada program SNAIL 2.11

Setelah melalui tahapan perencanaan pendahuluan tersebut, maka perencanaan dengan menggunakan program SNAIL 2.11 dapat dilakukan dengan menggunakan parameter yang telah ditinjau pada perencanaan pendahuluan. Karena perencanaan ini dilakukan secara trial & error, maka setelah pemasukan data selesai dilakukan dan program dijalankan, pengecekan dilakukan dengan meninjau nilai faktor keamanan minimum global yang dihasilkan pada output program SNAIL 2.11. Jika faktor keamanan tersebut tidak memenuhi persyaratan atau belum memuaskan maka dapat dilakukan perencanaan kembali sampai didapatkan hasil yang diinginkan.

4.4.1 Desain I

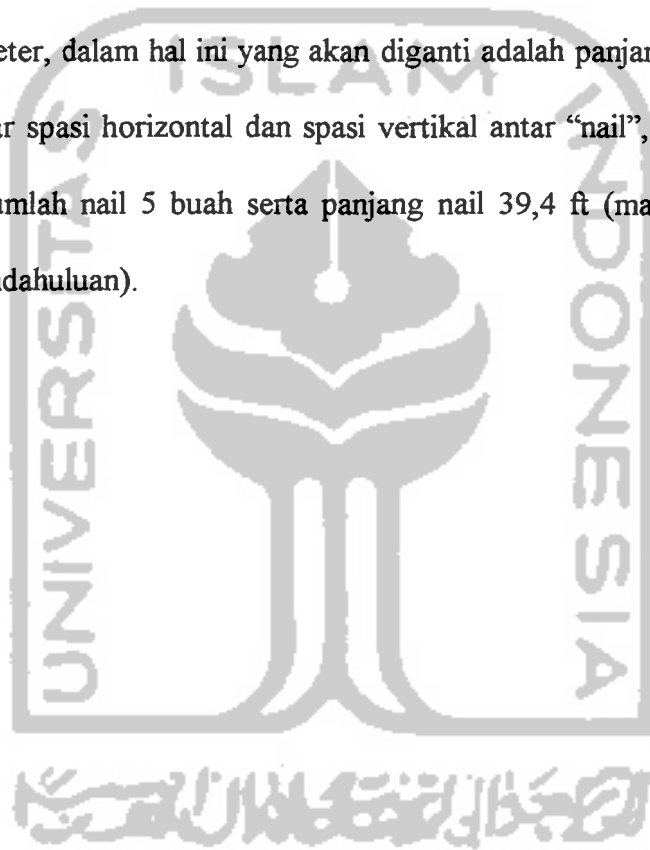
Data dimasukkan dengan satuan Inggris dengan urutan sebagai berikut :

1. $H = 26.4 \text{ f}$
2. $B, I1, S1, I2, S2, I3, S3 = 0$ (dinding tegak lurus dan tidak terdapat lereng pada puncak dinding)
3. $N = 4 \text{ level}$
4. $LE = 63,2 \text{ ft}$
5. $AL = 15^0$

6. $SV1 = 3.3 \text{ ft}$
7. $SV = 6.9 \text{ ft}$
8. $SH = 6.9 \text{ ft}$
9. $PS = 40 \text{ kips}$
10. $FY = 60 \text{ ksi}$
11. $D = 1.3 \text{ in}$
12. $DD = 7.87 \text{ in}$ (DD diambil $>D+5 \text{ in}$)
13. $NS = 2$ (dua jenis lapisan tanah)
14. $GAM1 = 103 \text{ pcf}$
15. $\text{PHI1} = 2^{\circ}$
16. $\text{COH1} = 820 \text{ psf}$
17. $\text{SIG1} = 4.12 \text{ psi}$
18. $GAM2 = 103 \text{ pcf}$
19. $\text{PHI2} = 25^{\circ}$
20. $\text{COH2} = 308 \text{ psf}$
21. $\text{SIG2} = 2.15 \text{ psi}$
22. $XS1 = 0 \text{ ft}$, $YS1 = 3.28 \text{ ft}$
23. $XS2 = 100 \text{ ft}$, $YS2 = 3.28 \text{ ft}$
24. $LS = 0$, $LN = 100$
25. $XL = 0 \text{ ft}$ (titik awal beban = pada puncak dinding)
26. $XR = 16.4 \text{ ft}$ (titik akhir beban)
27. $PL = 205 \text{ psf/ft}$ (besar beban pada titik awal)
28. $PR = 205 \text{ psf/ft}$ (besar beban pada titik akhir)
29. $KH, OKH = 0$ (tidak ada beban gempa)
30. $\text{FLAGW} = 1$ (ada permukaan air tanah)
31. $XW1 = 0$, $YW1 = 0$
32. $XW2 = 90 \text{ ft}$, $YW2 = 11.6 \text{ ft}$
33. $XW3 = 100 \text{ ft}$, $YW3 = 11.65 \text{ ft}$
34. $\text{FLAGT} = 0$ (dipakai bond, yield & punching shear stress ultimit)
35. $\text{FSEARCH} = 0$ (titik 1 s/d 10)
36. $LA = 0$, $LB = 10$
37. $\text{FLAG} = 0$ (tidak ada slope pada kaki dinding)
38. $PD = 0$ (tidak ada gaya horizontal eksternal)
39. $\text{FLAGN} = 0$ (option 5 tidak berlaku)

4.4.2 Hasil perencanaan desain I

Hasil perencanaan desain I dengan menggunakan program SNAIL 2.11 menunjukkan nilai faktor keamanan global sebesar 1,57 (output program ada pada halaman 75-80). Ternyata nilai ini lebih kecil dari faktor keamanan yang disyaratkan sehingga perlu dilakukan perencanaan kembali (desain II) dengan mengubah nilai beberapa parameter, dalam hal ini yang akan diganti adalah panjang nail, jumlah level "nail" serta besar spasi horizontal dan spasi vertikal antar "nail", diambil $Sh = Sv = 4,9$ ft dengan jumlah nail 5 buah serta panjang nail 39,4 ft (masih memenuhi hasil perencanaan pendahuluan).



* CALIFORNIA DEPARTMENT OF TRANSPORTATION *
* DIVISION OF NEW TECHNOLOGY, MATERIALS & RESEARCH *
* OFFICE OF GEOTECHNICAL ENGINEERING *
* Reinforced Soil Systems & Earthquake Engineering*
* Date: 11-12-1996 Time: 11:31:55 *

----- WALL GEOMETRY -----

Vertical Wall Height = 26.40 ft
Wall Batter = 0.0 degrees
First Slope Angle-above the wall = 0.0 degrees
First Slope Length from Wallcrest = 0.00 ft
Second Slope Angle = 0.0 degrees
Second Slope Length from 1st Slope = 0.00 ft
Third Slope Angle = 0.0 degrees
Third Slope Length from 2nd Slope = 0.00 ft
Fourth Slope Angle = 0.0 degrees

----- SLOPE BELOW THE WALL -----

There is NO SLOPE BELOW THE TOE of the wall

----- SURCHARGE -----

THE SURCHARGES IMPOSED ON THE SYSTEM ARE:

Begin Surcharge - Distance from toe = 0.0 ft
End Surcharge - Distance from toe = 16.4 ft
Loading Intensity - Begin = 205.0 psf/ft
Loading Intensity - End = 205.0 psf/ft

----- OPTION #1 -----

Ultimate Punching shear, Bond & Yield Stress are used.

----- SOIL PARAMETERS -----

Unit Weight, GAM1 = 103.00 pcf
Friction Angle, PHI1 = 2.0 degrees
Cohesion, COH1 = 820.0 psf
Ultimate bond Stress, SIG = 4.12 psi

Unit Weight, GAM2 = 103.00 pcf
Friction Angle, PHI2 = 25.0 degrees
Cohesion, COH2 = 308.0 psf
Ultimate bond Stress, SIG2 = 2.15 psi

Coordinates of Two points Defining Boundary for soil 2

POINT	X-Direction	Y-Direction
1	XS1= 0.0 ft	YS1= 3.3 ft
2	XS2= 100.0 ft	YS2= 3.3 ft

Project Identification - MENARA DEA
Page - 2

----- EARTHQUAKE ACCELERATION -----

Horizontal Earthquake Coefficient = 0.00 (a/g)
Vertical Earthquake Coefficient = 0.00
Horiz. Force applied to the Wall = 0.0 Kips

----- WATER SURFACE -----

The Water Table is defined by three coordinate points.

X(1)-Coordinate = 0.00 ft Y(1)-Coordinate = 0.00 ft
X(2)-Coordinate = 90.00 ft Y(2)-Coordinate = 11.60 ft
X(3)-Coordinate = 100.00 ft Y(3)-Coordinate = 11.65 ft

----- SEARCH LIMIT -----

The Search Limit is from 0.0 to 100.0 ft

You have chosen NOT TO LIMIT the search of failure planes to specific nodes.

----- REINFORCEMENT PARAMETERS -----

Number of Reinforcement Levels = 4
Horizontal Spacing = 6.90 ft
Diameter of Reinforcement Element = 1.30 in
Yield Stress of Reinforcement = 60.00 ksi
Diameter of Grouted Hole = 7.87 in
Punching Shear Capacity = 40.00 kips

----- (For ALL Levels) -----

Reinforcement Lengths = 63.20 ft
Reinforcement Inclination = 15.0 degrees
Vertical Spacing to First Level = 3.30 ft
Vertical Spacing to Remaining Levels = 6.90 ft

Project Identification - MENARA DEA
Page - 3

	MINIMUM SAFETY FACTOR	DISTANCE BEHIND WALL TOE (ft)	LOWER FAILURE PLANE ANGLE (deg)	LOWER FAILURE PLANE LENGTH (ft)	UPPER FAILURE PLANE ANGLE (deg)	UPPER FAILURE PLANE LENGTH (ft)
Toe	1.568	10.0	55.7	16.0	85.7	13.2

Reinf. Stress at Level

1 =	25.030 Ksi	(Punching Shear controls..)
2 =	24.719 ksi	(Punching Shear controls..)
3 =	22.480 ksi	(Punching Shear controls..)
4 =	18.932 Ksi	(Pullout controls...)

	MINIMUM SAFETY FACTOR	DISTANCE BEHIND WALL TOE (ft)	LOWER FAILURE PLANE ANGLE (deg)	LOWER FAILURE PLANE LENGTH (ft)	UPPER FAILURE PLANE ANGLE (deg)	UPPER FAILURE PLANE LENGTH (ft)
NODE 2	1.632	20.0	49.1	24.4	63.2	8.9

Reinf. Stress at Level

1 =	26.228 Ksi	(Pullout controls...)
2 =	25.115 ksi	(Punching Shear controls..)
3 =	22.282 ksi	(Punching Shear controls..)
4 =	18.096 Ksi	(Pullout controls...)

	MINIMUM SAFETY FACTOR	DISTANCE BEHIND WALL TOE (ft)	LOWER FAILURE PLANE ANGLE (deg)	LOWER FAILURE PLANE LENGTH (ft)	UPPER FAILURE PLANE ANGLE (deg)	UPPER FAILURE PLANE LENGTH (ft)
NODE 3	1.789	30.0	41.3	40.0	89.9	0.0

Reinf. Stress at Level

1 =	21.807 Ksi	(Pullout controls...)
2 =	24.363 ksi	(Punching Shear controls..)
3 =	21.160 ksi	(Punching Shear controls..)
4 =	16.394 Ksi	(Pullout controls...)

	MINIMUM SAFETY FACTOR	DISTANCE BEHIND WALL TOE (ft)	LOWER FAILURE PLANE ANGLE (deg)	LOWER FAILURE PLANE LENGTH (ft)	UPPER FAILURE PLANE ANGLE (deg)	UPPER FAILURE PLANE LENGTH (ft)
NODE 4	1.898	40.0	33.4	47.9	89.9	0.0

Reinf. Stress at Level

1 =	18.165 Ksi	(Pullout controls...)
2 =	21.901 Ksi	(Pullout controls...)
3 =	13.378 Ksi	(Pullout controls...)
4 =	15.328 Ksi	(Pullout controls...)

	MINIMUM SAFETY FACTOR	DISTANCE BEHIND WALL TOE (ft)	LOWER FAILURE PLANE ANGLE (deg)	LOWER FAILURE PLANE LENGTH (ft)	UPPER FAILURE PLANE ANGLE (deg)	UPPER FAILURE PLANE LENGTH (ft)
NODE 5	2.075	50.0	27.8	56.5	89.9	0.0

Reinf. Stress at Level

1 =	14.715 Ksi	(Pullout controls...)
2 =	18.698 Ksi	(Pullout controls...)
3 =	11.836 Ksi	(Pullout controls...)
4 =	13.915 Ksi	(Pullout controls...)

	MINIMUM SAFETY FACTOR	DISTANCE BEHIND WALL TOE (ft)	LOWER FAILURE PLANE ANGLE (deg)	LOWER FAILURE PLANE LENGTH (ft)	UPPER FAILURE PLANE ANGLE (deg)	UPPER FAILURE PLANE LENGTH (ft)
NODE 6	2.269	60.0	23.7	65.6	89.9	0.0

Reinf. Stress at Level

1 =	11.940 Ksi	(Pullout controls...)
2 =	16.035 Ksi	(Pullout controls...)
3 =	10.505 Ksi	(Pullout controls...)
4 =	12.642 Ksi	(Pullout controls...)

	MINIMUM SAFETY FACTOR	DISTANCE BEHIND WALL TOE (ft)	LOWER FAILURE PLANE		UPPER FAILURE PLANE	
			ANGLE (deg)	LENGTH (ft)	ANGLE (deg)	LENGTH (ft)
NODE 7	2.474	70.0	20.7	74.8	89.9	0.0

Reinf. Stress at Level

1 =	9.725 Ksi (Pullout controls...)
2 =	13.847 Ksi (Pullout controls...)
3 =	9.377 Ksi (Pullout controls...)
4 =	11.528 Ksi (Pullout controls...)

	MINIMUM SAFETY FACTOR	DISTANCE BEHIND WALL TOE (ft)	LOWER FAILURE PLANE		UPPER FAILURE PLANE	
			ANGLE (deg)	LENGTH (ft)	ANGLE (deg)	LENGTH (ft)
NODE 8	2.687	80.0	18.3	84.2	89.9	0.0

Reinf. Stress at Level

1 =	7.953 Ksi (Pullout controls...)
2 =	12.048 Ksi (Pullout controls...)
3 =	8.424 Ksi (Pullout controls...)
4 =	10.560 Ksi (Pullout controls...)

	MINIMUM SAFETY FACTOR	DISTANCE BEHIND WALL TOE (ft)	LOWER FAILURE PLANE		UPPER FAILURE PLANE	
			ANGLE (deg)	LENGTH (ft)	ANGLE (deg)	LENGTH (ft)
NODE 9	2.836	90.0	16.3	93.8	89.9	0.0

Reinf. Stress at Level

1 =	6.687 Ksi (Pullout controls...)
2 =	5.647 Ksi (Pullout controls...)
3 =	7.803 Ksi (Pullout controls...)
4 =	9.960 Ksi (Pullout controls...)

	MINIMUM SAFETY FACTOR	DISTANCE BEHIND WALL TOE (ft)	LOWER FAILURE PLANE		UPPER FAILURE PLANE	
			ANGLE (deg)	LENGTH (ft)	ANGLE (deg)	LENGTH (ft)
NODE10	3.062	100.0	14.8	103.4	89.9	0.0
Reinf. Stress at Level			1 =	5.487 Ksi (Pullout controls...)		
			2 =	4.971 Ksi (Pullout controls...)		
			3 =	7.079 Ksi (Pullout controls...)		
			4 =	9.187 Ksi (Pullout controls...)		

* FOLLOWING IS LOCATION WHERE MAX. REINFORCEMENT FORCE OCCURS *

LOWER FAILURE PLANE		UPPER FAILURE PLANE		DISTANCE BEHIND THE WALL TOE (ft)	FACTOR OF SAFETY F.S.
ANGLE (deg)	LENGTH (ft)	ANGLE (deg)	LENGTH (ft)		
55.7	16.0	85.7	13.2	10.0	1.568

Maximum Average Reinforcement Working Force = 26.228 Kips/level

4.4.3 Desain II

Data dimasukkan kembali dengan hanya mengubah nilai N, LE, Sv dan Sh, dengan urutan sebagai berikut :

1. $H = 26.4$ ft
2. $B, I1, S1, I2, S2, I3, S3 = 0$ (dinding tegak lurus dan tidak terdapat lereng pada puncak dinding)
3. $N = 5$ level
4. $LE = 39.4$ ft
5. $AL = 15^{\circ}$
6. $SV1 = 3.3$ ft
7. $SV = 4.9$ ft
8. $SH = 4.9$ ft
9. $PS = 40$ kips
10. $FY = 60$ ksi
11. $D = 1.3$ in
12. $DD = 7.87$ in (DD diambil $>D+5$ in)
13. $NS = 2$ (dua jenis lapisan tanah)
14. $GAM1 = 103$ pcf
15. $PHI1 = 2^{\circ}$
16. $COH1 = 820$ psf
17. $SIG1 = 4.12$ psi
18. $GAM2 = 103$ pcf
19. $PHI2 = 25^{\circ}$
20. $COH2 = 308$ psf
21. $SIG2 = 2.15$ psi
22. $XS1 = 0$ ft, $YS1 = 3.28$ ft
23. $XS2 = 100$ ft, $YS2 = 3.28$ ft
24. $LS = 0, LN = 100$
25. $XL = 0$ ft (titik awal beban = pada puncak dinding)
26. $XR = 16.4$ ft (titik akhir beban)
27. $PL = 205$ psf/ft (besar beban pada titik awal)
28. $PR = 205$ psf/ft (besar beban pada titik akhir)
29. $KH, OKH = 0$ (tidak ada beban gempa)
30. $FLAGW = 1$ (ada permukaan air tanah)
31. $XW1 = 0, YW1 = 0$
32. $XW2 = 90$ ft, $YW2 = 11.6$ ft
33. $XW3 = 100$ ft, $YW3 = 11.65$ ft
34. $FLAGT = 0$ (dipakai bond, yield & punching shear stress ultimit)

- 35. FSEARCH = 0 (titik 1 s/d 10)
- 36. LA = 0, LB = 10
- 37. FLAG = 0 (tidak ada slope pada kaki dinding)
- 38. PD = 0 (tidak ada gaya horizontal eksternal)
- 39. FLAGN = 0 (option 5 tidak berlaku)

4.4.4 Hasil perencanaan desain II

Dengan menggunakan program SNAIL 2.11, hasil perencanaan desain II menunjukkan faktor keamanan minimum global sebesar 1,67 dan gaya kerja perkuatan rata-rata sebesar 18,417 kips tiap level (output terdapat pada halaman lampiran). Kemampuan internal “nail” ini akan diuji di lapangan dengan pelaksanaan test “pull out”, yang hasilnya akan mengindikasikan apakah kapasitas “pull out nail” yang ada sesuai dengan yang direncanakan.

4.5 Evaluasi Perencanaan

Mengacu pada pelaksanaan test “pull out” pada proyek Menara Dea, diberikan beban “pull out” sebesar 16 ton pada “nail” yang diuji di lapangan. Pada test “pull out” tersebut didapatkan hasil antara lain sebagai berikut :

1. Pengamatan pada profil III row III

Tabel 4.2 Hasil test "pull out" pada profil III row III

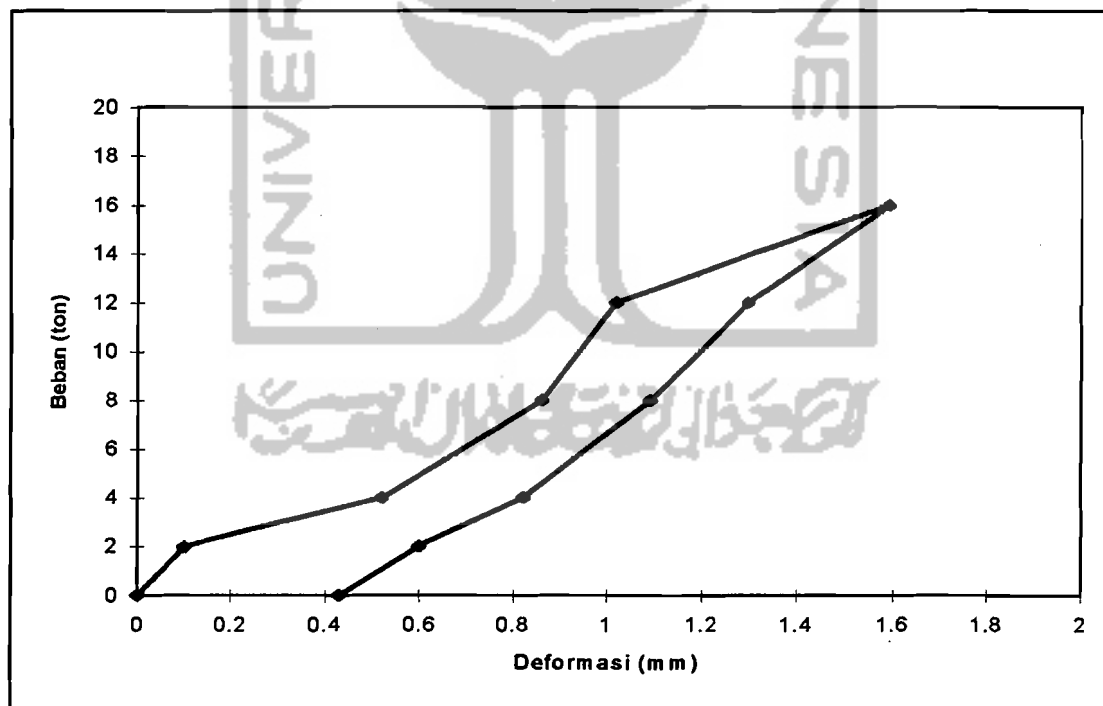
No.	Pressure reading kg/cm ²	Load (ton)	Load (%)	Time (minutes)	Dial Reading mm
1	30,08	2	12,5	1	0,1
2	60,17	4	25	1	0,52
3	120,34	8	50	1	0,86
4	180,52	12	75	1	1,02
5	240,69	16	100	1	1,59
6				10	1,62
7				10	1,64
8				10	1,65
9	180,52	12	75	1	1,30
10	120,34	8	50	1	1,08
11	60,17	4	25	1	0,815
12	30,08	2	12,5	1	0,60
13	0	0	0	1	0,425

2. Pengamatan pada profil III row IV

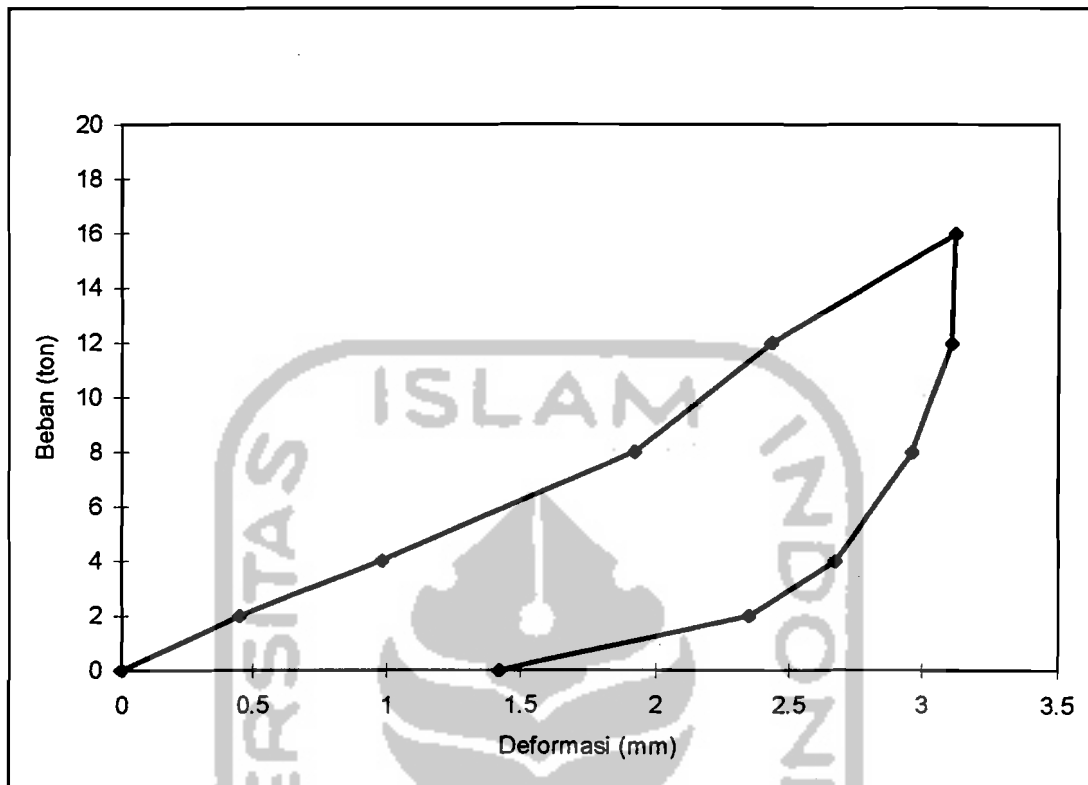
Tabel 4.3 Hasil test "pull out" pada profil III row IV

No.	Pressure reading kg/cm ²	Load (ton)	Load (%)	Time (minutes)	Dial Reading mm
1	30,08	2	12,5	1	0,45
2	60,17	4	25	1	0,98
3	120,34	8	50	1	1,92
4	180,52	12	75	1	2,43
5	240,69	16	100	1	3,12
6				10	3,19
7				10	3,22
8				10	3,24
9	180,52	12	75	1	3,11
10	120,34	8	50	1	2,96
11	60,17	4	25	1	2,67
12	30,08	2	12,5	1	2,35
13	0	0	0	1	1,42

Hasil pengamatan pada tabel 4.2 dan 4.3, jika ditampilkan dalam bentuk grafik hubungan antara deformasi terhadap beban “pull out” akan tampak seperti grafik 4.7 dan 4.8. Beban maksimum yang dikerjakan pada “nail” sebesar 16 ton dan diberikan secara bertahap mulai dari 12,5% sampai 100%, kemudian berangsur-angsur diturunkan sampai keadaan 0%. Tiap-tiap beban dikerjakan selama 1 menit, kecuali pada beban maksimum ditiadakan selama 30 menit untuk melihat deformasi yang terjadi pada beban maksimum. Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa “nail” tersebut berperilaku plastis di mana jika beban dikembalikan sampai keadaan 0%, maka “nail” tidak kembali ke posisi sebagaimana sebelum beban dikerjakan.



Gambar 4.7 Grafik deformasi hasil test “pull out” pada profil III row III



Gambar 4.8 Grafik deformasi hasil test “pull out” profil III row IV

Berdasarkan hasil test tersebut, dikontrol apakah “bond stress” yang direncanakan sebelumnya memenuhi “bond stress” yang terjadi, yaitu sebesar :

$$\sigma_b = P/(\pi.D.L) = 35,24 \text{ kips}/(\pi.7,87.39,4 \times 12) = 3,015 \text{ psi}$$

$$\sigma_b \text{ rencana untuk row III dan row IV} = 2,15 \text{ psi}$$

Ternyata σ_b terjadi lebih besar (memenuhi) σ_b rencana, maka artinya disain yang sudah dilaksanakan tersebut telah memenuhi syarat dan tidak perlu direvisi lagi.