BORPILE
Program Komputer untuk Analisis Daya Dukung Aksial Pondasi Tiang Bor

oleh
Paulus P. Rahardjo, Ph.D
El Fie Salim

Parahyangan Catholic University
Geotechnical Research Centre
Ciumbuleuit 94 - Bandung Telp : (022) 233691

DAFTAR ISI

1. PENDAHULUAN

Program komputer BORPILE dibuat dalam bahasa QBASIC untuk menghitung daya dukung aksial tiang bor berdasarkan metode Reese. Penjelasan metode ini dapat diperoleh pada manual *Lymon C. Reese & Stephen J. Wright, "Drilled Shaft Design and Construction Guidelines Manual" vol. 1, U.S. Department of Transportation, July 1977* dan pada tulisan Rahardjo, P. & Salim, *"Aplikasi Program Komputer BORPILE untuk Perhitungan Daya Dukung Aksial Pondasi Tiang Bor." Seminar Rekayasa Pondasi, "Beneficial Use of Bored Pile to Support Heavy Loadings," Surabaya, April 1995.*

Program komputer ini dibuat "user friendly" untuk memudahkan pemakai sehingga dapat langsung menggunakan program ini sejauh pemakai telah memahami prinsip-prinsip dan dasar teorinya.

Menu yang disajikan dapat dipilih baik memasukkan data baru atau menggunakan data lama dengan keleluasaan mengubah data dan penyimpanan data pada disket maupun hard disk secara otomatis. Demikian pula hasil keluaran dapat ditampilkan di layar monitor atau dicetak bila diperlukan.

UPT PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN

2. METODA ANALISIS

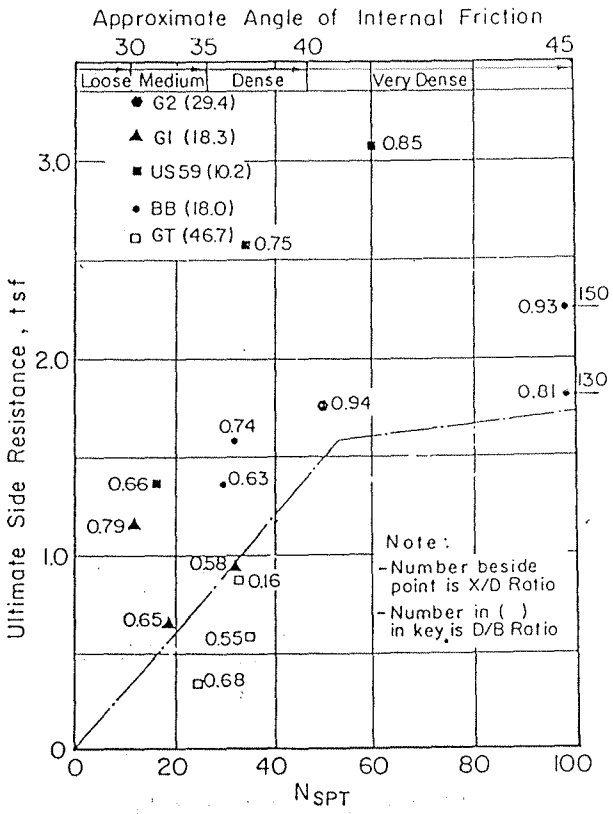
Analisis untuk daya dukung ultimit tiang bor didasarkan pada hubungan empirik antara nilai N-SPT dengan gesekan selimut tiang maupun daya dukung ujung tiang pada tanah pasir (lihat gambar 1. dan gambar 2.). Sedangkan untuk tanah kohesif gesekan selimut $fs = \alpha \cdot Cu$ dimana $\alpha = 0.55$ (faktor koreksi, gambar 3.). Cu adalah kohesi tanah kohesif yang diperoleh dari korelasi empirik :

Cu = N/16 untuk tanah lempung plastisitas rendah (CL)

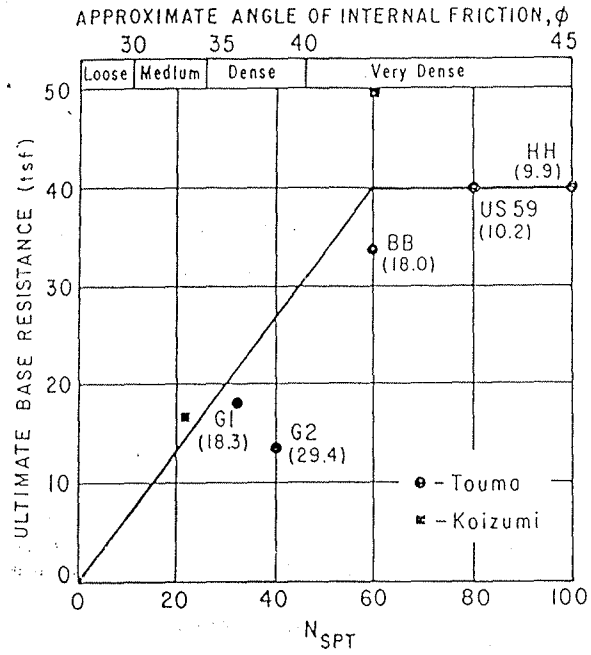
Cu = N/8 untuk tanah lempung plastisitas tinggi (CH)

Cu = N/10 untuk tanah lanau

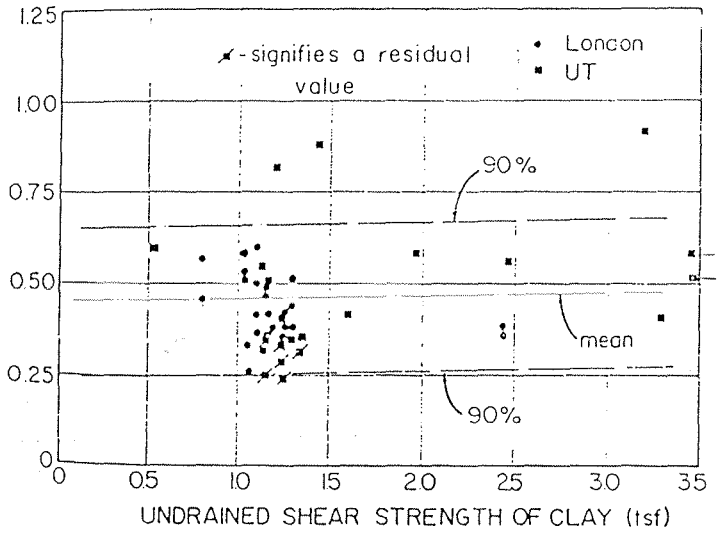
Daya dukung ujung untuk tanah kohesif diperoleh dengan formula q_p = 9.Cu. Untuk perhitungan *load transfer* pada tanah pasir, peralihan ujung tiang bor diambil dalam prosentase terhadap diameter tiang sebesar 1%, 2%, 3%, 4%, 5% dan 7% (gambar 4.). Sedangkan pada tanah lempung diambil 0.25%, 0.5%, 0.75%, 1%, 1.5%, 2% (gambar 5.). Peralihan pada sepanjang tiang dihitung berdasarkan kurva gesekan relatif tiang vs peralihan relatif (gambar 6.)



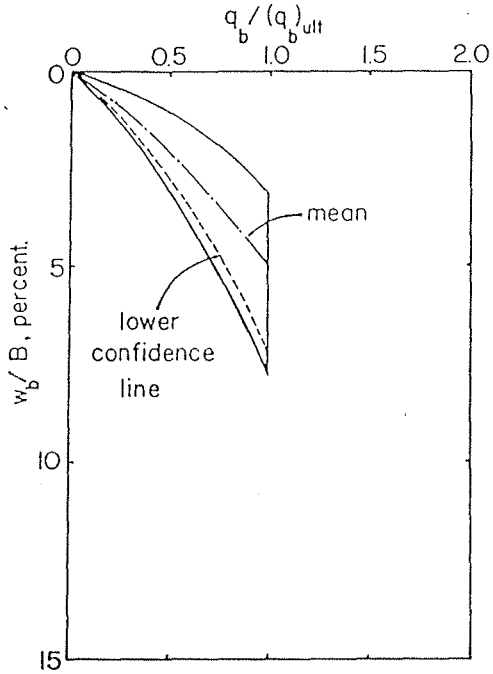
Gambar 1. Tahanan selimur ultimit vs N-SPT pada tanah non kohesif (sumber : Wright, 1977)



Gambar 2. Tahanan ujung ultimit pada tanah non kohesif dengan penurunan 0.05 B (sumber : Reese & Wright, 1977)



Gambar 3. Faktor koreksi vs kuat geser undrained pada tanah lempung (sumber : Reese & Wright, 1977)



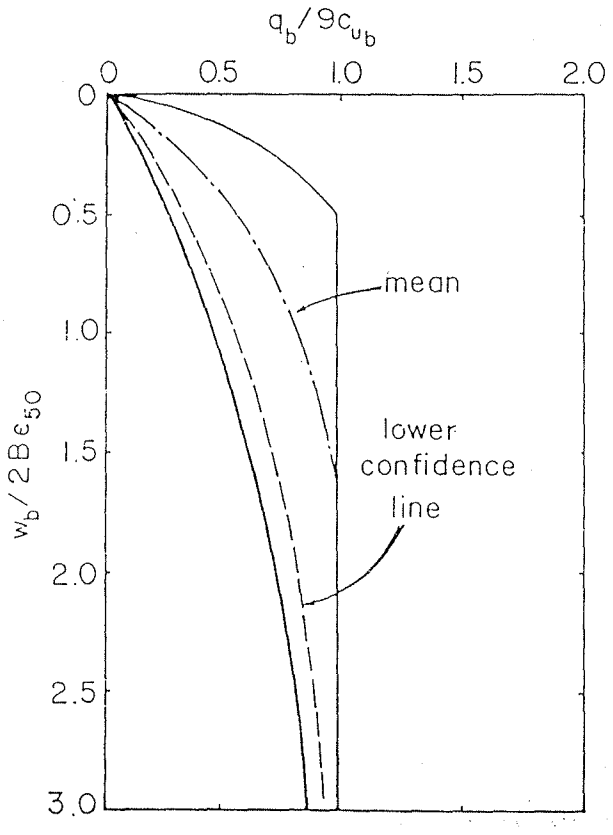
Gambar 4. Kurva tahanan ujung vs penurunan pada tanah non kohesif (sumber : Reese & Wright, 1977)

3. HASIL KELUARAN YANG DIPEROLEH

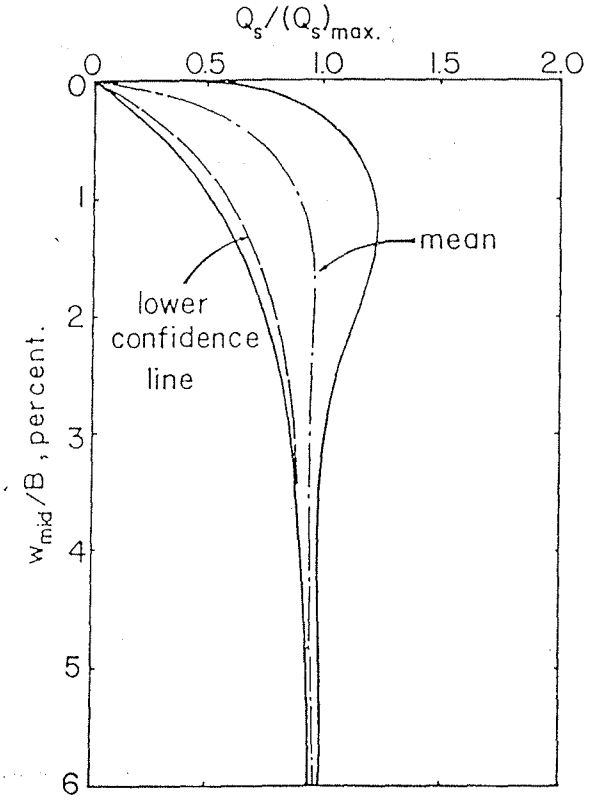
Dengan program komputer BORPILE, pemakai memperoleh daya dukung ultimit tiang bor di tanah berlapis banyak, daya dukung ijin, beban vs penurunan dan transfer beban. Pada perhitungan diatas diasumsi modulus elastisitas beton sama dengan 2.1×10^5 kg/cm^2.

4. KETERBATASAN PROGRAM

Untuk saat ini program komputer BORPILE hanya dapat menghitung daya dukung tiang bor yang memiliki satu ukuran diameter, jumlah jenis tanah (maksimum 15 jenis tanah), jumlah data SPT yang terbatas (maksimum 36 jenis tanah), peralihan ujung tiang bor yang diperhitungkan hanya 6 buah titik dan hanya untuk tiang bor yang memiliki modulus elastisitas beton 2.1 x 10^5 kg/cm^2.



Gambar 5. Kurva tahanan ujung vs penurunan pada tanah kohesif (sumber : Reese & Wright, 1977)



Gambar 6. Tahanan selimut relatif vs penurunan relatif (sumber : Reese, 1977)

5. SYARAT SISTEM YANG DIPERLUKAN

Program ini dapat dijalankan pada PC XT/AT dengan PC-DOS dan MS-DOS dengan RAM memory sedikitnya 64 kilobytes dan sebuah disk drive. Meskipun program ditulis dalam bahasa QBASIC tetapi untuk menjalankan tidak dibutuhkan QBASIC.EXE kecuali hanya untuk keperluan mengubah program untuk mana dokumentasi program harus dimiliki oleh pemakai.

6. CARA OPERASI PROGRAM

Untuk memudahkan dan mempercepat pengoperasian program BORPILE, pemakai program dianjurkan mengcopy program ini ke dalam *hard disk* komputer. Jika tidak program ini tetap dapat dijalankan melalui *disk drive*. Ketiklah ***BORPILE***, untuk menjalankan program. Pada layar akan muncul tampilan sbb:

```
B O R P I L E
-------------

Program Komputer untuk Perhitungan
Daya Dukung Pondasi Borpile
Berdasarkan Metoda Reese
Version BP-2.00

oleh
----

Paulus P.Rahardjo
El Fie Salim
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
GEOTECHNICAL RESEARCH CENTRE (GRC)
(1995)

TEKAN ENTER UNTUK MELANJUTKAN
```

Tekan <*enter*>. Setelah itu akan muncul menu pilihan sbb.:

```
1. MEMASUKKAN DATA BARU

2. GUNAKAN DATA YANG TELAH ADA

3. EXIT


MASUKKAN PILIHAN ANDA (1-3): 1
```

Bila pemakai belum mempunyai data lama, pilihlah menu no.1. Jika pemakai sudah mempunyai data lama dapat dipilih no.2. Pada manual ini contoh soal diberikan dan untuk memasukkan data input dipillih menu no.2. Kemudian akan ditanyakan pada *drive* apa data input disimpan dan apa nama *file* inputnya. Jika file input berada dalam sub directory pada pertanyaan nama file dapat diisi xxxx\xxxx. Perlu diperhatikan bahwa nama file tidak diberi extension.

```
NAMA DRIVE YANG DIAKTIFKAN (A/B/C): b

NAMA FILE (TANPA EXTENSION): mak-db2
```

Pada langkah berikutnya pada monitor akan tampil data-data input seperti :

- Nama proyek
- Ukuran tiang
- Faktor keamanan
- Kedalaman tanah
- Jumlah jenis tanah
- Jumlah data SPT

Nama proyek

Baris ini untuk mengindentifikasikan lokasi atau daerah dimana tiang bor yang akan dicari daya dukungnya. Jumlah karakter tidak boleh lebih dari 40 huruf dan jangan

menggunakan lambang koma (,) karena lambang ini akan dibaca sebagai pemisah data input. Pada contoh soal dibawah ini nama proyek adalah TIANG P-20 (DB2).

```
                    B O R P I L E
                    -------------
          Program Komputer untuk Perhitungan
             Daya Dukung Pondasi Borpile
             Berdasarkan Metoda Reese
       Geotechnical Research Centre - UNPAR

A. Nama proyek : TIANG P-20 (DB2)
B. UKURAN TIANG DALAM METER
     Diameter :  .8    m
     Panjang pembenaman tiang :  13.99   m
C. FAKTOR KEAMANAN
     F.K untuk ujung tiang: 2
     F.K untuk selimut tiang: 2
D. KEDALAMAN MAX. DATA TANAH (m): 50
E. JUMLAH JENIS TANAH: 14
F. JUMLAH DATA Nspt : 33


Mau perbaiki data (y/n) ? n
```

Ukuran tiang

Pada point ini ditanyakan diameter tiang dan dalamnya pembenaman tiang dalam satuan meter. Jika tiang bor ditanam dibawah permukaan tanah maka ada dua cara yang dapat dilakukan yaitu:

a. Panjang tiang bor dihitung dari permukaan tanah sampai ujung tiang bor maka data masukan untuk nilai N-SPT dari elevasi permukaan sampai dengan elevasi kepala tiang diisi nol.

b. Panjang tiang dihitung dari kepala tiang bor sampai ujung tiang bor. Cara ini mungkin lebih mudah karena untuk penginputan data N-SPT dan jenis tanah semuanya dimulai dari kepala tiang bor.

Untuk contoh soal diatas tiang bor berdiameter 0.8 m dan dalamnya pembenaman tiang 13.99 m

Faktor keamanan

Faktor keamanan terbagi atas 2 yaitu faktor keamanan (FK) untuk selimut tiang dan faktor keamanan untuk ujung tiang. Biasanya faktor keamanan untuk ujung tiang lebih besar. Untuk contoh soal ini faktor keamanan selimut maupun ujung tiang diambil sama dengan dua. Untuk desain, dianjurkan mengambil FK = 2 untuk gesekan selimut dan FK = 3 untuk daya dukung ujung tiang.

Kedalaman tanah

Kedalaman tanah yang dimaksud adalah kedalaman data tanah yang tersedia. Adapun data tanah yang dibutuhkan adalah jumlah lapis, banyaknya N-SPT dan elevasi N-SPT. Kedalaman pembenaman tiang bor harus lebih kecil dari data tanah yang tersedia.

Karena daya dukung ujung tiang dipengaruhi oleh data tanah disekitar ujung tiang, kira-kira 3B (B=diameter tiang bor) keatas dan B kebawah dari ujung tiang maka sebaiknya kedalaman data tanah sedalam L+B. Untuk contoh soal kedalaman tanah max. 50m.

Jumlah jenis tanah

Jenis tanah yang disediakan dalam program ini hanya 4 yaitu tanah pasir (S), tanah lanau (M), tanah lempung berplastisitas tinggi (CH), tanah lempung berplastisitas rendah (CL). Jumlah maksimum untuk jenis tanah adalah 15. Jumlah jenis tanah untuk contoh soal adalah 14.

Jumlah data NSPT

Jumlah data NSPT maksimum adalah 36 buah. Jumlah data NSPT untuk contoh soal sebanyak 33 buah.

Pemakai diberi kesempatan untuk mengubah data-data diatas dengan mengisi "y" atau "Y" pada pertanyaan dibawah dari tampilan menu diatas dan akan ditanyakan

point mana yang akan dirubah. Jika tidak ingin merubah data, ketik "n" atau "N". Jika data input sudah benar tekan <*enter*>. Secara otomatis data input ini akan disimpan dalam nama file yang sudah ditentukan dengan extension .OUT (misal pada contoh soal mak-db2.out). File ini diberi extension .OUT karena pada akhir dari proses perhitungan pada file ini akan berisi daya dukung hasil perhitungan baik daya dukung ultimit maupun daya dukung ijin.

Selanjutnya pemakai harus memasukkan data kedalaman tanah (diukur dari permukaan dan tidak memakai tanda negatif) dan jenis tanah. Kedalaman tanah yang dimaksud adalah batas bawah dari lapisan tanah masing-masing. Untuk pengisian jenis tanah jangan sampai jenis tanah diatas atau dibawahnya sama karena akan mengacaukan proses perhitungan. Misalnya pada contoh di bawah ini jenis tanah pada kedalaman 3.5 m tidak boleh sama dengan jenis tanah pada kedalaman 2 m atau 4 m. Jenis tanah diinputkan berupa angka 1,2,3 dan 4 yang menyatakan berturut-turut tanah pasir, tanah lanau/silt, tanah lempung berplastisitas tinggi dan tanah lempung berplastisitas rendah.

Disinipun pemakai diberi kesempatan untuk mengubah data input, setelah pemakai yakin data itu sudah benar ketik "n" yang dilanjutkan dengan menekan tombol <*enter*>. Data input secara otomatis disimpan dalam disket atau hard disk dengan extension .JEN

Berikutnya pemakai akan ditanyakan kedalaman SPT dan harga N-SPT. Jika jumlah data N-SPT melebihi 19 buah maka pemakai harus menekan tombol <*enter*> terlebih dahulu untuk melanjutkan. Angka terbesar untuk N-SPT adalah 50 untuk alasan desain. Pemakai juga diberi kesempatan untuk merubah data. Jika tidak ingin merubah data ketik "n" lalu tekan <*enter*>. Data input secara otomatis disimpan dalam disket atau hard disk dengan extension .SPT

Jenis tanah: 1.Sand 2.Silt 3.CH 4.CL

No	Kedalaman (M)	Jenis tanah
1	2	3
2	3.5	2
3	4	1
4	5.5	2
5	11.5	1
6	18	2
7	21.5	1
8	24.5	3
9	25.5	2
10	29	3
11	36.5	2
12	38.5	1
13	45	2
14	50	1

Ingin perbaiki data (y/n) ? n

No	Kedalaman (M)	Jumlah SPT
1	1.5	4
2	3	2
3	4.5	8
4	6	17
5	7.5	22
6	9	18
7	10.5	21
8	12	50
9	13.5	54
10	15	33
11	16.5	50
12	18	39
13	19.5	38
14	21	35
15	22.5	6
16	24	5
17	25.5	14
18	27	13
19	28.5	30

No	Kedalaman (M)	Jumlah SPT
20	30	40
21	31.5	32
22	33	25
23	34.5	25
24	36	31
25	37.5	50
26	39	34
27	40.5	26
28	42	38
29	43.5	41
30	45	50
31	46.5	50
32	48	50
33	49.5	50

Ingin perbaiki data (y/n) ? n

TEKAN ENTER UNTUK MELANJUTKAN

Selanjutnya program akan menghitung daya dukung aksial tiang bor dengan metode Reese dan dilanjutkan menghitung load transfer/peralihan beban dan load settlementnya. Hasil perhitungan load transfer akan secara otomatis pada nama file yang berakhiran .LD sedangkan perhitungan load settlement hanya dilakukan pada 6 titik dan akan disimpan pada nama file berakhiran .Q-S secara otomatis.

7. KELUARAN (OUTPUT) PROGRAM

Hasil keluaran contoh soal dari program komputer BORPILE akan tampilkan dibawah ini:

```
                    R E S U M E

DAYA DUKUNG ULTIMATE =   432.3 ton
Q ujung total        =   181.0 ton
Q selimut total      =   251.2 ton
DAYA DUKUNG IJIN     =   216.1 ton

  No     Q (ton)          Yt (cm)
==================================
   1     216.0            0.31
   2     325.4            0.57
   3     353.9            0.79
   4     400.1            1.02
   5     423.6            1.43
   6     427.2            1.83
==================================

  TEKAN ENTER UNTUK MELANJUTKAN
```

Tekan <*enter*> untuk melanjutkan. Kemudian akan tampil menu sbb.:

```
1. MENCETAK HASIL KE LAYAR
2. MENCETAK HASIL KE PRINTER
3. MEMPROSES KASUS LAIN
4. EXIT

   MANA YANG ANDA PILIH ? 1
```

Untuk mencetak ke layar ketik "1", untuk ke alat cetak pilih "2". Jika ingin melakukan perhitungan untuk kasus lain pilih "3" dan untuk keluar dari program ini pilih "4". Disini akan dipilih pencetakan ke layar.

B O R P I L E

Program Komputer untuk Perhitungan Daya Dukung
Pondasi Borpile Berdasarkan Metode Reese
UNPAR (GRC) - Version BP 2.00

A. Nama proyek : TIANG P-20 (DB2)
B. UKURAN TIANG DALAM METER
   Diameter = .8 m
   Panjang total tiang = 13.99 m
C. FAKTOR KEAMANAN
   F.K ujung = 2
   F.K selimut = 2
D. KEDALAMAN MAX. DATA TANAH (m) : 50
E. JUMLAH JENIS TANAH : 14
F. JUMLAH DATA Nspt : 33
H. DAYA DUKUNG ULTIMATE = 432.3 ton
   Q ujung total = 181.0 ton
   Q selimut total = 251.2 ton
I. DAYA DUKUNG IJIN = 216.1 ton

TEKAN ENTER UNTUK MELANJUTKAN

DATA TANAH

No	Kedalaman (m)	Jenis lapisan
1	2	Lempung (CH)
2	3.5	Lanau
3	4	Pasir
4	5.5	Lanau
5	11.5	Pasir
6	18	Lanau
7	21.5	Pasir
8	24.5	Lempung (CH)
9	25.5	Lanau
10	29	Lempung (CH)
11	36.5	Lanau
12	38.5	Pasir
13	45	Lanau
14	50	Pasir

TEKAN ENTER UNTUK MELANJUTKAN

DATA Nspt

No	Kedalaman (m)	Jumlah Nspt
1	1.5	4
2	3	2
3	4.5	8
4	6	17
5	7.5	22
6	9	18
7	10.5	21
8	12	50
9	13.5	54
10	15	33
11	16.5	50
12	18	39
13	19.5	38
14	21	35
15	22.5	6

TEKAN ENTER UNTUK MELANJUTKAN

DATA Nspt

No	Kedalaman (m)	Jumlah Nspt
16	24	5
17	25.5	14
18	27	13
19	28.5	30
20	30	40
21	31.5	32
22	33	25
23	34.5	25
24	36	31
25	37.5	50
26	39	34
27	40.5	26
28	42	38
29	43.5	41
30	45	50

TEKAN ENTER UNTUK MELANJUTKAN

DATA Nspt

No	Kedalaman (m)	Jumlah Nspt
31	46.5	50
32	48	50
33	49.5	50

TEKAN ENTER UNTUK MELANJUTKAN

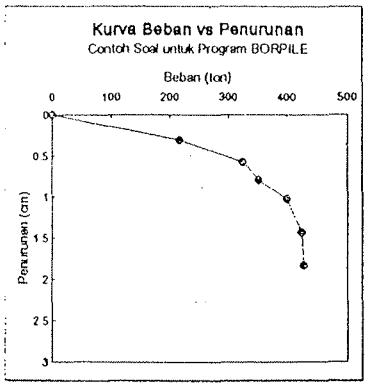
8. INTERPRETASI HASIL ANALISIS

Pada tabel beban vs penurunan dapat dibuat kurva beban vs penurunan (gambar 7.) dengan bantuan program lotus 123, Q-pro atau dapat diplot secara manual. Dibawah ini ditampilkan hasil load transfer dan kurva transfer beban (gambar 8.). Berdasarkan kurva beban vs penurunan, pemakai dapat memutuskan harga lain untuk penetapan daya dukung ultimit (bila dianggap perlu). Dari kurva transfer beban dapat dilihat distribusi gesekan terhadap kedalaman. Bila kurva transfer beban mulai sejajar artinya gesekan selimut telah mencapai batas ultimitnya.

DATA BEBAN VS PENURUNAN

No	Q (ton)	Yt (cm)
1	216.0	0.31
2	325.4	0.57
3	353.9	0.79
4	400.1	1.02
5	423.6	1.43
6	427.2	1.83

TEKAN ENTER UNTUK MELANJUTKAN

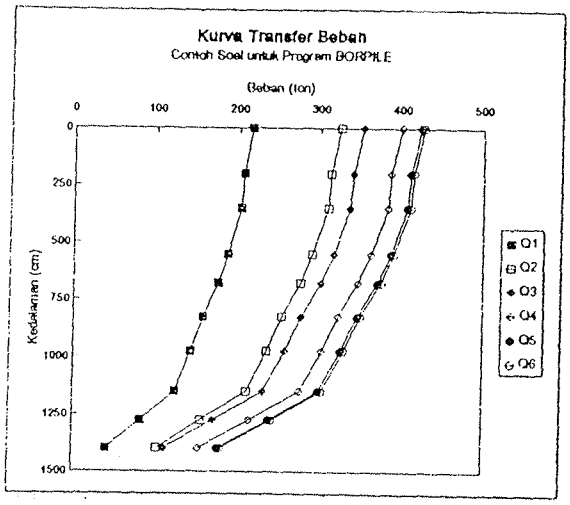


Gambar 7. Kurva beban vs penurunan

LOAD TRANSFER

Depth (cm)	Q1 (ton)	Q2 (ton)	Q3 (ton)	Q4 (ton)	Q5 (ton)	Q6 (ton)
0.0	216.0	325.4	353.9	400.1	423.6	427.2
200.0	206.1	313.6	341.6	387.8	411.3	414.9
350.0	203.2	310.1	337.9	384.1	407.6	411.2
550.0	188.1	291.6	318.4	364.4	387.9	391.5
675.0	176.4	276.9	302.7	348.5	372.1	375.7
825.0	158.4	254.4	278.5	324.0	347.5	351.2
975.0	144.1	236.2	258.7	303.9	327.5	331.1
1150.0	124.9	211.7	231.9	276.6	300.1	303.7
1275.0	82.8	157.0	171.7	215.0	238.5	242.1
1399.0	41.6	103.2	112.2	153.9	177.4	181.0

TEKAN ENTER UNTUK MELANJUTKAN



Gambar 8. Kurva transfer beban

REFERENSI

- COYLE, H.M., REESE L.C.,1966, "Load Transfer for Axially Piles in Clay," Journal of Soil Mechanics and Foundation Division, ASCE, vol. 92, SM2.
- DE MELLO, V., 1971, "The Standard Penetration Test - A State of The Art Report," Fourth Pan America Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, vol. I.
- MEYERHOF, G., 1951, "The Ultimate Bearing Capacity of Foundations," Geotechnique, vol. 2, No.4.
- KULHAWY, F.H., 1985, "Drilled Shaft Foundations," Chapter 14 in Foundation Engineering Handbook, 2nd Ed., Hsai-Yang Fang, ed., Van Nostrand Reinhold, New York.
- KULHAWY, F. H. AND JACKSON, CHRISTINA STAS 1989, "Some Observation on Undrained Side Resistance of Drilled Shaft, " Foundation Engineering : Current Principles and Practice, p.101-11025, ASCE.
- O'NEILL, M, REESE, L.C., 1970, "Behavior of Axially Loaded Drilled Shaft in Beaumont Clay, " Research Report 89-8, Center for Highway Research, Univ. of Texas at Austin.
- POULOS, H.G., DAVIS, 1980, "Pile Foundation Design," John Wiley and Sons.
- RAHARDJO, P.P., ROSNAWATI, I., 1992, "Studi Perilaku Tiang Tunggal yang Dibebani Aksial Berdasarkan Beberapa Fungsi Pengalihan Beban," Short Course, Pile Foundation 92, MBT-HATTI, Desember.
- RAHARDJO, P.P., 1993, "Evaluasi Hasil Uji Pembebanan Pondasi Tiang Bor Berinstrumen untuk Proyek Empire Tower," Laporan Hasil Penelitian.
- RAHARDJO, P.P., MULYANI, J. BROTODIHARDJO, W, ANJASMARA, D., 1993,"Evaluasi Transfer Beban Pada Pondasi Tiang Berinstrumer " Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan, HATTI, Hotel Indonesia.
- RAHARDJO, P.P.; SUKAMTA, D., RUSTINA, A.M., 1994, "Load Transfer of Axially Loaded Bored Pile," Proceeding, 3rd International Conference on Deep Foundations Practice, Singapore.
- REESE, L.C., O'NEILL, M.W., 1989,"New Design Method for Drilled Shaft from Common Soil and Rock Test," Foundation Engineering : Current Principles and Practices, ASCE.
- REESE, L.C., WRIGHT, S.J., 1977, "Drilled Shaft Manual, " U.S. Departement of Transportation.
- SKEMPTON, A.W., 1951, "The Bearing Capacity of Clays, " Proceeding, Building Research Congress, Division I, Part III, London.
- STAS, C.V. AND KULHAWY, F.H., 1984, "Critical Evaluation of Design Methods for Foundations Under Axial Uplift and Compressive Loading, " Report No. EL-3771, Electrical Power Research Institute, Palo Alto, CA.
- STEWART, J.P. AND KULHAWY, F.H., 1981, "Experimental Invertigation of The Uplift Capacity of Drilled Shaft Foundations in Cohesionless Soil, " Contract Report B49(6), Niagara Mohawk Power Coorporation, Syracuse, NY.
- VESIC, A., 1963, "Bearing Capacity of Deep Foundations in Sand, " Highway Research Record No. 39, Highway Research Board, Washington, DC.
- WRIGHT, S.J., 1977, "Limit-State Design of Drilled Shaft, " Thesis presented to the Univ. of Texas in Partial Fulfilment of the Requirement for the Degree of Master of Science, Austin, Texas.