

TUGAS AKHIR
ANALISIS DAYA DUKUNG
PONDASI SUSUN PADA TANAH KOHESIF



Oleh :

Nama : Hari Kristianto
No. Mhs : 91 310 039
Nirm : 910051013114120037

Nama : Muhammad Nurhandoko Judo
No. Mhs : 91 310 157
Nirm : 910051013114120152

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
1999

TUGAS AKHIR
ANALISIS DAYA DUKUNG
PONDASI SUSUN PADA TANAH KOHESIF

*Diajukan kepada Universitas Islam Indonesia
untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh
derajat Sarjana Teknik Sipil*

Oleh :

Nama : Hari Kristianto
No. Mhs : 91 310 039
Nirm : 910051013114120037

Nama : Muhammad Nurhandoko Judo
No. Mhs : 91 310 157
Nirm : 910051013114120152

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
1999

LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR
ANALISIS DAYA DUKUNG
PONDASI SUSUN PADA TANAH KOHESIF

Oleh :

Hari Kristianto

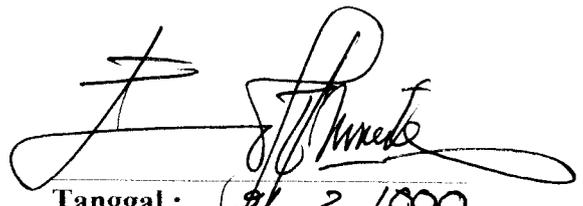
No. Mhs : 91 310 039
Nirm : 910051013114120037

Muhammad Nurhandoko Judo

No. Mhs : 91 310 157
Nirm : 910051013114120152

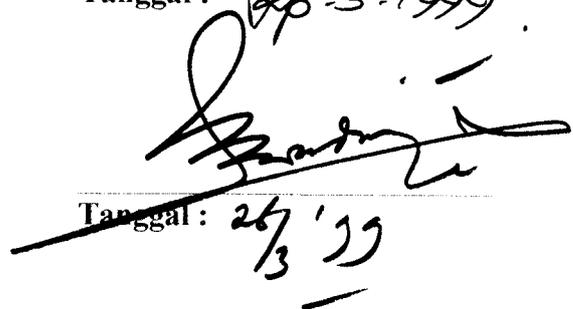
Telah diperiksa dan disetujui oleh :

DR. Ir. Edy Purwanto, CES, DEA.
Dosen Pembimbing I



Tanggal : 26-3-1999

Ir. Ibnu Sudarmadji, MS.
Dosen Pembimbing II



Tanggal : 26/3/99

MOTTO

Ya Allah, jadikanlah aku orang yang berterima kasih pada-Mu, jadikanlah aku orang yang shabar, jadikanlah aku kecil dalam pandnganku tapi seorang yang besar dalam pandangan orang lain.

KATA PENGANTAR

Assalammu'alaikum Wr. Wb.

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmad dan ridho-Nya kepada kita semua, khususnya kepada penyusun sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini, yang merupakan syarat guna memperoleh derajat strata satu (S-1) pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

Dalam penyelesaian tugas ini tidak lepas dari dukungan serta sumbangan pikiran dan saran dari berbagai pihak yang selalu memberikan motivasi dalam menghadapi hambatan yang terjadi selama penyusunan. Untuk itu dengan segala hormat dan keikhlasan hati penyusun haturkan terima kasih kepada :

1. Bapak DR. Ir. Edy Purwanto, CES, DEA, selaku Dosen Pembimbing I,
2. Bapak Ir. Ibnu Sudarmadji, MS, selaku Dosen Pembimbing II,
3. Ayah, Ibu tercinta, Kakak dan Adik yang telah banyak memberi bantuan dan dorongan moril maupun materiil dalam penyusunan Tugas Akhir ini,
4. Bapak DR. Ir. Widodo Phd, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta,
5. Bapak Ir. Tadjuddin BMA, MS, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta,
6. Bapak DR. Ir. Azwar Maas, MSC, selaku konsultan PT. Puser Bumi Konsultan, yang telah memberi masukan data-data lapangan dalam penyusunan Tugas Akhir ini,
7. Pihak-pihak lain yang tidak dapat penyusun sebutkan satu persatu.

Penyusun menyadari dalam penyelesaian Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan, oleh karena keterbatasan pengetahuan akan lahan gambut itu sendiri. Untuk itu penyusun berharap kritik dan saran yang bersifat konstruktif dalam pengembangan dimasa mendatang.

Untuk itu penyusun mengharap kritik dan saran yang bersifat konstruktif dalam pengembangan dimasa mendatang.

Akhir kata, penyusun berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penyusun khususnya dan pembaca umumnya.

Semoga Allah memberkati kita semua, Amien.

Wassalammu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, Maret 1999

Penyusun

DAFTAR ISI

Lembar Judul	i
Lembar Pengesahan	ii
Motto	iii
Kata Pengantar	iv
Daftar Isi	vi
Daftar Simbol	viii
Daftar Tabel	x
Daftar Gambar	xi
Daftar Lampiran	xii
Intisari	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Maksud dan Tujuan	2
1.3. Permasalahan	2
1.4. Manfaat	2
1.5. Metodologi Penelitian	3
1.6. Batasan Masalah	3
1.7. Hipotesis	3
BAB II LANDASAN TEORI	4
2.1. Tanah dan Klasifikasi Tanah	4
2.1.1. Tanah	4
2.1.2. Klasifikasi Tanah	4
2.2. Pondasi	5
2.2.1. Pondasi Telapak	9
2.2.2. Pondasi Dalam	11
2.3. Pondasi Susun	13
2.4. Metode Statik	13

BAB III	DASAR-DASAR PERENCANAAN	15
	3.1. Analisa Gaya yang Bekerja pada Pondasi	15
	3.2. Teori Perhitungan Daya Dukung Pondasi	18
	3.3. Effisiensi Tiang Pancang	26
	3.4. Analisis Penurunan Tiang Pancang Kelompok	28
BAB IV	PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN	31
	4.1. Data-data tanah	31
	4.2. Sketsa struktur pondasi susun	31
	4.3. Analisis pondasi telapak	32
	4.4. Analisis Pondasi Menerus (Gabungan)	34
	4.5. Analisis pondasi tiang pancang kelompok	35
	4.6. Perhitungan Pondasi Tiang Pancang	45
	4.7. Pembahasan	47
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	49
	5.1. Kesimpulan	49
	5.2. Saran	49
PENUTUP	51
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		

DAFTAR SIMBOL

c	= kohesi tanah
c'	= kohesif tanah efektif
C_c	= Indek kompresi
CH	= clay high(lempung dengan kadar air > 50%)
δ	= sudut gesek efektif antara tanah dan bahan tiang pancang
e	= angka pori
E	= epsilon = 2,7182
E_u	= modulus deformasi pada kondisi undrained
E_q	= efisiensi tiang pancang
f_s	= tahanan kulit
τ_b	= berat satuan tanah basah
τ_d	= berat satuan tanah seandainya seluruh air digantikan udara
G_s	= specifik gravity / berat jenias
k	= perbandingan gaya lekatan dengan kekuatan geser tanah
LI	= indeks cair
LL	= batas cair
ΔL	= pertambahan panjang
ML	= lanau dengan kadar air < 50%
MH	= lanau dengan kadar air >50%
μ	= faktor reduksi
M_x	= komponen momen arah - x
M_y	= komponen momen arah - y
n	= jumlah tiang pancang
N_c	= faktor daya dukung
NP	= non predicted
\emptyset	= sudut gesek dalam
\emptyset'	= sudut gesek dalam efektif

- OH = organis high (tanah organis dengan kadar air > 50%)
- PI = indeks plastis
- PL = batas plastis
- Po = tegangan tanah semula sebelum ada bangunan
- ΔP = penambahan tagangan setelah ada bangunan
- q = tegangan vertikal efektif pada elemen ΔL
- qn = tekanan netto pondasi
- Qpq = daya dukung ijin
- Qs = daya dukung satu tiang
- Qt = daya dukung kelompok tiang
- S = derajat kejenuhan
- Sc = penurunan konsolidasi
- Si = penurunan elastis
- SF = faktor keamanan
- ΣV = resultante beban- beban vertikal
- w = kadar air

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Simbol kelompok sistem USC (J.E. Bowles, 1986)	5
Tabel 2.2. Jenis-jenis pondasi dan kegunaannya (Analisis dan Desain Pondasi, J.E. Bowles, 1986)	7
Tabel 4.1. Kapasitas daya dukung tiang kelompok	39
Tabel 4.2. Penurunan kelompok di lokasi sondir Saleh titik 11	40
Tabel 4.3. Penurunan konsolidasi	45
Tabel 4.4. Penurunan total pondasi susun	45
Tabel 4.5. Hasil analisa pondasi susun dan tunggal	46
Tabel 4.6. Kapasitas daya dukung tiang kelompok	47
Tabel 4.7. Komporasi penurunan elastis kelompok tiang	47
Tabel 4.8. Kompirasi penurunan konsolidasi	48

LAMPIRAN

- Lampiran
- 1 Peta Lokasi Uji – Saleh
 - 2 Perbandingan Nilai-Nilai Hasil Uji – Saleh
 - 3 Rangkuman Hasil Uji Laboratorium – Saleh
 - 4 Hasil Sondir (CPT) – Saleh
 - 5 Hasil Boring Log – Saleh
 - 6 Hasil Test Konsolidasi – Saleh
 - 7 Gambar 3.10. Hubungan Nilai $k - c$
Gambar 3.11. Faktor Daya Dukung N_c
 - 8 Gambar 3.12. Nilai Faktor Reduksi μ_0, μ_1
Gambar 3.13. Grafik Modulus Deformasi

INTISARI

Tanah mempunyai peranan yang sangat penting pada suatu pekerjaan konstruksi, karena tanah merupakan pendukung pondasi suatu bangunan, dimana daya dukung pondasi (sub-struktur) sangat ditentukan oleh sifat-sifat daya dukung tanah yang ada. Pembukaan lahan yang terus berkembang menuntut turut dibukanya tanah-tanah bermasalah, seperti tanah gambut/rawa atau tanah lempung lunak ("soft clay"). Pada kondisi tanah seperti ini sulit didapat lapisan tanah keras sebagai pendukung pondasi. Tanah gambut dengan ketebalan yang bervariasi dengan kadar lempung > 50%, berdasarkan karakteristik fisik tanah diketahui tanah di daerah survei merupakan tanah lempung organik dengan kompressibilitas sedang sampai tinggi, akan memerlukan penanganan khusus bila tempat ini akan dibangun suatu konstruksi seperti di daerah Telang-Saleh, Sumatera Selatan.

Tugas Akhir ini bermaksud untuk mencari suatu solusi dari rekayasa sub-struktur dengan menggunakan pondasi susun. Pondasi susun terdiri atas 2 bagian yaitu bagian atas merupakan pondasi telapak dan bagian bawah menggunakan pondasi tiang beton "friction pile".

Dari hasil analisis dapat diketahui besarnya daya dukung pondasi susun dalam menahan beban relatif lebih besar daripada pondasi tiang biasa, dengan parameter-parameter yang ditentukan.

BAB I

PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Pembangunan di Indonesia mengalami perkembangan yang sangat pesat, baik pembangunan fisik maupun pembangunan non fisik. Pembangunan fisik diantaranya adalah pembangunan jalan, bangunan irigasi dan gedung.

Mahalnya harga tanah dan semakin sempitnya lahan di Jawa khususnya, serta pengembangan dan perkembangan pembangunan di luar Jawa membutuhkan perlakuan yang relatif khusus untuk lahan-lahan yang mengandung gambut atau tanah lunak. Dalam hal ini Pemerintah telah menerapkan kebijaksanaan bertahap dalam pengembangan lahan gambut dan rawa. Pertama meliputi pembangunan jaringan yang telah ada, dilengkapi dengan bangunan pengatur air dan bangunan infrastruktur lainnya.

Salah satu propinsi di Indonesia yang banyak memiliki lahan gambut ataupun tanah-tanah lunak adalah Propinsi Sumatera Selatan, yang dewasa ini tengah melaksanakan proyek reklamasi rawa pasang surut di daerah Telang-Saleh. Berdasarkan pengamatan lapangan menunjukkan bahwa tanah di daerah Telang-Saleh adalah tanah rawa yang terisi oleh material aluvial yang diendapkan dalam suasana payau/marin. Bertekstur lempung (*clay*) yang adakalanya bercampur dengan gambut, atau tanah bagian atasnya berupa gambut.

Kondisi lahan gambut dengan ketebalan yang bervariasi (sampai kedalaman 40 m) dengan kadar lempung $> 50\%$ akan memerlukan penanganan khusus bila tempat ini akan dibangun suatu konstruksi jembatan/bangunan.

Mengingat hampir semua bangunan dibuat di atas permukaan tanah, maka pondasi harus dapat memikul beban bangunan atau gaya yang bekerja melalui bangunan tersebut. Dalam pemilihan jenis maupun bentuk pondasi harus dipertimbangkan beberapa hal :

- a. Keadaan tanah di bawah pondasi,

- b. Batasan-batasan akibat konstruksi di atasnya,
- c. Batasan-batasan dari sekelilingnya,
- d. Waktu dan biaya pekerjaan,
- e. Ketahanan struktur pondasi terhadap beban di sekelilingnya.

Sebagian konstruksi pada tanah kohesif pondasinya menggunakan pondasi tiang yang kadang-kadang memerlukan kedalaman yang besar. Penggunaan pondasi susun diharapkan akan memperkecil kedalaman yang diperlukan oleh tiang pancang dan memanfaatkan tekanan air ke atas di bawah plat tumpuan untuk mendukung beban.

2. Maksud dan Tujuan

Maksud dari penelitian ini adalah mempelajari perilaku mekanis dan analisis pondasi susun dua pada tanah kohesif. Tujuannya adalah untuk mencari suatu solusi sub-struktur dengan rekayasa pondasi menggunakan pondasi susun pada tanah lunak (*soft clay*) berdasarkan data-data yang ada di lapangan (Telang-Saleh, Sumatera Selatan).

3. Permasalahan

Penggunaan sistem pondasi pada tanah lunak (*soft clay*) pada umumnya menggunakan pondasi tiang kelompok beton *friction pile* yang membutuhkan kedalaman yang besar sedangkan permasalahannya :

- a. Tanah mempunyai daya dukung kecil,
- b. Ketebalan tanah gambut/lempung lunak relatif besar/tebal sehingga memerlukan jenis pondasi dalam.

4. Manfaat

Pembukaan lahan yang terus berkembang menuntut dibangunnya jaringan infrastruktur yang memenuhi persyaratan teknis, termasuk pada lahan gambut/rawa. Manfaat dari tugas akhir ini adalah agar hasil yang diperoleh dapat digunakan untuk diversifikasi dalam rekayasa pondasi, pada tanah gambut ataupun tanah lempung lunak (*soft clay*), sehingga kegagalan daya dukung (*bearing failure*) dan penurunan yang berlebihan dapat dihindari.

5. Metodologi Penelitian

Penelitian tugas akhir ini adalah merupakan studi literatur. Secara garis besar langkah-langkah penelitian dilakukan sebagai berikut :

1. Data mengenai kondisi tanah/lokasi (dalam hal ini lokasi penelitian dilakukan di daerah Telang-Saleh, sedangkan kondisi tanahnya adalah lempung lunak dengan lapisan gambut di atasnya) dikumpulkan,
2. Beberapa pustaka mengenai perancangan pondasi dangkal dan pondasi dalam pada suatu tanah dengan kondisi tanah kohesif ditelaah,
3. Beban/gaya yang bekerja yang dilimpahkan pada pondasi ditentukan,
4. Analisis mekanis dan daya dukung serta pendimensian pondasi direncanakan.

6. Batasan Masalah

Pada penulisan tugas akhir ini permasalahan dibatasi sebagai berikut ini :

1. Kondisi tanah kohesif adalah tanah gambut/lempung lunak dan dalam penulisan ini diambil dari data-data geoteknik lapangan dan laboratorium PT. Puser Bumi Consultan di daerah Telang-Saleh, Sumatra Selatan,
2. Pengambilan titik lokasi sondir difokuskan pada daerah Saleh titik 11,
3. Jenis pondasi yang dipakai adalah pondasi susun dua, dengan bagian atas berupa pondasi telapak dan bagian bawah berupa pondasi dalam. Jenis pondasi dalam berupa tiang beton *friction pile* pracetak. Tiang kelompok dengan mutu K-350 bertampang lingkaran/bulat,
4. Analisis perhitungan pondasi tiang pancang beton didasarkan pada metode statik, untuk menentukan kapasitas daya dukung tiang akibat beban axial,
5. Beban horisontal dan beban gempa diabaikan,
6. Kesulitan-kesulitan pada pelaksanaan di lapangan tidak diperhitungkan.

7. Hipotesa

Pondasi susun akan memberikan daya dukung yang lebih besar dalam menahan beban daripada pondasi tiang biasa.

BAB II LANDASAN TEORI

2.1. Tanah

Tanah merupakan suatu agregat alam dari butiran mineral, dengan atau tanpa kandungan organik yang dapat dipisahkan dengan cara mekanis ringan seperti pengadukan dalam air (Ralp B. Peck, 1996).

Tanah selalu mempunyai peranan yang amat penting dalam suatu pekerjaan konstruksi. Tanah adalah sebagai dasar pondasi pendukung suatu bangunan atau bahan konstruksi dari bangunan itu sendiri seperti tanggul atau bendungan dan kadang-kadang juga sebagai penyebab timbulnya gaya luar pada bangunan.

Pada umumnya semua bangunan dibuat di atas atau di bawah permukaan tanah, maka diperlukan suatu sistem pondasi, pondasi yang akan menyalurkan beban dari bangunan ke tanah.

2.1.2. Klasifikasi Tanah

Tanah mempunyai peranan yang penting pada suatu pekerjaan konstruksi terutama sebagai pendukung pondasi bangunan, untuk itu perlu diketahui sifat-sifat dan lapisan tanah. Penyelidikan kondisi lapisan tanah setempat merupakan prasyarat bagi perancangan elemen bangunan bawah (sub struktur). Suatu deposit tanah harus diidentifikasi apakah berbutir kasar, halus atau campuran dan perlu diketahui teksturnya (pasir, lanau dan lempung) serta kandungan kerikil atau bebatuan lainnya. Selanjutnya dapat diteliti dan ditentukan sifat-sifat indeks dan parameter-parameter yang diperlukan untuk suatu konstruksi. Berbagai macam metode digunakan untuk melakukan penyelidikan tanah. Biasanya tanah secara sepintas dibagi dalam tanah yang berbutir kasar dan berbutir halus berdasarkan hasil analisis mekanis. Selanjutnya tahap klasifikasi tanah berbutir halus diadakan berdasarkan percobaan konsistensi (Suyono.S, Kazuko N, 1980). Dari beberapa

sistem klasifikasi yang ada, terdapat dua jenis metode yang erat kaitannya dengan studi literatur pada tanah gambut adalah :

1. Sistem klasifikasi tanah *Unified Soil Classification* (USC)

Sistem yang paling banyak dipakai untuk pekerjaan teknik pondasi seperti bendungan, bangunan gedung dan konstruksi yang hampir sama,

2. *American Association of State Highway and Transportation* (AASHTO)

Dipakai oleh beberapa Departemen Transportasi dari negara bagian di Amerika untuk spesifikasi pekerjaan tanah pada transportasi.

Sistem klasifikasi USC cenderung dipakai karena berkaitan dengan perencanaan pondasi. Berdasarkan sistem USC, tanah dibagi menjadi tiga kelompok besar, yaitu ; berbutir kasar, berbutir halus dan sangat organik. Batas antara tanah berbutir kasar dan halus adalah lubang ayakan no : 200 (Terzaqhi).

Sistem klasifikasi USC mendefinisikan tanah sebagai berbutir halus apabila lebih dari 50% dapat melalui saringan no: 200 (0,074 mm), selanjutnya tanah berbutir halus dibagi menjadi tiga kelompok : lanau (M), lempung (C), dan organik (O) untuk jelasnya dapat dilihat pada Tabel berikut ini.

Tabel 2.1. Simbol kelompok sistem USC (J.E. Bowles, 1986)

Jenis Tanah	Prefiks	Sub Kelompok	Sufiks
Kerikil	G	Gradasi baik	W
		Gradasi buruk	P
Pasir	S	Berlanau	M
		Berlempung	C
Lanau	M	wl < 50%	L
Lempung	C		
Organis	O	wl > 50%	H
Gambut	Pt		

2.2. Pondasi

Semua konstruksi yang direkayasa untuk bertumpu pada tanah harus didukung oleh suatu struktur bawah atau pondasi. Pondasi adalah bagian dari suatu sistem rekayasa yang meneruskan beban yang ditopang oleh pondasi dan beratnya sendiri ke dalam tanah dan batuan yang terletak dibawahnya.

Tabel 2.2. Jenis-jenis pondasi dan kegunaannya (Analisis dan Desain Pondasi, J.E. Bowles, 1986)

Jenis Pondasi	Kegunaan	Kondisi tanah yang sesuai
Pondasi telapak,sebar dan dinding	Kolom individu, dinding pilar jembatan	Sembarang kondisi asalkan daya dukung mampu memikul beban yang bekerja, dapat diletakan pada statrum tunggal; lapisan keras di atas lapisan lunak, atau lapisan lunak di atas lapisan keras. Periksa penurunan segera, diferensial dan konsolidasi.
Pondasi rakit	Sama seperti pondasi telapak sebar dan dinding, beban kolom yang berat. Biasanya memperkecil penurunan diferensial & keseluruhan	Umumnya daya dukung tanah lebih kecil daripada untuk pondasi telapak; lebih setengah luas gedung tertutup oleh pondasi telapak yang individu. Periksa penurunan.
Pondasi tiang pancang terapung (<i>Floating</i>)	Dibuat dalam kelompok (paling sedikit 2) untuk memikul beban kolom yang berat, beban dinding; memerlukan kepala tiang/poer (pile cap)	Tanah permukaan dan tanah dekat permukaan jelek. Tanah dengan daya dukung yang tinggi berada 20-50 m di bawah ruangan bawah tanah atau permukaan tanah, tetapi dengan menyebarkan beban sepanjang keliling tiang maka kekuatan tanah memadai. Tanah korosif mungkin memerlukan tiang pancang beton atau kayu
Tahanan ujung (bearing)	Dibuat dalam kelompok (paling sedikit 2) untuk memikul beban kolom yang berat, beban dinding; memerlukan kepala tiang	Tanah permukaan dan tanah dekat permukaan jelek; tanah dengan daya dukung yang tinggi (tahanan ujung) berada pada 8-50 m dibawah permukaan tanah.
Kaison (lubang berdiameter 75 cm atau lebih); umumnya tahanan ujung atau kombinasi tahanan ujung dan gesekan keliling	Beban kolom yang lebih besar daripada untuk tiang pancang; menghilangkan keperluan kepala tiang dengan menggunakan kaison sebagai perluasan kolom	Tanah permukaan dan tanah dekat permukaan jelek; tanah dengan daya dukung yang tinggi (tahanan ujung) berada pada 8-50 m di bawah permukaan tanah.
Dinding penahan, kepala jembatan	Konstruksi penahan permanen	Setiap jenis tanah, tetapi daerah tertentu, dibelakang diding biasanya memerlukan bahan urugan yang khusus.
Konstruksi dinding-papan turap	Konstruksi penahan sementara seperti galian, konstruksi yang dekat air, bendungan elak	Setiap tanah, konstruksi yang dekat air mungkin memerlukan campuran logam khusus atau perlindungan terhadap korosi. Bendungan elak memerlukan bahan urgan yang khusus.

Menurut L.D.Wesley, keadaan tanah dimana lapisan keras sangat dalam sehingga pembuatan dan perencanaan tiang sampai lapisan tersebut sukar dilaksanakan, dalam hal ini dapat digunakan *friction pile*. Dalam hal ini perlawanan ujung akan jauh lebih kecil daripada perlawanan akibat pelekatan antara tiang dengan tanah, karena itu dalam menghitung daya dukung tiang harus dapat menentukan besarnya gaya pelekatan antara tiang dengan tanah .

Untuk lapisan lempung, pembuatan bangunan di atasnya akan selalu menimbulkan tegangan pori, yang mana tidak akan segera menyusut, biasanya waktu yang diperlukan untuk penyusutan tegangan pori jauh lebih lama daripada waktu yang diperlukan untuk mendirikan bangunan di atasnya. Hal ini berarti bahwa kekuatan geser lempung tidak akan mengalami banyak perubahan selama masa pembangunan, karena itu daya dukung lempung biasanya dihitung dengan memakai nilai kekuatan geser sebelum bangunan didirikan, yaitu kekuatan geser *undrained*. Dengan cara ini σ dianggap nol dan kekuatan geser $s = c$ (L.D. Wesley, 1970).

Melihat dari tolok ukur di atas dan jenis tanahnya adalah rawa/gambut pada permukaan dan lempung lunak pada lapisan bawah, dimana untuk mendapatkan lapisan tanah keras sangat kecil, sehingga perlawanan ujung pondasi akan lebih kecil daripada akibat pelekatan tiang dengan tanah, maka pemilihan pondasi bersusun dicoba untuk digunakan dalam studi literatur ini. Pada hakekatnya menurut kedalamannya pondasi dibagi dua yaitu: pondasi dangkal dan pondasi dalam. Diantaranya yang termasuk pondasi dangkal adalah pondasi telapak, telapak gabungan, pondasi plat, sedangkan yang termasuk pondasi dalam diantaranya adalah pondasi tiang pancang. Pada keadaan tertentu pondasi telapak, plat, dan tiang pancang sebagai pendukung struktur, dibuat di atas tanah lempung dan lanau plastis. Untuk tiap tipe pondasi diperlukan penelitian tersendiri guna menentukan faktor aman kapasitas daya dukung pondasi dan perkiraan jumlah penurunan. Daya dukung terutama tergantung pada tahanan lintang tanah. Bila beban diletakkan pada telapak di atas lempung terendam, terjadi tekanan air pori, jika lempung cukup kedap air, tidak akan cepat hilang. Sekurang-kurangnya setelah selang waktu pendek setelah pembebanan, berlaku kondisi tanpa drainasi

(*undrain*), analisis $\phi = 0$ dapat digunakan. Kekuatan diambil seperti kuat lintang *undrain* atau $1\frac{1}{3}$ kali kuat kompresi tanah bebas. Untuk memperkirakan konsolidasi yang akan terjadi, analisis dengan anggapan $\phi = 0$ dianggap cukup aman. Penurunan yang terjadi tergantung pada kompresibilitas lempung, erat hubungannya dengan pembebanan.

2.2.1. Pondasi Telapak

A. Jenis-jenis Pondasi Telapak

Pondasi telapak adalah suatu pondasi yang mendukung bangunan secara langsung pada tanah pondasi, bilamana terdapat lapisan tanah yang cukup tebal dengan kualitas yang baik dan mampu mendukung bangunan itu pada permukaan tanah atau sedikit di bawah permukaan tanah.

Pondasi telapak umumnya dibangun di atas tanah pendukung pondasi dengan membuat suatu tumpuan yang bentuk dan ukurannya sesuai dengan beban bangunan dan daya dukung pondasi itu. Pondasi itu bersatu dengan bagian utama bangunan sehingga merupakan suatu konstruksi yang monolit. Pondasi ini dibedakan sebagai berikut :

1. Pondasi telapak tumpuan tunggal,
2. Pondasi telapak tumpuan menerus,
3. Pondasi telapak tumpuan kombinasi,
4. Pondasi telapak tumpuan plat.

B. Tanah Pendukung dan Mekanisme Pendukung

Alas pondasi telapak terletak pada lapisan tanah pendukung yang mempunyai kualitas cukup baik. Biasanya, selain lapisan batuan dasar atau kerikil, lapisan tanah berpasir memiliki nilai N yang lebih besar dari 30, dan tanah kohesif memiliki nilai N yang lebih besar dari 20. Kedua macam tanah ini biasanya memiliki ketebalan lapisan yang cukup (lebih dari 1,5 kali lebar pondasi), dan di bawahnya tidak terdapat lapisan tanah yang kurang baik kualitasnya (Kazuto Nakazawa).

Mekanisme pendukung pondasi langsung, berdasar pada prinsip bahwa beban vertikal dan momen yang bekerja pada pondasi, sebagian besar ditahan oleh

daya dukung (*bearing capacity*) tanah pondasi pada dasar pondasi, dan beban mendatar sebagian besar ditahan oleh hambatan geser (*sliding resistance*) dari dasar pondasi. Jika pondasi ini tertanam dalam, geseran atau tekanan tanah di muka pondasi juga ikut menahan beban, tetapi pondasi ini tertanam dangkal, gaya penahan ini umumnya kecil dan tanah di muka pondasi kadang-kadang akan mengalami pengikisan dan pengaruh cuaca, sehingga dalam perencanaan gaya penahan ini diabaikan.

C. Kedalaman Pondasi

Kedalaman pondasi telapak yang diperlukan, ditetapkan dengan mempertimbangkan hal-hal sebagai berikut ini :

1. Dalamnya tanah yang menimbulkan perubahan volume,
2. Tergantung dari apa yang tertanam di dalam tanah dan bangunan didekatnya,
3. Muka air tanah,
4. Derajat dan besarnya ketebalan lapisan tanah pendukung.

D. Kestabilan Pondasi Dalam Arah Vertikal

Daya dukung vertikal yang diijinkan adalah gaya vertikal yang bekerja pada dasar pondasi tidak boleh melebihi daya dukung (*bearing capacity*) tanah pondasi yang diijinkan.

Daya dukung pondasi yang diijinkan, dihitung dengan persamaan berikut ini.

$$Q_a = \frac{Q_u}{3}$$

Dimana :

$$Q_u = 1,3 \cdot C \cdot N_c + \gamma \cdot DF \cdot N_q + 0,4 \cdot B \cdot \gamma \cdot N_\gamma \quad (\text{Terzaghi}) \dots \dots \dots (1)$$

Q_u : Daya dukung ultimate

2.2.2. Pondasi Dalam

Jenis pondasi dalam yang paling umum digunakan adalah pondasi tiang. Pondasi tiang digunakan untuk meneruskan beban permukaan pada lapisan pendukung beban yang dalam apabila tanah permukaan tidak mampu mendukung beban yang bekerja.

Tiang-tiang pada umumnya memperoleh dukungan berupa kombinasi dari gesekan sepanjang permukaan badan tiang dan dukungan ujung tiang. Dukungan ujung tiang akan terjadi apabila ujung tiang menyentuh tanah keras. Pada tiang gesekan daya ujung diperoleh dari pelekatan antara tiang dengan tanah, sehingga dalam perhitungan daya dukungnya harus diketahui besarnya gaya pelekatan tiang dengan tanah.

Beban-beban yang bekerja akan diteruskan ke tiang–tiang melalui poer beton bertulang. Satu kelompok tiang biasanya tertanam pada sebuah poer. Pondasi tiang pancang pada umumnya terdiri dari berbagai variasi ukuran, bentuk dan bahan.

A. Macam-macam pondasi tiang pancang

a. Pondasi tiang berdasarkan jenis material/bahannya :

1. Pondasi tiang kayu,
2. Pondasi tiang baja,
3. Pondasi tiang beton,
4. Pondasi tiang komposit (kayu-beton, baja-beton).

b. Pondasi tiang berdasarkan cara pemindahan beban dibagi dalam dua katagori (J.E. Bowles, 1991)

1. Tiang pancang mengambang (*friction pile*)

Hubungan keliling tiang/selimut dengan parameter tanah sekeliling tiang pancang dapat mengembangkan tahanan kulit yang cukup kuat untuk memikul beban-beban yang diperkirakan akan timbul.

2. Tiang pancang dukung ujung (*end bearing pile*)

Tanah permukaan atau dekat dengan permukaan tidak dapat diandalkan untuk tahanan kulit, kemampuan tiang menahan beban berdasarkan pada ujung tiang dilapisan tanah keras yang memenuhi syarat teknis.

c. Berdasarkan dari cara pemasangan tiang beton dibagi menjadi dua:

1. Tiang pancang beton pracetak, terbagi atas tiang beton bertulang pracetak dan tiang beton prategang pracetak. Cara pelaksanaan tiang beton precast dipancang dengan cara ditumbuk atau dengan penggetaran,

2. Tiang yang dicor ditempat (*cast in place*). Dipasang dengan membuat lubang pada tanah dan mengisinya dengan adukan beton.

B. Perencanaan pondasi dalam

Pada pondasi tiang, tiang-tiang yang dimasukkan sampai ke lapisan tanah keras dianggap bahwa seluruh beban tiang dipindahkan ke lapisan keras melalui ujung tiang, sedang tiang gesekan mendapat daya dukung dari gesekan antara tanah dengan tiang.

Walaupun tiang menumpu pada lapisan tanah yang cukup baik namun dasar pembagian beban yang sama (merata) harus tetap dipegang agar dapat dihindari hal-hal yang tidak diperkirakan sebelumnya akibat penurunan yang tidak sama. Jarak minimum yang lazim digunakan adalah ketentuan jarak antara masing-masing tiang diukur dari sumbu tiang adalah $2,5 D < s < 3,5 D$, dengan s adalah jarak antar tiang dan D adalah diameter tiang (J.E. Bowles, 1991). Pengaturan jarak tiang yang cukup besar dimaksudkan agar tegangan-tegangan yang terjadi pada lapisan tanah tidak akan overlap.

2.3. Pondasi Susun

Pondasi susun merupakan gabungan dari dua buah pondasi, yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam. Struktur pondasi bagian atas merupakan pondasi telapak sedangkan struktur bagian bawah adalah pondasi tiang pancang. Antara pondasi telapak dan pondasi tiang pancang dihubungkan dengan beberapa kolom dengan ukuran tertentu. Kedalaman pondasi telapak dan kolom dibuat tidak terlalu besar, agar dalam pelaksanaan pekerjaan relatif mudah tetapi tetap memberikan daya dukung yang cukup terhadap beban di atasnya. Beban dari pondasi telapak diteruskan melalui kolom ke tiang pada pondasi tiang pancang kelompok dan menjadi beban terpusat. Pada tanah kohesif digunakan pondasi *friction pile*. Dalam pelaksanaan tiang pancang yang digunakan adalah tiang pancang beton pracetak. Adapun kolom dibawah pondasi telapak dicor di tempat.

2.4 Metode Statik

Maksud dari perhitungan dengan metode statik adalah perhitungan yang menggunakan *Bearing Capacity Formula* dengan *strength* parameter yang

diperoleh dari hasil uji lapangan maupun uji laboratorium, dengan menggunakan rumus-rumus empiris langsung berdasarkan uji lapangan (CPT, SPT) atau data hasil uji laboratorium. Parameter tanah yang diperlukan untuk analisa kapasitas tiang pancang statik terdiri dari sudut gesek dalam dan kohesi tanah. Parameter tanah ditentukan dari percobaan Triaksial di laboratorium pada contoh tanah yang tak terganggu (J.E. Bowles).

Adapun menurut Terzaqhi hasil-hasil CPT dan SPT in-situ pada pondasi dalam memberikan gambaran yang lebih baik tentang perilaku bangunan daripada gambaran yang dapat diberikan oleh hasil-hasil laboratorium atas contoh tanah yang “tak terganggu” (*Undisturbed Soil*).

Pemilihan dari harga tekanan konus dari *Cone Penetration Test* (CPT) dan harga-N dari *Standard Penetration Test* (SPT) dalam perhitungan daya dukung tiang dan perkiraan terjadinya penurunan (*Settlement*) tiang, karena kedua harga tersebut memberikan gambaran secara langsung mengenai sifat-sifat tanah pendukung secara insitu dari setiap lapisan tanah. Hasil uji CPT dan SPT memberikan data secara langsung dan tepat adapun datanya adalah sebagai berikut ini.

- Kekuatan geser (*Shear Resistance*).
- Jenis tanah (Lanau, lempung, pasir dll).
- Kekuatan daya dukung ultimit masing- masing lapisan.
- Kedalaman dari masing-masing lapisan tanah.
- Sifat *compresibility* dan *deformation properties*.

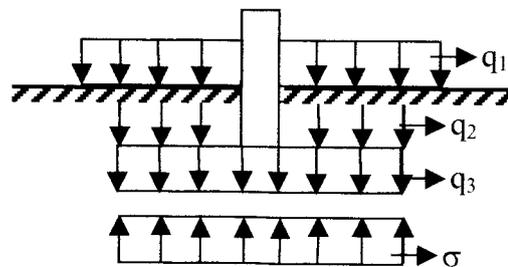
BAB III DASAR-DASAR PERENCANAAN

3.1. Analisis Gaya yang Bekerja pada Pondasi

Pondasi tiang mempunyai bentuk yang sebenarnya sama, hanya berbeda di dalam meneruskan gaya-gaya ke tanah dasar pondasi melalui tiang, antara lain beban diteruskan melalui ujung tiang, lekatan atau gesekan pada tiang. Adapun beban luar yang diterima oleh bangunan diteruskan melalui tiang, bila kapasitas daya dukung tiang rendah, maka bangunan akan mengalami penurunan yang besar ke dalam tanah, sedang bila kapasitas daya dukung tiang terlalu besar, bangunan tersebut kurang ekonomis. Selain itu beban yang bekerja dapat dikelompokkan sebagai beban terbagi rata, beban sentris, beban eksentris. Di bawah ini akan ditinjau pengaruh beban sentris yang bekerja.

a. Beban terbagi rata

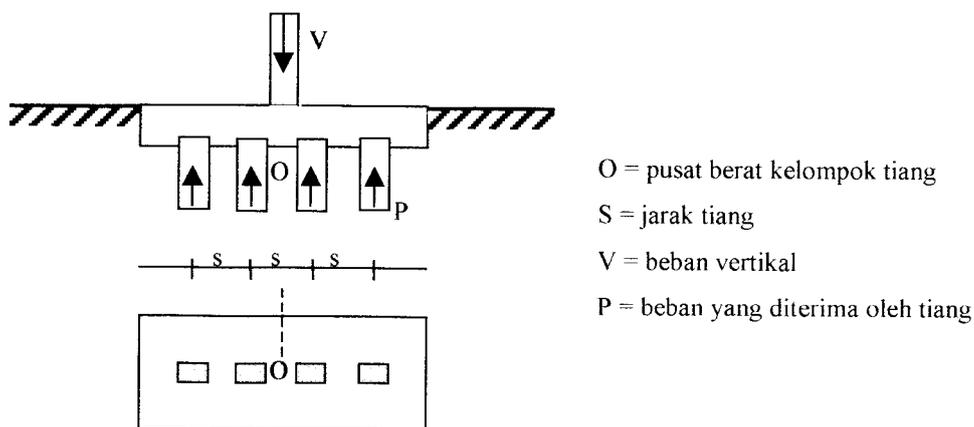
Beban ini dapat berupa beban di atas lantai bawah (q_1), beban plat pondasi itu sendiri (q_3) atau beban tanah yang ada diatas plat pondasi (q_2).



Gambar 3.1. Beban terbagi rata (q)

Dengan anggapan struktur tanah homogen, tanah akan memberikan reaksi (σ) sebesar jumlah beban terbagi rata ($q_1 + q_2 + q_3$) yang bekerja pada plat pondasi ($\sigma = q_1 + q_2 + q_3$).

b. Beban terpusat vertikal sentris

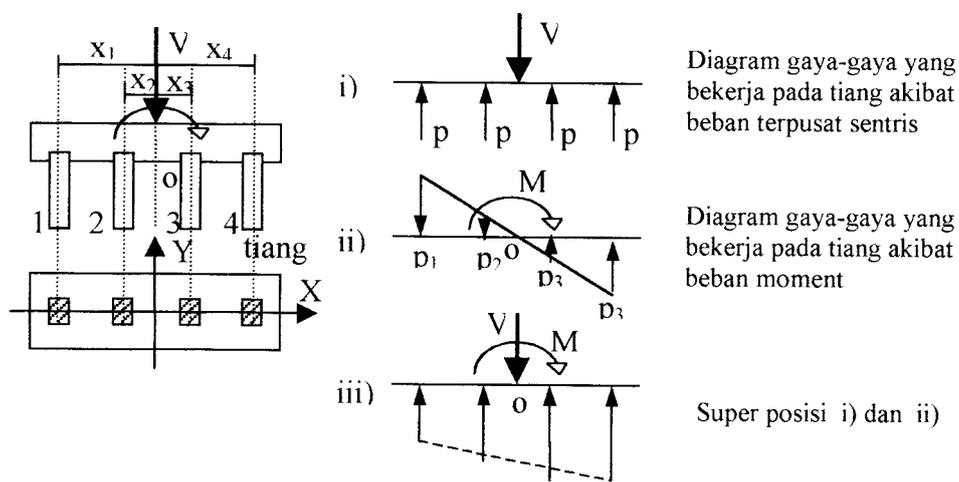


Gambar 3.2. Beban terpusat sentris

Beban ini merupakan beban titik sentris (V) yang bekerja melalui pusat berat kelompok tiang (O), beban diteruskan ke tanah dasar pondasi melalui tiang-tiang secara terbagi rata. Bila jumlah tiang yang mendukung pondasi tersebut (n), maka setiap tiang akan menerima beban sebesar :

$$p = \frac{V}{n} \dots\dots\dots(1)$$

c. Beban terpusat vertikal eksentris



Gambar 3.2. Analisis gaya pada tiang akibat beban vertikal eksentris

Beban terpusat vertikal eksentris identik dengan beban terpusat vertikal sentris terhadap pusat berat kelompok tiang (O), ditambah dengan beban momen

terhadap titik o. Momen terjadi karena beban terpusat vertikal eksentris(V) dibuat menjadi beban vertikal sentris, mengakibatkan pergeseran letak (P) terhadap titik pusat (o) sebesar (e) sehingga timbul momen sebesar P.e

$$M = \sum_{i=1}^n p_i x_i \dots\dots\dots(2)$$

Poer diasumsikan kaku sempurna, maka akibat beban yang bekerja pada tiang akan memberikan perbandingan penurunan secara linier :

$$p_2 = \frac{x_2}{x_1} \cdot p_1 \quad \text{atau} \quad p_n = \frac{x_n}{x_1} \cdot p_1$$

persamaan tersebut disubstitusikan ke persamaan 2, diperoleh :

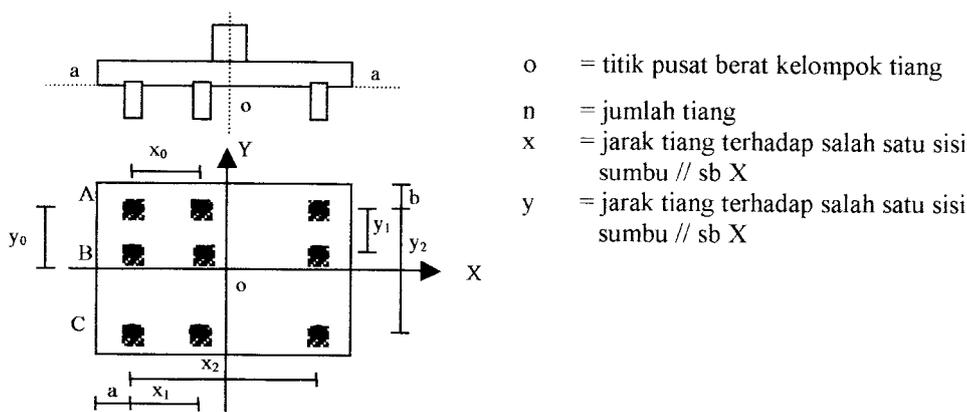
$$M = p_1 \cdot \frac{x_1^2}{x_1} + p_1 \cdot \frac{x_2^2}{x_1} + \dots + p_1 \frac{x_n^2}{x_1}$$

sehingga beban yang diterima tiap tiang :

$$p = \frac{V}{n} \pm \frac{M \cdot x_i}{\sum x^2} \dots\dots\dots(3)$$

d. Beban terpusat vertikal eksentris terhadap titik pusat berat kelompok tiang

Beban terpusat vertikal eksentris terhadap pusat berat kelompok tiang sama dengan kombinasi beban terpusat vertikal sentris terhadap pusat kelompok tiang ditambah adanya momen, keadaan ini dijumpai pada kelompok tiang dengan jarak tiang asimetris.



Gambar 3.4. Letak titik berat kelompok tiang

$$nx_0 = n_1 \cdot x_1 + n_2 \cdot x_2 + \dots$$

$$x_0 = \frac{n_1 \cdot x_1 + n_2 \cdot x_2 + \dots + n_n \cdot x_n}{n} \dots \dots \dots (5)$$

analog dengan persamaan (5), titik y_0 :

$$y_0 = \frac{n_1 \cdot y_1 + n_2 \cdot y_2 + \dots + n_n \cdot y_n}{n} \dots \dots \dots (6)$$

Dengan (x_0, y_0) pada titik berat kelompok tiang, maka koordinat tiap tiang dapat diketahui. Beban pada tiang ke- i (koordinat pusat tiang x_i, y_i) diperoleh :

$$p_i = \frac{V}{n} \pm \frac{M_y \cdot x_i}{n_y \cdot \sum x^2} \pm \frac{M_x \cdot y_i}{n_x \cdot \sum y^2} \dots \dots \dots (7)$$

dimana :

- p_i = beban pada tiang ke - i
- V = resultante pada tiang ke - i
- n = jumlah tiang
- M_x = komponen momen pada arah sumbu X
- M_y = komponen momen pada arah sumbu Y
- x_i = absis pusat tiang ke - i
- y_i = ordinat pusat tiang ke - i
- n_y = jumlah tiang dalam satu baris arah sumbu Y
- n_x = jumlah tiang dalam satu baris arah sumbu X
- $\sum x^2 = n_x \cdot x_1 + n_x \cdot x_2 + \dots + n_x \cdot x_n^2$
- $\sum y^2 = n_y \cdot y_1 + n_y \cdot y_2 + \dots + n_y \cdot y_n^2$

3.2. Teori Perhitungan Daya Dukung Pondasi

A. Daya Dukung Ultimit pada Pondasi Telapak

a. Pondasi telapak tunggal

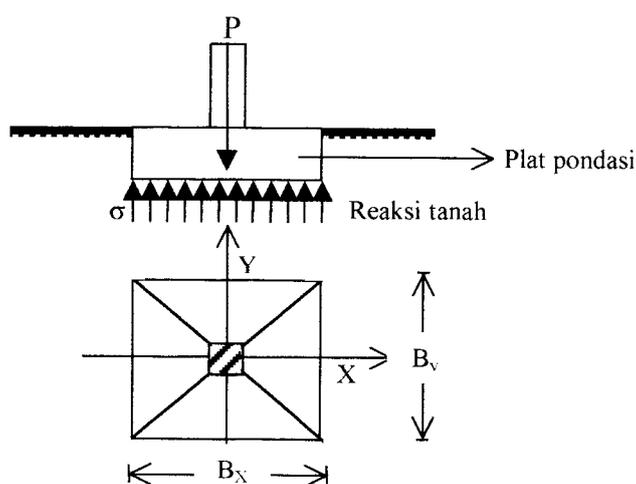
Tekanan ultimit bersih yang dapat didukung oleh tanah di bawah pondasi plat pada tanah kohesif adalah (Terzaqhi):

$$Q_{ult} = 1,3 \cdot C \cdot N_c + \gamma \cdot DF \cdot N_q + 0,4 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \dots \dots \dots (8)$$

Dari rumus diatas terlihat bahwa kedalaman pondasi telapak sangat berpengaruh terhadap daya dukung ultimit. Kedalaman pondasi telapak juga dipengaruhi oleh

kondisi tanah setempat. Salah satunya jika tanah mengalami proses kembang susut akibat pengaruh iklim. Untuk menghindari kondisi di atas disyaratkan kedalaman dasar pondasi yang baik berkisar minimum antara 0,8 m sampai 1,0 m.

Gaya-gaya yang bekerja pada pondasi telapak merupakan beban titik sentris, yaitu merupakan resultante gaya-gaya yang bekerja pada bangunan tersebut. Dalam hal ini digunakan anggapan bahwa tanah di bawah plat pondasi adalah homogen, sehingga reaksi tanah akibat beban yang bekerja merata pada seluruh plat pondasi.

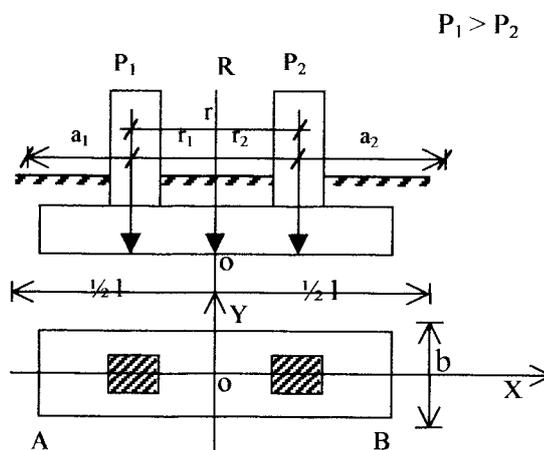


Gambar 3.5. Beban titik sentris

Bilamana lebar pondasi (B_x) dan panjang pondasi (B_y) maka luas pondasi (A) = $B_x \cdot B_y$. Reaksi tanah akibat beban yang bekerja $\sigma = P/A$.

b. Pondasi telapak gabungan segi-empat

Dalam keadaan tertentu, tipe ini digunakan bila mana dijumpai ($p_2 > p_1$) dan kolom dengan beban berat terletak di arah ruangan yang bebas artinya dapat dibangun pelat pondasi dengan luas yang tidak terbatas.



Gambar 3.6. Bentuk pondasi telapak gabungan segi empat

Langkah-langkah yang diambil dalam analisis pondasi telapak gabungan adalah sebagai berikut :

Menentukan besarnya resultante gaya-gaya yang bekerja $R = P_1 + P_2$.

Menentukan letak garis kerja (R), dengan menggunakan statis momen terhadap pusat kolom P_1 atau P_2 . Dalam hal ini dimisalkan terhadap P_1 maka letak resultante (R) adalah r_1 .

$$R \cdot r_1 = P_2 \cdot r$$

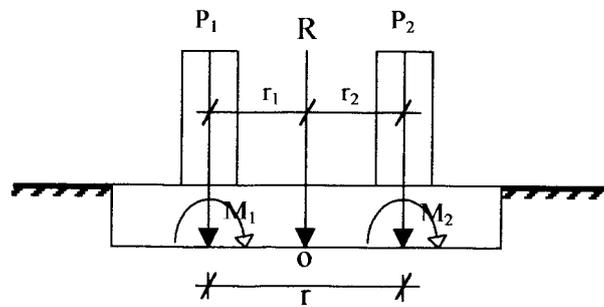
Dibuat atau diusahakan letak resultante (R) berimpit atau melalui pusat berat pondasi (o), sehingga diperoleh r_1 atau $a_1 = \frac{1}{2} l$, dan panjang pondasi diperoleh sebesar : $l = 2(r_1 + a_1)$

Untuk mencari luas alas pelat pondasi, diperoleh hubungan sebagai berikut :

$$A = R / \sigma_{\text{netto}} = \sigma_{\text{tanah}} - q_{\text{pelat pondasi}}$$

$$\text{Lebar pondasi diperoleh dari } b = \frac{A}{l}$$

Selain itu, beban yang bekerja (beban normal) umumnya beban vertikal (P) dan beban momen (M) sehingga mempengaruhi letak garis kerja resultante (R)



Gambar 3.7. Pengaruh momen (M) pada pondasi telapak gabungan segi empat

Letak garis kerja $R(r_1)$ dicari sebagai berikut :

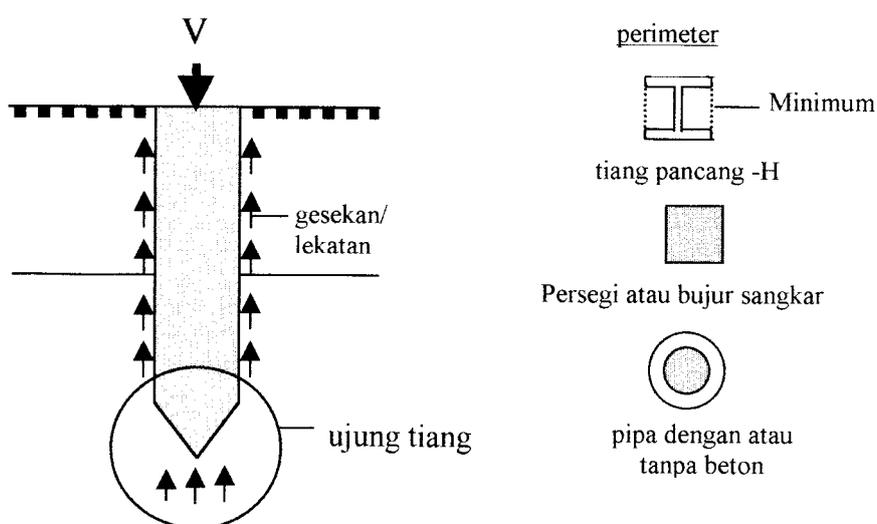
$$R \cdot r_1 = P_2 \cdot r + M_1 + M_2$$

Pada umumnya, beban yang bekerja pada suatu konstruksi bangunan maupun pondasi, dapat diklasifikasikan sebagai beban normal dan beban sementara. Sehingga diharapkan $e < 1/6 l$ atau $\sigma_{ext} = R/A (1 + 6e/l) + q$

B. Kapasitas Daya Dukung Tiang *Friction Pile*

a. Kapasitas daya dukung tiang keseimbangan satu tiang *friction*

Kapasitas daya dukung kesetimbangan satu tiang berdasarkan pada besarnya nilai perlawanan ujung (q_c) dan jumlah hambatan lekat ($L \cdot c$) dari permukaan tanah sampai kedalaman yang direncanakan. Besarnya parameter ini ditentukan dari hasil tes sondir di lapangan pada titik yang telah ditentukan.



Gambar 3.8. Deskripsi kapasitas daya dukung tiang tunggal

Daya dukung keseimbangan (Q_a) diperoleh dengan :

1. Persamaan menurut L. D. Wesley :

$$\text{Dimana : } Q_a = \frac{P \cdot A}{SF} + \frac{O \cdot L \cdot c}{SF} \dots\dots\dots(9)$$

P = nilai konis pada kedalaman rencana

A = Luas tiang

O = keliling tiang

L . c = Jumlah hambatan lekat sampai kedalaman rencana

SF = *safety factor* (angka keamanan)

Untuk lapisan tanah lempung lunak, lekatan antara tanah dengan tiang pondasi akan lebih dominan bekerja dibanding perlawanan ujung tiang pondasi, karena q_c yang dihasilkan kecil sekali.

2. Persamaan menurut Mayerhof :

$$Q_a = \frac{Q_p}{SF} + \frac{Q_s}{SF} \dots\dots\dots(10)$$

Sedangkan :

$$Q_p = A_p \cdot C_u \cdot N_c \dots\dots\dots(11)$$

Dimana :

Q_p = daya dukung ujung tiang

A_p = luas penampang ujung tiang

N_c = faktor daya dukung ujung

C_u = kohesi

$$Q_s = \Sigma A_s \cdot f \dots\dots\dots(12)$$

Dimana :

$A_s = P \cdot \Delta L$

= luas selimut tiang

P = keliling tiang

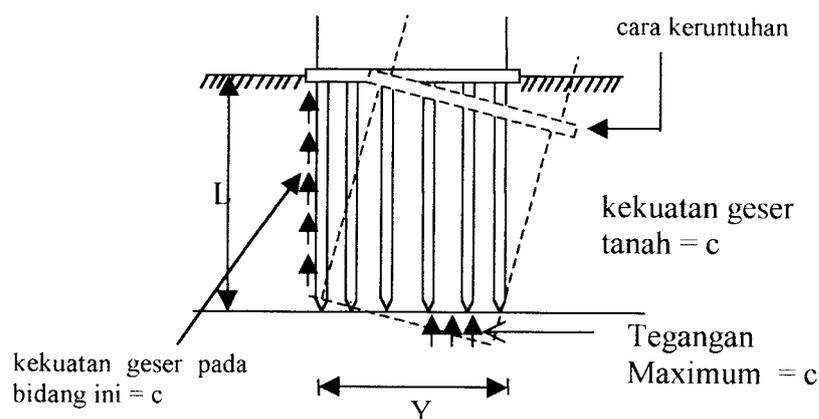
ΔL = panjang segmen tiang

f = gesekan selimut satuan

Dengan menggunakan metode Alpha (Tomlinson) :

$$f = \alpha \cdot C_u \dots\dots\dots(13)$$

ditahan pada dasar kelompok ditambah dengan perlawanan geser (*shear resistance*) pada permukaan luar keliling kelompok .



Gambar 3.9. Daya dukung kelompok tiang pada tanah lempung

Daya dukung kelompok tiang adalah (Sarjono .H.S, 1991):

$$Q_t = C \cdot N_c \cdot A + 2 \cdot (B+Y) \cdot L \cdot c \cdot K \quad \dots \dots \dots (14)$$

Dimana :

- C = kohesi tanah
- L = kedalaman tiang pancang
- K = perbandingan gaya lekatan dengan kekuatan geser tanah
- $2(B+Y)$ = keliling kelompok tiang
- N_c = faktor daya dukung

Dengan daya dukung ijin kelompok tiang :

$$Q = \frac{Q_t}{SF} \quad \dots \dots \dots (15)$$

C. Daya Dukung Pondasi Susun

Pada tanah kohesif pondasi tiang yang digunakan adalah *friction pile*, dimana daya lekatan yang terjadi pada tiang sangat berpengaruh daripada tekanan ujung tiang. Pondasi tiang pancang akan menerima keseluruhan beban konstruksi. Dengan demikian kedalaman dan jumlah tiang pancang menjadi faktor utama dari daya dukung pondasi susun terhadap beban maksimal yang dapat ditahan.

Beban dari pondasi telapak dan kolom akan menjadi beban terpusat pada poer. Rumus-rumus yang digunakan pondasi susun adalah sebagai berikut :

a. Daya dukung pondasi telapak

$$\text{Daya dukung ultimate, } Q_{ult} = 1,3.C . N_c + \gamma . DF . N_q + 0,4 . \gamma . B . N_\gamma$$

b. Daya dukung pondasi telapak gabungan

Langkah-langkah yang diambil dalam analisis pondasi telapak gabungan adalah sebagai berikut :

$$\text{Menentukan } R = P_1 + P_2$$

$$\text{Menentukan } R . r_1 = P_2 . r$$

$$\text{Menentukan panjang pondasi } l = 2(r_1 + a_1)$$

$$\text{Menentukan lebar pondasi } b = \frac{A}{l}$$

Menentukan Letak garis kerja $R(r_1)$ akibat adanya momen :

$$R . r_1 = P_2 . r + M_1 + M_2$$

Menentukan tegangan yang terjadi $\sigma_{ext} = R/A (1 + 6e/l) + q$

c. Daya dukung pondasi tiang individu

1. Keliling tiang

$$O = \pi . D \text{ (untuk tiang bulat)}$$

$$O = 2 (L+B) \text{ (untuk tiang persegi)}$$

2. Luas tiang

$$A = \frac{1}{4} . \pi . D^2 \text{ (untuk tiang bulat)}$$

$$A = L . B \text{ (untuk tiang persegi)}$$

3. Daya dukung tiang individu

$$Q_a = \frac{A . P}{SF} + \frac{O . L . c}{SF} \dots\dots\dots(16)$$

d. Daya dukung tiang kelompok dan kapasitas maksimum tiang dalam menahan beban vertikal

1. Faktor daya dukung pondasi

$$N_c = C_0 + \phi [E^{\pi \text{tg } \phi} . \text{tg}^2 (45 + \frac{1}{2} \phi) - 1] \dots\dots\dots(17)$$

2. Luas kelompok tiang

$$A = B . y$$

3. Keliling kelompok tiang

$$O = 2 (B + y)$$

4. Daya dukung kelompok tiang

$$Q_t = C \cdot N_c \cdot A + 2(B + y) L \cdot c \cdot K \quad \dots\dots\dots(18)$$

5. Daya dukung ijin

$$Q_{pq} = \frac{Q_t}{SF} \quad \dots\dots\dots(19)$$

6. Daya dukung untuk satu tiang dalam kelompok

$$Q_s = \frac{Q_{pq}}{n} \quad \dots\dots\dots(20)$$

7. Menentukan letak titik berat kelompok tiang

$$n \cdot x_0 = n_1 \cdot x_1 + n_2 \cdot x_2$$

8. Momen yang terjadi

$$M_x = p \cdot n_i \cdot x$$

$$M_y = p \cdot n_i \cdot y$$

9. Beban maksimum tiang

$$P_i = \frac{V}{n} \pm \frac{M_y \cdot x_i}{n_y \cdot \sum x^2} \pm \frac{M_x \cdot y_i}{n_x \cdot \sum y^2} \quad \dots\dots\dots(21)$$

3.3. Effisiensi Tiang Pancang

Jika beberapa tiang pancang digabungkan pada bagian plat, yang disebut sungkup tiang pancang (*pile cap*), menjadi satu kelompok. Kapasitas tiang pancang itu bisa dianggap sebagai jumlah dari desain beban beberapa tiang pancang individu atau sebagai suatu jumlah yang lebih sedikit.

- Effisiensi kelompok tiang pada tanah lunak (soft-clay) sama dengan 1, hal tersebut dikarenakan tiang kelompok dianggap sebagai blok.
- Effisiensi kelompok tiang pada tanah pasir dapat ditentukan sebagai berikut :

$$Eq = \frac{\text{kapasitas kelompok tiang}}{\text{Jumlah tiang pancang x kapasitas tiang pancang individu}} \quad \dots\dots\dots(22)$$

Laporan *ASCE Committee On Deep Foundations (CDFC, 1984)* menyarankan bahwa tiang pancang gesekan dalam tanah butiran (*granular soil*)

dengan jarak antara $S = 2D$ sampai $3D$ akan mempunyai $E_g > 1$ (hal ini karena tanah butiran merapat disekeliling tiang pancang berasal dari parameter tanah yang dipakai sebagai perhitungan kapasitas dengan efek akumulasi yang berasal dari lebih satu tiang pancang) Untuk tiang kelompok *friction pile*, *AASHTO Bridge Specifications* menyarankan untuk tetap memakai persamaan *Converse-Labarre* (J.E. Bowles, 1991).

Persamaan umum efisiensi tiang kelompok :

$$E_g = 1 - \frac{\theta}{90} \cdot \frac{(n-1) \cdot m + (m-1) \cdot n}{m \cdot n} \dots\dots\dots(23)$$

dimana :

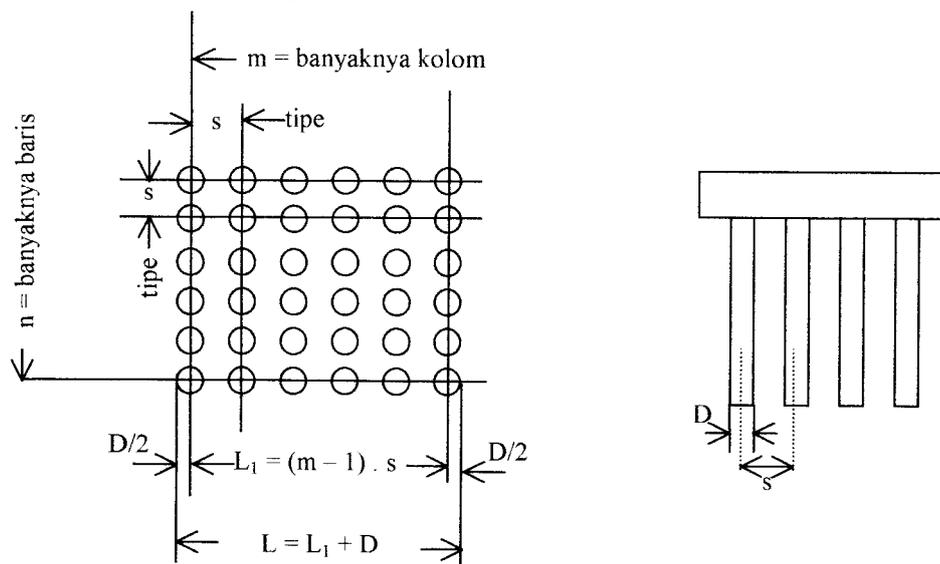
m = jumlah kolom

n = jumlah baris

θ = Arc tg D/S (dalam derajat)

D = Diameter tiang

S = jarak antara tiang.



Gambar 3.10. Efisiensi tiang kelompok

Persamaan ini terbatas penggunaannya untuk kelompok tiang berbentuk segi empat dengan nilai $m \times n$ yang dapat diketahui.

3.4. Analisis Penurunan Tiang Pancang Kelompok

Berdasarkan jangka waktunya, penurunan tiang kelompok dibagi atas :

- a. Penurunan elastis atau penurunan yang terjadi dalam waktu dekat (*clastic settlement* atau *immediate settlement*), S_i . Menurut Janbu, Bjerrum dan Kjaersli (Tomlinson, 1986), besarnya penurunan tersebut adalah :

$$S_i = \frac{\mu_i \cdot \mu_o \cdot q_n \cdot B}{E_u} \dots\dots\dots(24)$$

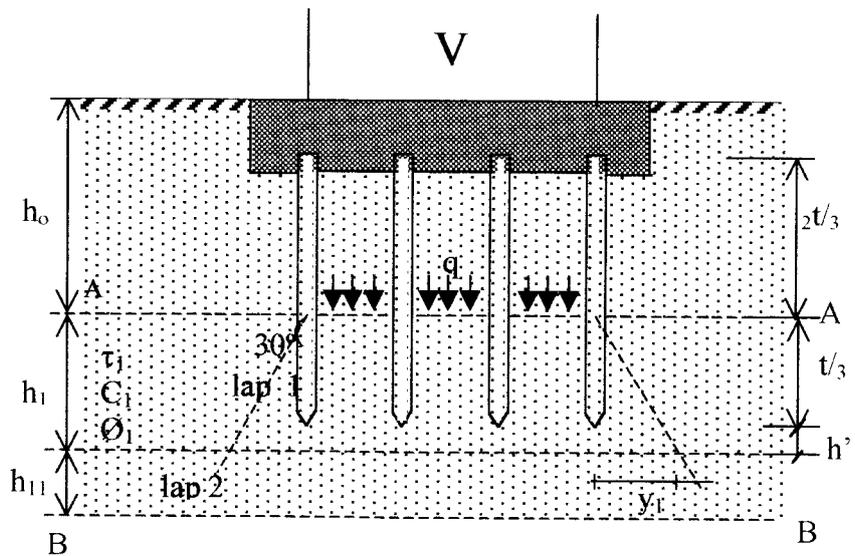
μ_i, μ_o – Faktor reduksi (grafik III .12)

q_n = Tekanan netto pondasi

A = Luas kelompok tiang pondasi

E_u = Modulus deformasi pada kondisi *undrained*

- b. Penurunan tiang pancang kelompok secara plastis terjadi dalam jangka waktu yang panjang (*long consolidation settlement*), S_c . Berdasarkan hasil *consolidation test*, tanah dibawah pondasi sepanjang $\frac{2}{3}t$ dianggap tidak dapat didesak, beban bekerja pada bidang dibawah $\frac{2}{3}t$.



Gambar 3.11. Distribusi beban dibawah pondasi tiang kelompok pada tanah berlapis (L.D. Wesley)

Beban V diperhitungkan merata pada kedalaman $\frac{2}{3} t$ sehingga :

$$q = \frac{V}{A} \dots\dots\dots(25)$$

Dimana V = beban vertikal + berat sendiri

A = Luas Kelompok tiang ($A = B.L$)

Lapisan tanah dibawah bidang A-A dibagi beberapa lapisan, dengan luasan dasar tiap lapisan merupakan perbandingan dari $\text{tg } 30^\circ$.

Besarnya penurunan dihitung sebagai berikut :

a. Lapisan 1 dengan kedalaman h_i

$$L_1 = L + 2.y_i.h_i.\text{tg } 30^\circ$$

$$B_1 = B + 2.x_i.h_i.\text{tg } 30^\circ$$

Maka luas transformasi :

$$A_1 = L_1 . B_1$$

$$\Delta P = \frac{A}{A_1} \cdot q$$

$$P_o = h_o \cdot \tau_o + \tau_1 \cdot (h_i - \frac{1}{2} \cdot h_i') \dots\dots\dots(26)$$

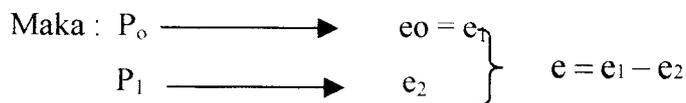
Maka :

$$P_1 = P_o + P \dots\dots\dots(27)$$

Dimana P_o : tegangan sebelum ada beban

P : pertambahan tegangan akibat beban luar

b. Berdasarkan grafik konsolidation test ditentukan Δe



c. Dengan metode Wesley, besarnya penurunan (S_c)

$$S_{ci} = \frac{\Delta e}{1 + e_o} \cdot h_i \dots\dots\dots(28)$$

Dimana h_i = Tebal lapisan yang ditinjau

e_o = angka pori

d. Untuk lapisan selanjutnya merupakan analog dari persamaan di atas

$$S = \sum_{i=1}^n S_{ci}$$

e. Dengan menggunakan rumus persamaan Ralph B. Peck :

- Untuk tanah konsolidasi normal :

$$S_c = \sum \frac{C_c}{1+e_o} H \log \frac{P_o + \Delta P}{P_o}$$

- Untuk tanah overkonsolidasi :

a. Bila $(P_o + \Delta P) < P_c$

$$S_c = \sum \frac{C_r}{1+e_o} H \log \frac{P_o + \Delta P}{P_o}$$

b. Bila $(P_o + \Delta P) > P_c$

$$S_c = \sum \frac{C_c}{1+e_o} H \log \frac{P_o + \Delta P}{P_c} + \sum \frac{C_r}{1+e_o} H \log \frac{P_c}{P_o}$$

Dimana : H = tebal lapisan tanah

C_c = indeks pemampatan

C_r = indeks pemampatan kembali

ΔP = penambahan tegangan setelah ada bangunan

P_o = tegangan tanah semula sebelum ada bangunan

S_c = penurunan konsolidasi

P_c = tegangan prakonsolidasi

e_o = angka pori awal

BAB IV PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Data-data tanah

Perhitungan pondasi susun dimaksudkan untuk mengetahui besarnya kapasitas daya dukung pondasi tiang pada pondasi kelompok tiang dalam menahan beban pada titik sondir yang diambil. Parameter perhitungan yang diambil dimaksudkan untuk mempermudah analisis.

Diketahui data tanah di Telang Saleh sebagai berikut :

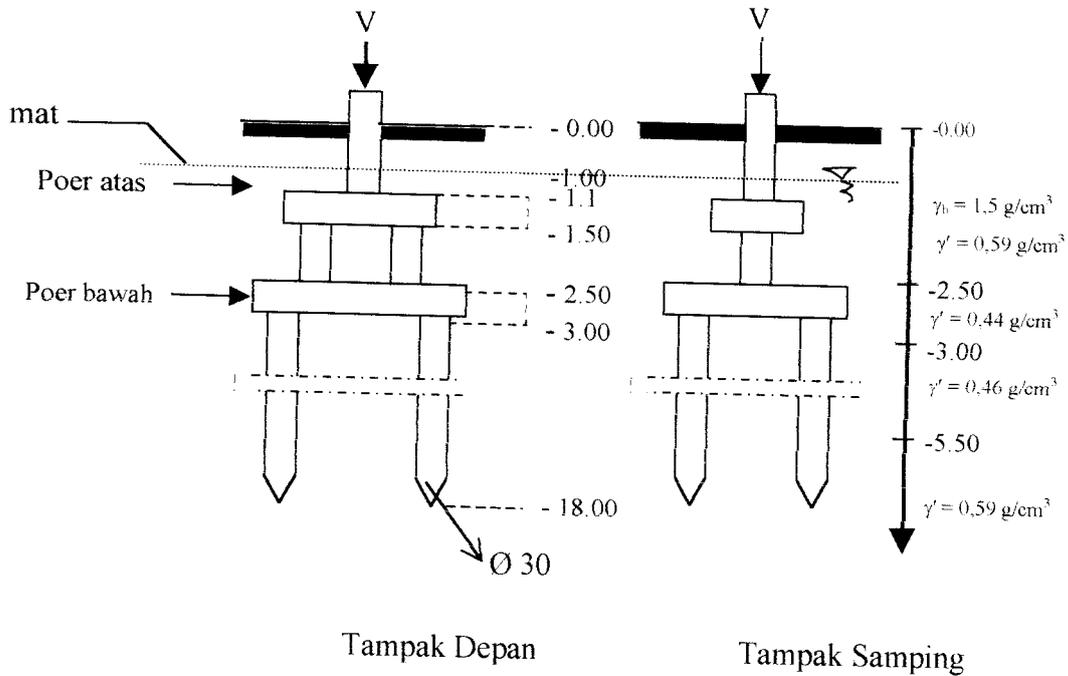
1. Kondisi tanah lempung lunak dengan bagian atas tanah Gambut dengan kedalaman 5 – 10 cm,
2. Sudut gesek dalam (θ) = 6° ,
3. Kohesi (c) pada kedalaman 2,5 m = $0,2 \text{ t/m}^2$,
4. Kohesi (c) pada kedalaman 20 m = 2 kN/m^2 ,
5. $Q_c = 2,5 \text{ Mpa}$ pada kedalaman 20 m,
6. Total lekatan (L.c) = 490 kNm/m (pada kedalaman 20 m),
7. Kuat geser (S) = $0,2 \text{ ton/m}^2$,
8. Angka keamanan di daerah Telang Saleh (SF) = 2,8
9. Jumlah tiang 4 dan 6 buah,
10. Beban vertikal (V) = 40 ton dan 60 ton,
11. Jarak antara tiang minimum 3,5D

4.2. Sketsa struktur pondasi susun

Untuk mempermudah analisis, maka struktur pondasi susun digambarkan seperti gambar 4.1 dengan anggapan-anggapan seperti tergambar. Karena susunan pondasi tersebut di bawah, maka analisisnya dimulai dari bagian atas. Hal tersebut dimaksudkan untuk simplikasi analisisnya. Sedangkan data struktur dengan batasan masalah sebagai berikut :

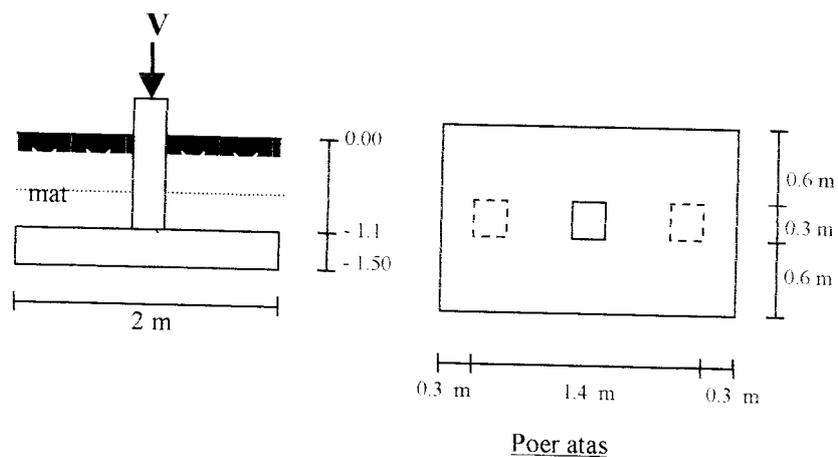
1. Beton yang digunakan adalah beton dengan $\sigma_{bk} = 350 \text{ kg/cm}^2$,

2. hubungan antara bagian yang satu dengan bagian yang lain adalah jepit sempurna,
3. beban vertikal yang diperhitungkan adalah beban normal,
4. dalam perhitungan beban horisontal diabaikan,
5. momen yang terjadi pada kaki yang diakibatkan struktur global diabaikan.



Gambar 4.1. Sketsa pondasi susun

4.3. Analisis Pondasi Telapak



Gambar 4.2. Pondasi telapak

a. Ditentukan :

1. $V = 40$ ton
2. Ukuran poer atas :
 $B = 1,5$ m
 $L = 2$ m
3. Kedalaman pondasi (DF) = 1,5 m

b. Dari data diketahui

1. Sudut geser dalam (θ) = 6°
2. Dengan sudut geser dalam (θ) sebesar 6° pada tanah kohesif dari tabel

Terzaghi didapat :

$$Nc' = 4,48$$

$$N\gamma' = 0$$

$$Nq' = 1,39$$

$$c' = \frac{2}{3} \times 0,2 = 0,133 \text{ t/m}^2$$

c. Tegangan ultimate yang terjadi di bawah pondasi

$$Q_{ult} = 1,3 c' \cdot Nc' + \gamma' \cdot DF \cdot Nq' + 0,4 \cdot \gamma' \cdot B \cdot N\gamma'$$

$$Q_{ult} = 1,3 \cdot 0,133 \cdot 4,48 + 0,49 \cdot 1,5 \cdot 1,39 + 0,4 \cdot 0,49 \cdot 1,5 \cdot 0$$

$$= 1,796 \text{ t/m}^2$$

d. Tegangan yang terjadi (σ_t)

$$\sigma_t = \frac{1}{3} \cdot Q_{ult}$$

$$= \frac{1}{3} \cdot 1,796 = 0,598 \text{ t/m}^2$$

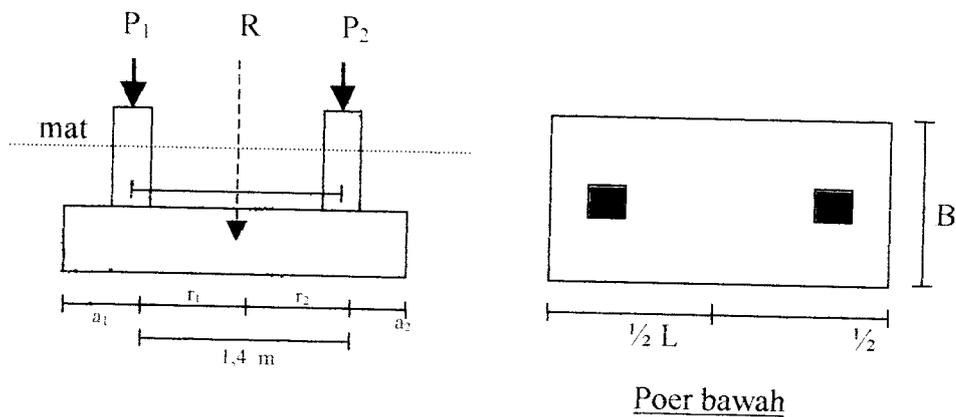
e. Cek terhadap dimensi pondasi telapak

$\sigma_t = V/A$, apabila lebar (L) pondasi ditentukan sebesar 2 m, maka :

$$B = \frac{40}{2 \cdot 0,598} = 33,44 \text{ m}$$

Dalam hal ini lebar pondasi sangat besar dikarenakan semua beban diperhitungkan masih ditahan oleh pondasi telapak. Untuk lebar pondasi ditentukan sebesar 1,5 m, sisa beban diteruskan ke pondasi dibawahnya.

4.4. Analisis Pondasi Menerus (Gabungan)



Gambar 4.3. Pondasi menerus (gabungan)

a. Ditentukan :

1. Ukuran kolom = 30/30
2. Pondasi menerus akan menerima beban sebesar P_1 dan P_2 , dimana besar P_1 dan P_2 adalah = V + berat poer atas + berat tanah

$$(P_1 + P_2) = 40 + 2 \cdot 1,5 \cdot 0,4 \cdot 2,35 + 1 \cdot 2 \cdot 1,5 \cdot 1,5 + 0,1 \cdot 2 \cdot 1,5 \cdot 0,49$$

$$= 47,467 \text{ ton}$$

masing-masing kolom akan menerima beban sebesar 23,733 ton

3. Letak R (resultante dari kedua beban) berimpit dengan titik pusat (o)

b. Perencanaan dimensi pondasi menerus

1. Letak R terhadap P_1 dan P_2 sejarak r_1

$$R \cdot r_1 = P_2 \cdot r$$

$$r_1 = \frac{23,733 \cdot 1,4}{47,467} = 0,7 \text{ m}$$

2. Rencana pondasi bentuk segi 4

$$L = 2(a_1 + r_1)$$

$$L = 2(0,8 + 0,7) = 3 \text{ m}$$

Tegangan yang terjadi dibawah pondasi :

$$\sigma_t = P/A$$

karena tegangan tanah tidak terlalu besar, sementara beban yang bekerja besar akan didapatkan dimensi lebar pondasi (B) yang besar. Oleh karena

sebagian beban akan didistribusikan ke pondasi tiang kelompok, maka lebar pondasi (B) ditentukan sebesar 2,5 m.

3. Kontrol terhadap muatan

Dengan dimensi (3 x 2,5 m) tegangan maksimum yang terjadi :

$$\sigma_{\text{mak}} = \frac{R}{A} + \left(1 + \frac{6 \cdot e}{L} \right)$$

$$e = \frac{\sum Mo}{R}$$

$$\begin{aligned} \sum Mo &= P_1 \cdot r_1 + (-P_2 \cdot r_2) \\ &= 23,733 \cdot 0,7 + (-23,733 \cdot 0,7) \\ &= 0 \end{aligned}$$

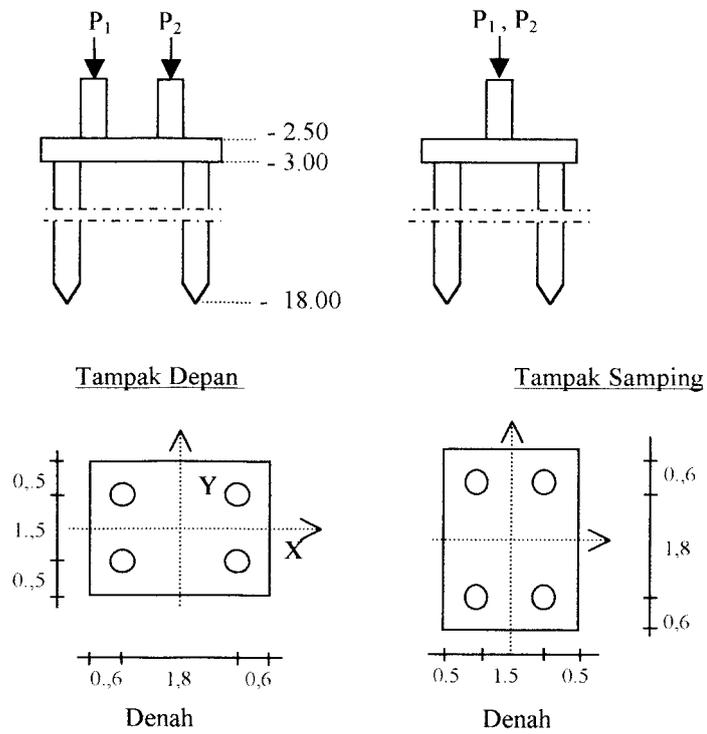
$$e = \frac{0}{47,467} = 0 < \frac{1}{6} l$$

$$\sigma_{\text{mak}} = \frac{47,467}{7,5} + \left(1 + \frac{6 \cdot 0}{3} \right) = 6,328 \text{ ton/m}^2$$

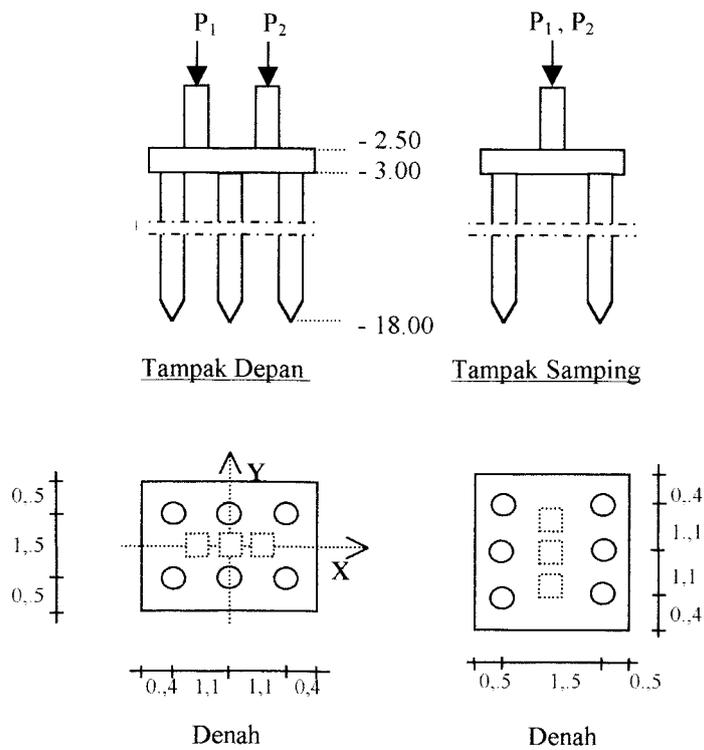
4.5. Analisis pondasi tiang pancang kelompok

Perhitungan pondasi tiang *friction pile* dengan parameter perhitungan sebagai berikut :

1. Beban bekerja sentris terhadap titik berat kelompok tiang,
2. Diameter tiang 30 cm,
3. Kedalaman tiang 15 m,
4. Tebal poer bawah 50 cm,
5. Jumlah tiang 4 dan 6 buah,
6. Beban vertikal (V) = 40 ton dan 60 ton,
7. Mutu beton K-350 dengan berat volume beton = 23 kN/m³ (2,35 ton/m³)
8. Angka keamanan (SF) = 2,8



Gambar 4.4. Pondasi tiang pancang kelompok dengan 4 buah tiang



Gambar 4.5. Pondasi tiang pancang kelompok dengan 6 buah tiang

Perhitungan.

4.5.1. Kapasitas daya dukung kelompok tiang

a. Daya dukung tiang individu

1. Hitung keliling tiang

$$O = \pi \cdot D = \pi \cdot 0,3 = 0,9424 \text{ m}$$

2. Hitung luas tiang

$$A = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 0,3^2 = 0,071 \text{ m}^2$$

3. Hitung daya dukung tiang individu

$$Q_a = \frac{Q_p}{SF} + \frac{Q_s}{SF}$$

$$Q_p = A_p \cdot C_u \cdot N_c$$

$$= 0,25 \cdot 0,3^2 \cdot \pi \cdot 0,133 \cdot 13$$

$$= 0,1222 \text{ ton}$$

$$Q_s = \sum A_s \cdot f$$

Dimana:

$$F = \alpha \cdot C_u \dots\dots\dots \text{metode alpha (Tomlinson)}$$

$$F = 0,0133 \cdot 1,24 = 0,0165$$

$$Q_s = (1500 \cdot \pi \cdot 30) \cdot 0,0165 = 2332,63 \text{ kg} = 2,332 \text{ ton}$$

$$Q_a = \frac{0,122}{2,8} + \frac{2,332}{2,8} = 0,876 \text{ ton}$$

b. Daya dukung tiang kelompok

$$Q_{pg} = 4 \cdot 0,876 \text{ ton} = 3,504 \text{ ton}$$

4.5.2. Daya Dukung Tiang Kelompok Dan Kapasitas Maksimum Tiang Dalam Menahan Beban Vertikal

1. Hitung faktor daya dukung pondasi

$$\text{sudut geser } \phi = 6^\circ \dots\dots\dots (\text{lokal shear})$$

$$N_c = \cot \phi \cdot (E \cdot \pi \cdot \text{tg} \phi \cdot \text{tg}^2 (45 + \frac{\phi}{2}) - 1) \dots\dots\dots (\text{Terzaghi})$$

$$N_c = \cot 6^\circ \cdot (2,71892 \cdot \pi \cdot \text{tg} 6^\circ \cdot \text{tg}^2 (45 + \frac{6}{2}) - 1) = 6,814$$

2. Tentukan faktor lekatan pondasi dengan lap tanah kuat geser (S) = kohesi

$$(c) = 2 \text{ kN/m}^2 = 0,2 \text{ ton/m}^2$$

$$(c') = 2/3. c = 2/3 . 2 = 1,333 \text{ kN/m}^2$$

dari data dan gambar diperoleh $k = 1,24$

3. luas kelompok tiang $(A) = B \cdot Y = 2,1 \cdot 1,8 = 3,78 \text{ m}^2$

4. keliling kelompok tiang $= 2 (B+Y) = 2 (2,1+1,8) = 7,8 \text{ m}$

5. hitung daya dukung kelompok tiang

$$Q_t = c \cdot N_c \cdot A + 2 (B+Y) \cdot L \cdot c \cdot k \quad (\text{Dirjen Bina Marga Dept. P.U.T.L})$$

$$Q_t = 1,333 \cdot 6,814 \cdot 3,78 + 7,8 \cdot 490 \cdot 1,24 = 4773,6 \text{ kN} = 487,103 \text{ ton}$$

6. Hitung daya dukung ijin

$$Q_{pq} = \frac{Q_t}{SF}$$

$$Q_{pq} = \frac{487,103}{2,8} = 173,965 \text{ ton}$$

7. Hitung daya dukung untuk satu tiang dalam kelompok

$$Q_s = \frac{Q_{pq}}{n}$$

$$Q_s = \frac{173,965}{4} = 43,491 \text{ ton}$$

8. Hitung momen arah sumbu x dan sumbu y (M_x dan M_y)

menentukan letak titik berat kelompok tiang

$$n \cdot x_o = n_1 \cdot x_1 + n_2 \cdot x_2$$

$$4 \cdot x_o = 2 \cdot 0,6 + 2 \cdot 2,4$$

$$x_o = 1,5$$

$$n \cdot y_o = n_1 \cdot y_1 + n_2 \cdot y_2$$

$$4 \cdot y_o = 2 \cdot 0,5 + 2 \cdot 2$$

$$y_o = 1,25$$

titik berat (1,5 , 1,25) dari tepi kiri poer

$$\text{berat 1 tiang } P = \frac{1}{4} \cdot \Pi \cdot 0,3^2 \cdot 15 \cdot 23 = 24,386 \text{ kN} = 2,488 \text{ ton}$$

$$M_x = P \cdot n_i \cdot x = 2,488 \cdot 2 \cdot 0,75 = 3,732 \text{ ton-m}$$

$$M_y = P \cdot n_i \cdot y = 2,488 \cdot 2 \cdot 0,9 = 4,478 \text{ ton-m}$$

9. Hitung beban maksimum tiang (P_i)

- Tentukan $\sum x^2$ dan $\sum y^2$

$$\sum x^2 = n_1 \cdot x_i^2 = 2 \cdot 0,9^2 = 1,62 \text{ m}^2$$

$$\sum y^2 = n_1 \cdot y_i^2 = 2 \cdot 0,75^2 = 1,125 \text{ m}^2$$

- Hitung $\sum V$

$$\sum V = \text{beban } V + \text{berat poer atas} + \text{berat poer bawah} + \text{berat kolom} \\ + \text{berat tanah}$$

$$= 40 + (2,5 \cdot 1,5 \cdot 0,4 \cdot 2,35) + (2,5 \cdot 3 \cdot 0,5 \cdot 2,35) + (1 \cdot 0,3 \cdot 0,3 \cdot \\ 2,35 \cdot 2) + 1 \cdot 2,5 \cdot 3 \cdot 1,5 + (2,5 \cdot 3 \cdot 0,5 - 1,5 \cdot 2 \cdot 0,4) \cdot 0,49 + \\ 2,5 \cdot 3 \cdot 1 \cdot 0,44$$

$$= 68,56 \text{ ton}$$

Hitung P_1 tiang

$$P_i = \frac{\sum V}{n} + \frac{M_v \cdot x_i}{n_y \cdot x^2} + \frac{M_x \cdot y_i}{n_x \cdot y^2}$$

$$P_1 = \frac{68,56}{4} + \frac{(4,478 \cdot 0,9)}{2 \cdot 1,62} + \frac{3,732 \cdot 0,75}{2 \cdot 1,125}$$

$$= 19,627 \text{ ton}$$

Tabel 4.1. Kapasitas daya dukung tiang kelompok

Beban (ton)	40		60	
Jumlah tiang	4	6	4	6
Luas/A (m ²)	3,78	4,5	3,78	4,5
Keliling/O (m)	7,8	8,6	7,8	8,6
Q _i (ton)	487,103	537,370	487,103	537,370
Q _{pq} (ton)	173,965	191,918	173,965	191,918
Q _s (ton)	43,491	31,986	43,491	31,986
Σv (ton)	68,56	68,56	88,56	88,56
(X ₀ ; Y ₀)	(1,5 ; 1,25)	(1,5 ; 1,25)	(1,5 ; 1,25)	(1,5 ; 1,25)
M _v (ton-m)	4,478	5,474	4,478	5,474
M _x (ton-m)	3,732	5,598	3,732	5,598
Σx ² (m ²)	1,62	2,42	1,62	2,42
Σy ² (m ²)	1,125	1,687	1,125	1,687
P _i (ton)	19,627	13,273	24,627	16,606

Effisiensi tiang pancang ditanah lempung diambil = 1

4.5.3. Settlement

A. Penurunan Elastis

Penurunan “elastis/segera” terjadi dalam jangka waktu 1 sampai 10 hari (J.

E. Bowles, 1986)

Besarnya penurunan diperoleh melalui persamaan :

$$S_i = \frac{\mu_0 \mu_1 q_n B}{E_u}$$

Asumsi, $H = 17 \text{ m}$

$D = 15 \text{ m}$

Dari tabel diperoleh :

$$E_u = 8q_c = 8 \cdot 2,5 = 20 \text{ Mpa} = 200 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{D}{B} = \frac{15}{(1,8 + 0,3)} = 7,1428$$

dari grafik diperoleh, $\mu_0 = 0,86$

$$\frac{H}{B} = \frac{17}{2,1} = 8,0952$$

$$\frac{Y}{B} = \frac{1,8}{2,1} = 0,867$$

dari grafik diperoleh, $\mu_1 = 0,59$

a. Hitung tekanan netto pondasi

$$\begin{aligned} q_n &= \frac{\text{Berat poer} + \text{pondasi} + Q_{pg}}{\text{Luas kelompok tiang}} \\ &= \frac{(3 \cdot 22,5 \cdot \frac{1}{2} \cdot 23) + (\frac{1}{4} \cdot 0,3 \cdot 0,3 \cdot 15 \cdot 23) + (173,965)}{(2,1 \cdot 1,8)} = 48,73 \text{ ton/m}^2 \\ &= 4,873 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

b. Hitung besarnya penurunan S_i

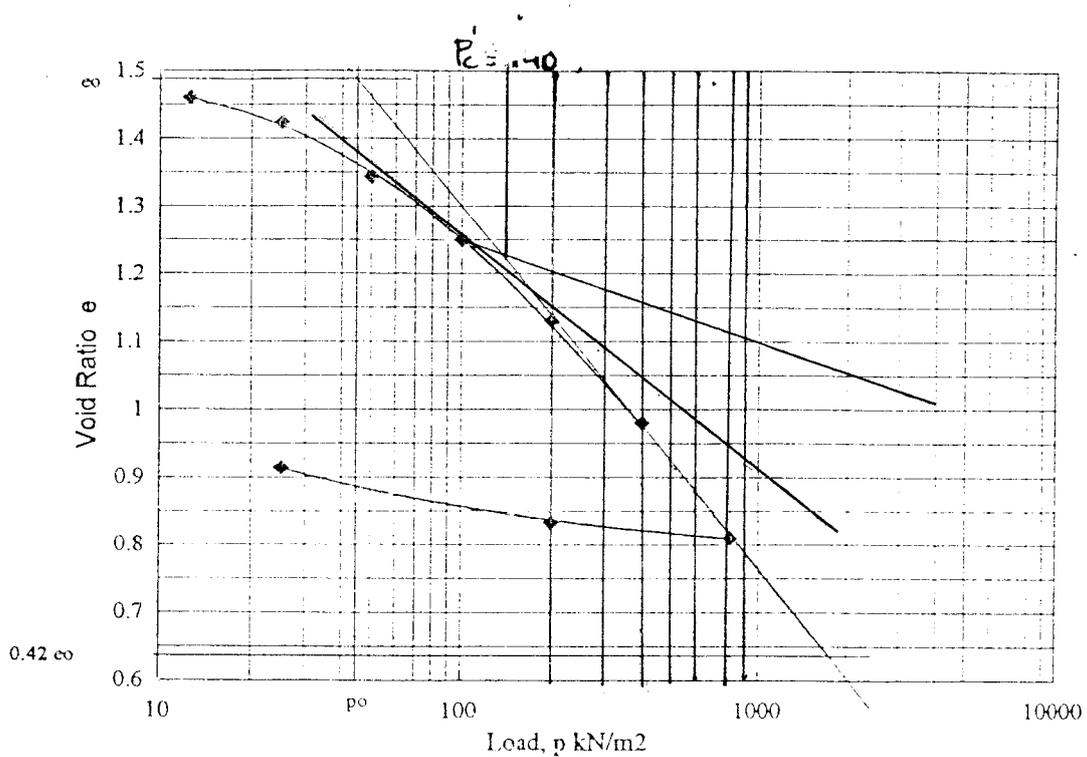
$$S_i = \frac{\mu_0 \cdot \mu_1 \cdot q_n \cdot B}{E_u}$$

Tabel 4.2. Penurunan kelompok di lokasi sondir Saleh titik 11

Beban (ton)	40		60	
\varnothing (cm)	30		30	
Jumlah tiang	4	6	4	6
E_u (kg/cm ²)	200	200	200	200
μ_0	0,86	0,88	0,87	0,88
μ_1	0,59	0,57	0,59	0,58
q_n (kg)	4,873	4,495	4,873	4,495
S_i (cm)	2,596	2,818	2,596	2,818

B. Penurunan Konsolidasi

Untuk analisis konsolidasi digunakan data sondir Proyek Telang-Saleh di lokasi sondir Saleh titik 11 dengan anggapan bahwa tanah dari kedalaman 5,5 m ke bawah adalah tanah yang sejenis (lihat grafik 5.1). Beban V diperhitungkan merata pada kedalaman $\frac{2}{3} L_p$ dimana L_p = panjang tiang pancang = 10 m. Lapisan tanah liat dibawah bidang A-A sampai lapisan tanah keras (bidang B-B) dibagi menjadi : 5 lapis, $a' = 4,4$ m. Beban vertikal yang diteruskan lewat kolom (V) = 40 ton, sedangkan jumlah tiang sebanyak 4 buah.



Gambar 4.6 Grafik Konsolidasi

Dari pembacaan grafik diperoleh :

$$P_0 = 44,2 \text{ kN/m}^2 = 4,51 \text{ t/m}^2$$

$$P_c = 140 \text{ kN/m}^2 = 14,288 \text{ t/m}^2$$

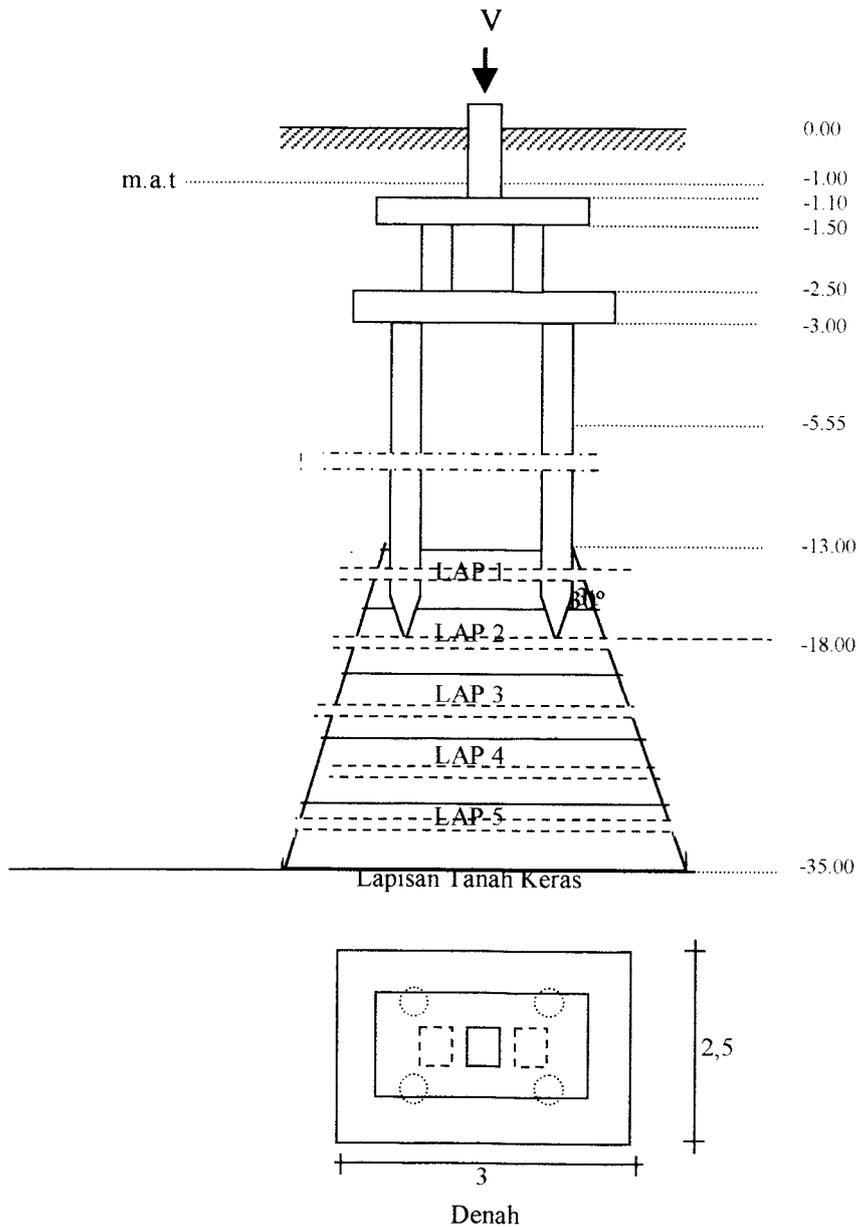
$$\Delta P = 18,137 \text{ ton/m}^2$$

$P_0 + \Delta P = 4,51 + 18,137 = 22,647 > P_c$, muka tanah pada keadaan over konsolidasi.

Rumus :

$$S_c = \sum \frac{C_c}{1 + e_o} H \log \frac{P_o + \Delta P}{P_c} + \sum \frac{H}{1 + e_o} \log \frac{P_c}{P_o}$$

$$C_r = \frac{0,92 - 0,81}{\text{Log} (1000/27)} = 0,0747$$



Gambar 4.7. Penurunan konsolidasi

$$L = 1,8 + 0,3 = 2,1 \text{ m}$$

$$B = 1,5 + 0,3 = 1,8 \text{ m}$$

$$A = 1,8 \cdot 2,1 = 3,78 \text{ m}^2$$

$$q = \frac{V}{A} = \frac{78,525}{3,78} = 20,77 \text{ ton/m}^2$$

Titik I (lapisan 1)

kedalaman -15.20 m

$$L_1 = L + 2 \cdot 2,2 \cdot \text{tg } 30^\circ = 4,640 \text{ m}$$

$$B_1 = B + 2 \cdot 2,2 \cdot \text{tg } 30^\circ = 4,340 \text{ m}$$

$$A_1 = 4,640 \cdot 4,340 = 20,140 \text{ m}^2$$

$$\Delta P = \frac{A}{A_1} \cdot q = \frac{3,78 \cdot 20,77}{20,140} = 3,898 \text{ t/m}^2$$

$$\begin{aligned} P_o &= (h_1 \cdot \gamma_b) + (h_2 \cdot \gamma'_1) + (h_3 \cdot \gamma'_2) + (h_4 \cdot \gamma'_3) + \{(h_5 - 5,5) \cdot \gamma'_4\} \\ &= 1 \cdot 1,5 + 0,1 \cdot 0,49 + 1,5 \cdot 0,44 + 2,5 \cdot 0,46 + (15,2 - 5,5) \cdot 0,59 \\ &= 9,082 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_1 &= \frac{0,56 \cdot 4,4}{1+1,49} \text{Log} \frac{9,082 + 3,989}{14,28} + \frac{0,074 \cdot 4,4}{1 + 1,49} \log \frac{14,28}{9,082} \\ &= -1,502 \text{ cm} \end{aligned}$$

Titik II (lapisan 2)

kedalaman -19.60 m

$$L_2 = L + 2 \cdot 6,6 \cdot \text{tg } 30^\circ = 9,721 \text{ m}$$

$$B_2 = B + 2 \cdot 6,6 \cdot \text{tg } 30^\circ = 9,421 \text{ m}$$

$$A_2 = 9,721 \cdot 9,421 = 91,581 \text{ m}^2$$

$$\Delta P = \frac{A}{A_1} \cdot q = \frac{3,78 \cdot 20,77}{91,581} = 0,857 \text{ t/m}^2$$

$$P_o = 11,678 \text{ t/m}^2$$

$$\begin{aligned} S_2 &= \frac{0,56 \cdot 4,4}{1+1,49} \text{Log} \frac{11,678+0,857}{14,28} + \frac{0,074 \cdot 4,4}{1 + 1,49} \log \frac{14,28}{11,678} \\ &= -4,443 \text{ cm} \end{aligned}$$

Titik III (lapisan 3)

kedalaman -24.00 m

$$L_3 = L + 2 \cdot 11 \cdot \text{tg } 30^\circ = 14,801 \text{ m}$$

$$B_3 = B + 2 \cdot 11 \cdot \text{tg } 30^\circ = 14,501 \text{ m}$$

$$A_3 = 14,801 \cdot 14,501 = 214,629 \text{ m}^2$$

$$\Delta P = \frac{A}{A_1} \cdot q = \frac{3,78 \cdot 20,77}{214,629} = 0,365 \text{ t/m}^2$$

$$P_o = 14,274 \text{ t/m}^2$$

$$S_3 = \frac{0,56 \cdot 4,4}{1+1,49} \text{Log} \frac{14,274 + 0,365}{14,28} + \frac{0,074 \cdot 4,4}{1 + 1,49} \text{log} \frac{14,28}{14,274}$$

$$= 1,071 \text{ cm}$$

Titik IV (lapisan 4)

kedalaman -28.40 m

$$L_4 = L + 2 \cdot 15 \cdot \text{tg } 30^\circ = 19,420 \text{ m}$$

$$B_4 = B + 2 \cdot 15 \cdot \text{tg } 30^\circ = 19,120 \text{ m}$$

$$A_4 = 19,42 \cdot 19,12 = 371,310 \text{ m}^2$$

$$\Delta P = \frac{A}{A_4} \cdot q = \frac{3,78 \cdot 20,77}{371,310} = 0,211 \text{ t/m}^2$$

$$P_o = 16,87 \text{ t/m}^2$$

$$S_4 = \frac{0,56 \cdot 4,4}{1+1,49} \text{Log} \frac{16,87 + 0,211}{14,28} + \frac{0,074 \cdot 4,4}{1 + 1,49} \text{log} \frac{14,28}{16,87}$$

$$= 6,738 \text{ cm}$$

Titik V (lapisan 5)

kedalaman -32.8 m

$$L_5 = L + 2 \cdot 19,4 \cdot \text{tg } 30^\circ = 24,501 \text{ m}$$

$$B_5 = B + 2 \cdot 19,4 \cdot \text{tg } 30^\circ = 24,201 \text{ m}$$

$$A_5 = 24,501 \cdot 24,201 = 592,948 \text{ m}^2$$

$$\Delta P = \frac{A}{A_5} \cdot q = \frac{3,78 \cdot 20,77}{592,948} = 0,132 \text{ t/m}^2$$

$$P_o = 19,466 \text{ t/m}^2$$

$$S_5 = \frac{0,56 \cdot 4,4}{1+1,49} \text{Log} \frac{19,466 + 0,132}{14,28} + \frac{0,074 \cdot 4,4}{1 + 1,49} \text{log} \frac{14,28}{19,466}$$

$$= 11,822 \text{ cm}$$

$$S_{\text{total}} = (-1,502) + (-4,443) + 1,071 + 6,738 + 11,822 = 13,686 \text{ cm}$$

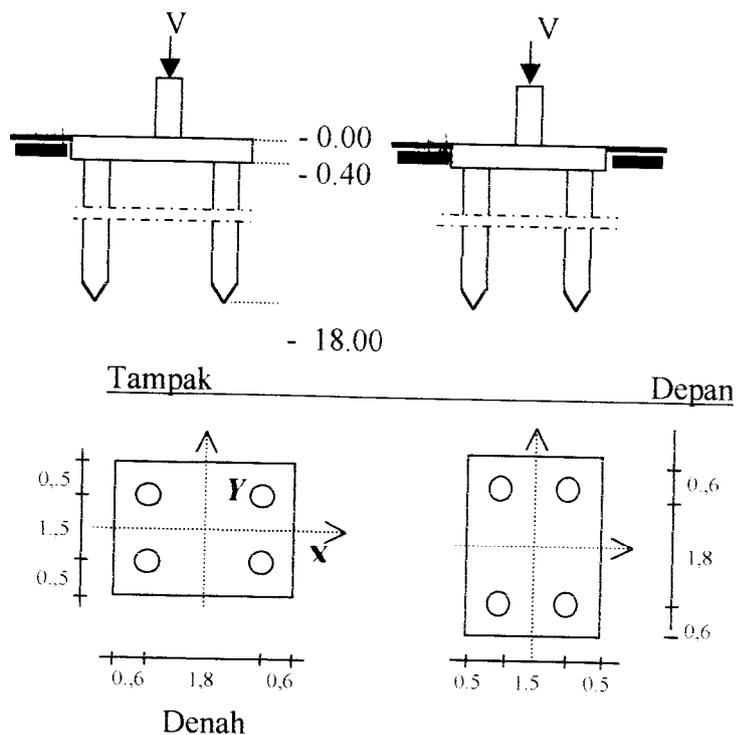
Tabel 4.3. Penurunan konsolidasi

Beban (ton)	40		60	
	4	6	4	6
Jumlah tiang	4	6	4	6
S_c (cm)	13,686	12,489	25,578	17,675

Tabel 4.4. Penurunan total pondasi susun

Beban (ton)	40		60	
	4	6	4	6
Jumlah tiang	4	6	4	6
S_i (cm)	2,2596	2,818	2,596	2,818
S_c (cm)	13,686	12,489	25,578	17,675
S_{total} (cm)	16,282	15,307	28,174	20,493

4.6. Perhitungan Pondasi Tiang Pancang



Gambar 4.8. Pondasi tiang pancang kelompok

Analisis daya dukung tiang dan penurunan yang terjadi pada pondasi tipe di atas menggunakan metode idiomatik dengan metode pondasi susun. Hasil hitungan di presentasikan pada tabel 4.5 di bawah ini.

Tabel 4.5 Hasil analisa pondasi susun dan tunggal

Jenis	Susun				Tunggal			
	40		60		40		60	
Beban (ton)	4	6	4	6	4	6	4	6
Qs (ton)	43,491	31,986	43,491	31,986	43,491	31,986	43,491	31,986
Pi (ton)	19,62	13,27	24,62	16,60	11,51	7,49	16,52	11,12
Si (cm)	2,596	2,818	2,596	2,818	2,656	2,88	2,656	2,88
S _c (cm)	13,686	12,489	25,578	17,675	4,25	9,12	4,59	9,12
S _{total} (cm)	16,282	15,307	28,174	20,493	6,906	12	7,246	12

4.7. Pembahasan

Dalam perencanaan struktur pondasi suatu bangunan masalah pembebanan memegang peranan penting, sehingga dituntut ketelitian perhitungan beban dan kesalahan dalam mengasumsikan pembebanan akan mengakibatkan kerusakan, bahkan kegagalan daya dukung pondasi. Besar penurunan (*settlement*) yang diijinkan pada daerah survei merupakan faktor utama dalam pelaksanaan suatu bangunan, dimana lapisan tanah lempung memungkinkan terjadinya penurunan pondasi yang besar. Besarnya penurunan akan sangat tergantung pada parameter tanah, beban yang ditahan, dan berat pondasi sendiri.

Besar daya dukung pondasi susun pada daerah survei terbagi pada daya dukung pondasi telapak dan daya *friction*/lekatan pondasi tiang.

Dari hasil perhitungan didapat :

- daya dukung pondasi susun,
- penurunan elastis,
- penurunan konsolidasi.

A. Daya dukung pondasi

Kemampuan daya dukung pondasi susun merupakan parameter besarnya beban yang dapat dipikul pondasi. Analisa daya dukung pondasi susun dilakukan dengan terlebih dahulu mengetahui data-data tanah, dimensi tiang dan poer, jarak antar tiang, kedalaman pondasi serta data pendukung seperti mutu beton dan baja.



Hasil perhitungan menunjukkan pada jumlah tiang 4 memberikan daya dukung lebih besar daripada jumlah tiang 6.

Tabel 4.6 Kapasitas daya dukung tiang kelompok

Beban (ton)	40		60	
Jumlah tiang	4	6	4	6
Luas/A (m ²)	3,78	4,5	3,78	4,5
Keliling/O (m)	7,8	8,6	7,8	8,6
Q _i (ton)	487,103	537,370	487,103	537,370
Q _{pq} (ton)	173,965	191,918	173,965	191,918
Q _s (ton)	43,491	31,986	43,491	31,986
Σv (ton)	68,56	68,56	88,56	88,56
(X ₀ ; Y ₀)	(1,5 ; 1,25)	(1,5 ; 1,25)	(1,5 ; 1,25)	(1,5 ; 1,25)
M _v (ton-m)	4,478	5,474	4,478	5,474
M _x (ton-m)	3,732	5,598	3,732	5,598
Σx ² (m ²)	1,62	2,42	1,62	2,42
Σy ² (m ²)	1,125	1,687	1,125	1,687
Pi (kN)	19,627	13,273	24,627	16,606

B. Penurunan elastis kelompok tiang

Penurunan elastis kelompok tiang menunjukkan besarnya penurunan struktur pondasi bangunan yang terjadi dan diijinkan pada pelaksanaan. Besar penurunan dipengaruhi oleh beban-beban yang bekerja pada pondasi maupun berat sendiri. Semakin besar luas kelompok tiang dan semakin banyak jumlah tiang pancang maka berdampak pada semakin besar penurunan elastis yang terjadi.

Tabel 4.7 Komparasi penurunan elastis kelompok tiang

Beban	40		60	
Ø cm	30		30	
Jumlah tiang	4	6	4	6
Eu (kg/cm ²)	200	200	200	200
μ ₀	0,86	0,88	0,87	0,88
μ ₁	0,59	0,57	0,59	0,58
qn (kg)	4,873	4,495	4,873	4,495
Si (cm)	2,596	2,818	2,596	2,818

C. Penurunan konsolidasi

Penurunan konsolidasi menunjukkan besarnya penurunan struktur pondasi bangunan yang terjadi setelah bangunan selesai karena pengaruh proses konsolidasi.

Besar penurunan dipengaruhi beban struktur secara keseluruhan, semakin luas kelompok tiang dan semakin banyak jumlah tiang maka penurunan konsolidasi semakin kecil.

Tabel 4.8 Komparasi penurunan konsolidasi

Beban (ton)	40		60	
Jumlah tiang	4	6	4	6
S_c (cm)	13,686	12,489	25,578	17,675

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil analisis yang dilakukan , dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Daya dukung pondasi susun relatif lebih baik daripada daya dukung pondasi tiang normal. Hal itu disebabkan adanya daya angkat tanah yang ada di bawah *pile cap* dan *foot plat*,
2. Dari perhitungan pondasi telapak dengan dimensi, panjang = 2 m dan lebar = 1,5 m, kedalaman = 1,5 m didapat tegangan ultimate yang terjadi dibawah pondasi sebesar $Q_{ult} = 1,796 \text{ t/m}^2$. Hal ini akan membantu menahan beban dari atas, sebelum beban ditahan oleh pondasi kelompok tiang pancang,
3. Untuk pondasi tiang kelompok pada pondasi susun , daya dukung yang terjadi pada jumlah tiang 4 dengan beban 60 ton, didapat $Q_s = 43,491 \text{ ton}$, beban maksimum yang diterima 1 tiang (P_{mak}) = 24,627 ton,
4. Untuk pondasi tiang kelompok normal yang terdiri dari 4 tiang dengan beban 60 ton didapat $Q_s = 43,491 \text{ ton}$, sedangkan beban maksimum yang diterima oleh 1 tiang (P_{mak}) = 11,51 ton,
5. Penurunan *intermediate* untuk jumlah tiang 4 dan 6 serta beban 40 ton dan 60 ton (Tabel 4.2) kecenderungan sama. Sedangkan penurunan konsolidasi pada jumlah tiang 4 relatif lebih besar dibandingkan dengan jumlah tiang 6.

5.2. Saran

Melihat dari hasil pada analisis pondasi susun ini terdapat beberapa saran yang perlu disampaikan :

1. Perlunya pengamatan dan penelitian yang lebih mendalam tentang karakteristik mekanik tanah gambut guna mendukung struktur bangunan,

2. Besarnya penurunan (*settlement*) yang terjadi dapat diperkecil dengan memperbesar jarak antar tiang atau memperluas kelompok tiang dan menambah jumlah tiang yang ada, atau dengan cara stabilisasi tanah.

PENUTUP

Analisis pada Tugas Akhir yang kami susun merupakan suatu langkah pemilihan dan perhitungan terhadap pondasi dalam (*sub-structure*) pada daerah survei di daerah Telang Saleh, Sumatra Selatan. Dimana kondisi tanah mengandung lapisan gambut atau rawa dengan ketebalan yang bervariasi. Secara umum dapat dikatakan lapisan di daerah survei merupakan tanah lempung yang sangat lunak (*very-soft*), dimana sulit dan tidak ditemukan lapisan tanah keras.

Penyusunan Tugas Akhir ini didasarkan kepada data-data yang ada. Data-data tersebut didapat dari hasil survei Geoteknik Lapangan dan Laboratorium yang dilakukan oleh P.T. Pusar Bumi.

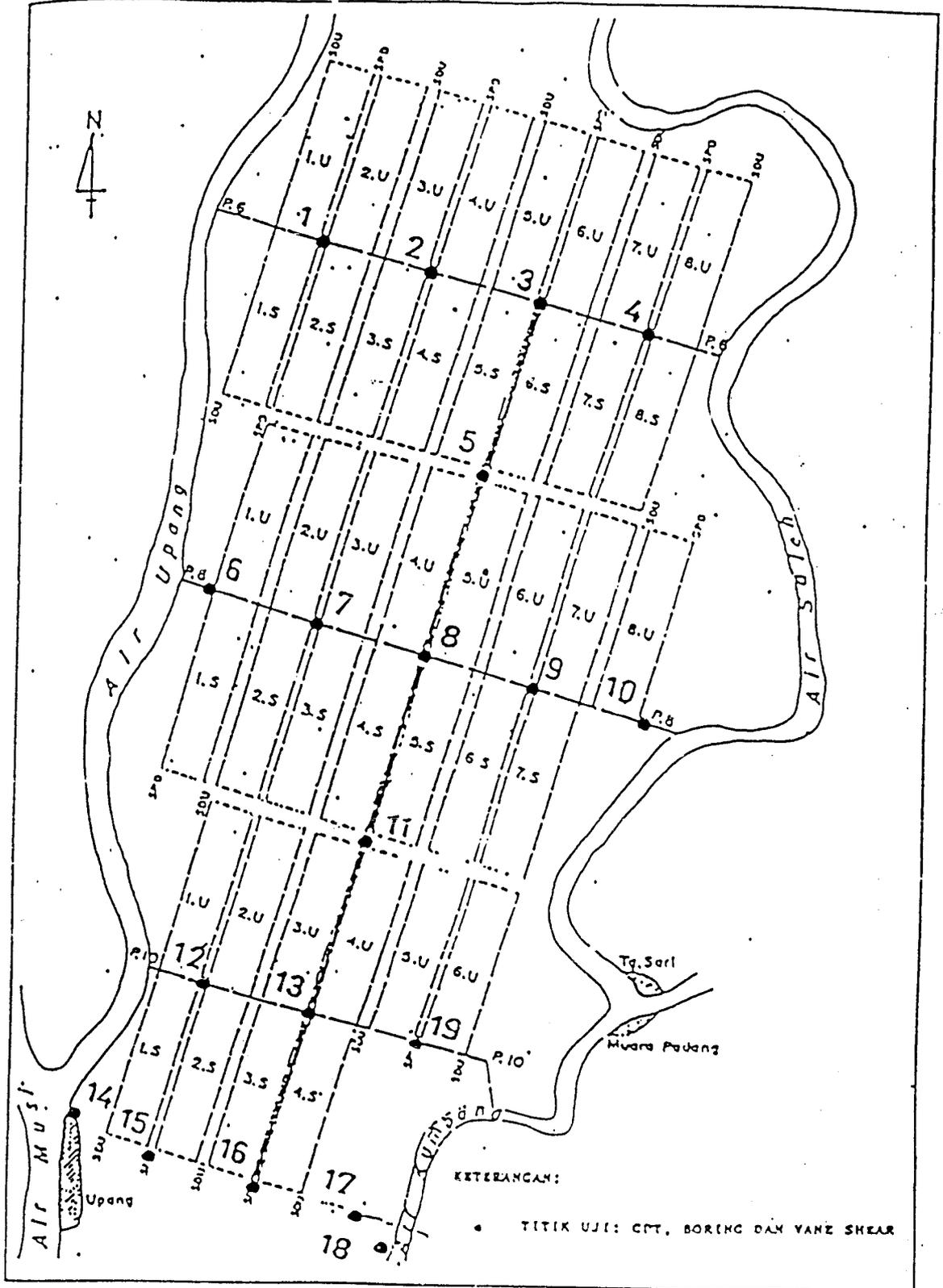
Untuk kesempurnaan Tugas Akhir ini maka kami sangat mengharapkan kritik dan saran yang konstruktif, untuk pengembangan dimasa mendatang. Akhirnya dengan mengucapkan syukur Alhamdulillah atas segala petunjuk dan ridho-Nya penyusun berharap agar Tugas Akhir ini bermanfaat bagi pembaca pada umumnya dan penyusun khususnya, Amien.

DAFTAR PUSTAKA

1. Bowles, J.E., 1986, **Sifat-Sifat Fisis Dan Geoteknis Tanah**, Edisi Kedua, Airlangga, Jakarta.
2. Bowles, J.E., 1986, **Analisa dan Desain Pondasi Jilid I**, Edisi Ketiga, Airlangga, Jakarta.
3. Bowles, J.E., 1991, **Analisa dan Desain Pondasi Jilid II**, Edisi Keempat, Airlangga, Jakarta.
4. B. C. Punmia, Dr, B.E, M.E, Ph.D, 1981, **Soil Mechanics and Foundations**, Sixt Edition, V.V enterprisers, New Delhi.
5. Hary Christady H., 1992, **Mekanika Tanah 1**, Penerbit PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
6. Hary Christady H., 1994, **Mekanika Tanah 2**, Penerbit PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
7. K. Basah Suryolelono, Dr, Ir, Dip, HE, DEA, 1993, **Teknik Pondasi Bagian I**, Nafiri, Yogyakarta.
8. K. Basah suryolelono, Dr, Ir, Dip, HE, DEA, 1994, **Teknik Pondasi Bagian II**, Nafiri, Yokyakarta.
9. **Literatur Kuliah Rekayasa Pondasi**, Universitas Islam Indonesia, Yokyakarta.
10. **Peraturan Muatan untuk Jembatan Jalan Raya**, 1970, Direktorat Jendral Bina Marga Departemen P.U.T.L.
11. Poulus, H.G & Davis, E.M, 1978, **Pile Foundation Analysis and Design**, John Wiley & sons, Inc, New York.
12. Raharjo, P.P., **Manual Pondasi Tiang**, Program Pascasarjana Magister Reknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan.
13. Ralp B. Peck, Walter E. Hanson, Thomas H. Thornburn, 1996, **Teknik Fondasi**, Edisi Kedua, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.

14. Subarkah, Imam, Ir, 1986, **Teknik Pondasi Suatu Ikhtisar Praktis**, Edisi Kedua, Ide Dharma, Yogyakarta.
15. Suyono. S, Dr, Ir, Kazuto Nakazawa, 1990, **Mekanika Tanah dan Teknk Pondasi**, Edisi Kelima, Pradya Paramita, Jakarta.
16. Terzaghi, Karl, dan Peck, Ralph B., 1987, **Mekanika Tanah Dalam Praktek Rekayasa**, Edisi Kedua, Erlangga, Jakarta.
17. Tomlinson, M.J, 1977, **Pile Design and Construction Practice**, London.
18. Wesley, L.D, 1970, **Mekanika Tanah Jilid II**, Badan Penerbit Pekerjaan Umun, Jakarta.
19. Wayney c. Teng, 1981, **Fondation Design**, Practice Hall, Inc, Englewood Clifs, N.J, U.S.A.
20. **Survei Tanah dan Tata Guna Lahan di Telang Saleh, Sumatera Selatan**, 1995, PT. Puser Bumi Consultans, Yogyakarta

Lokasi titik uji: CPT, Boring, Vane shear - Saleh



No.	No. Boring Hole	Depth m	Pocket Penetration Test kPa	Vane Shear Test kPa	Cone Penetration Test kPa	CU Triaxial Test			
						ϕ deg	c kPa	ϕ' deg	c' kPa
III. SALEH									
11	B/SL/01	5.00		49	500				
		5.50	40		500				
		5.50-5.95				14	2	16	0
		5.95	20		500				
		6.50		52	500				
12	B/SL/03	5.00		32	300				
		5.50	5		200				
		5.50-5.95				6	4	4	8
		5.95	5		300				
		6.50		23	300				
13	B/SL/05	5.00		29	200				
		5.50	10		250				
		5.50-5.95				6	4	8	0
		5.95	20		200				
		6.50		30	250				
14	B/SL/08	5.00		33	400				
		5.50	15		350				
		5.50-5.95				4	14	7	9
		5.95	25		300				
		6.50		37	300				
15	B/SL/11	5.00		19	100				
		5.50	20		150				
		5.50-5.95				6	2	8	0
		5.95	20		1200				
		6.50		42	6500				

R-13

PT PUSER BUMI YOGYAKARTA

RANGKUMAN HASIL UJI LABORATORIUM (Undisturbed Samples)

Project : P2DR PALEMBANG
Lokasi : SALEH

No Ur	Dalam m	γ_b g/cm ³	γ_d g/cm ³	W _N %	LL %	PL %	PI %	LI %	G _s	e	S %	% lewat saringan No.200	SIMBOL	ϕ' degree	c' kN/m ²	ϕ degree	c kN/m ²	C _c
B.SL/11	1.00 - 1.45	1.51	0.93	61.4	66	41	25	0.8	2.60	1.77	90	94.9	MH					
	2.50 - 2.95	1.43	0.75	88.2	58	10	28	2.1	2.38	2.13	98	92.2	OH					
	4.00 - 4.45	1.42	0.78	81.7	76	32	44	1.1	2.41	2.08	94	91.3	CH					
	5.50 - 5.95	1.50	0.85	76.3	51	29	22	2.2	2.45	1.88	99	92.9	OH					
	7.00 - 7.45	1.40	0.76	83.4	60	29	1.8	0.5	2.50	2.26	92	86.8	CH					
B.SL/11	1.00 - 1.45	1.50	0.83	80.6	58	29	29	1.8	2.48	1.98	100	80.5	MH					
	2.50 - 2.95	1.43	0.78	81.4	56	32	24	2.1	2.54	2.22	93	80.9	MH					
	4.00 - 4.45	1.44	0.76	87.2	53	30	23	2.5	2.47	2.21	97	84.2	MH					
	5.50 - 5.95	1.58	0.996	64.0	40	23	17	2.5	2.56	1.65	99	67.1	CL	8	0	6	2	0.56
	7.00 - 7.45	1.90	1.48	27.6	NP	--	--	--	2.60	0.74	96	95.8	ML					
B.SL/12	1.00 - 1.45	1.50	0.93	60.0	71	35	36	0.7	2.51	1.68	89	96.0	CH					
	2.50 - 2.95	1.44	0.73	95.2	59	32	27	2.3	2.46	2.33	100	93.1	MH					
	4.00 - 4.45	1.43	0.77	85.3	60	29	31	1.8	2.59	2.35	94	76.6	CH					
	5.50 - 5.95	1.41	0.72	93.2	66	30	36	1.8	2.60	2.56	95	94.3	CH					
	7.00 - 7.45	1.37	0.72	88.2	67	32	35	1.6	2.55	2.50	90	94.7	CH					

Tabel 3-4 Sudut-sudut gesekan δ antara beberapa bahan pondasi dengan tanah atau batuan†

Bahan-bahan yang mempunyai bidang pemisah (interface)	Sudut gesekan δ , derajat ‡
Beton massa atau batuan pada benda-benda berikut:	35
Batuan asli yang bersih	35
Kerikil bersih, campuran pasir kerikil, pasir kasar	29-31
Pasir halus yang bersih dengan pasir sedang, medium endapan dengan pasir kasar, endapan kerikil yang bersifat pekat	24-29
Pasir halus yang bersih, yang berupa endapan atau bersifat halus pekat dengan pasir sedang	19-24
Endapan berpasir halus, endapan tak bersifat plastik	17-19
Bahan residu yang sangat kaku dengan bahan residu yang keras atau tanah liat yang terkonsolidasi sebelumnya	22-26
Tanah liat kaku sedang dengan tanah liat kaku dan tanah liat endapan	17-19
Tiang pancang lempengan baja terhadap:	
Kerikil bersih, campuran pasir kerikil, batuan yang telah diolah dengan baik dan yang diisi dengan batu serpih	22
Pasir bersih, campuran kerikil pasir yang mengendap, batuan keras isian yang berukuran sejenis	17
Pasir endapan, kerikil atau pasir yang bercampur endapan, atau tanah liat	14
Endapan berbentuk pasir halus, endapan yang tak bersifat plastik	11
Beton berbentuk atau tiang pancang baja beton terhadap:	
Kerikil bersih, campuran pasir-kerikil, batuan yang telah diolah dan diisi dengan batu serpih	22-26
Pasir bersih, campuran pasir kerikil yang mengendap, batuan keras yang berukuran bermacam	17-22
Pasir endapan, kerikil atau pasir yang bercampur dengan endapan atau tanah liat	17
Endapan pasir halus, endapan tak bersifat plastik	14
Berbagai bahan bangunan:	
Batuan pada batuan, batu api atau batu metamorf	
Batuan lembek yang dilapis pada batuan lembek yang dilapis	35
Batuan keras yang dilapis pada batuan halus yang dilapis	33
Batuan keras yang dilapis pada batuan keras yang dilapis	29
Batu bangunan pada kayu (serat bersilang)	26
Baja pada baja di titik temu tiang pancang baja	17
Kayu pada tanah	14-16 §

† Mungkin bebas tegangan (lihat teks) pada pasir.

‡ Harga-harga tunggal ± 2 . Alternatif untuk beton pada tanah adalah $\delta = 0$.

§ Mungkin lebih besar di dalam pasir yang mampat atau jika pasir menembus kayu.



Tabel 2.3. Identifikasi dan deskripsi tanah (J.E. Bowles, 1986)

Simbol Kelompok	Nama	Keterangan yang dibutuhkan untuk menerangkan tanah
GW	Kerikil bergradasi baik, campuran kerikil-pasir sedikit atau tidak ada butir halus	<p>Berikan nama; tentukan perkiraan persentase pasir dan kerikil, ukuran maksimum, bersudut atau bundar (angularity), kondisi permukaan, dan kekerasan butir-butir kasar; nama lokal atau geologi, dan keterangan-keterangan penting lainnya; dan simbol dalam kurung.</p> <p>Untuk tanah tidak terganggu tambahkan keterangan mengenai stratifikasi, derajat kekompakan, sementasi, kondisi kelembaban, dan karakter-karakter drainase.</p> <p>CONTOH :</p> <p>Pasir berlanau; mengandung kerikil sekitar 20 persen keras, partikel kerikil bersudut dengan ukuran maksimum 12 mm, pasir bundar dan agak bersudut (subangular) dari kasar sampai halus; sekitar 15 persen butir halus nonplastis dengan kekuatan kering yang rendah; cukup padat dan lembab di tempat; pasir aluvial; (SM)</p>
GP	Kerikil bergradasi buruk, campuran kerikil-pasir sedikit atau tidak ada butir halus	
GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil-pasir-lanau bergradasi buruk.	
GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil-lanau-lempung bergradasi buruk.	
SW	Pasir bergradasi baik, pasir berkerikil, sedikit atau tanpa butir halus.	
SP	Pasir bergradasi buruk, pasir berkerikil, sedikit atau tanpa butir halus.	
SM	Pasir berlanau, campuran pasir-lanau bergradasi buruk.	
SC	Pasir berlempung, campuran pasir-lempung bergradasi buruk.	
ML	Lanau inorganik dan pasir sangat halus, tepung batuan, pasir halus berlanau, atau berlempung dengan sedikit plastisitas	<p>Berikan nama; tentukan derajat dan karakter plastisitas, jumlah dan ukuran maksimum butir-butir kasar; warna; dalam kondisi basah, bau apabila ada, nama lokal atau geologis, dan keterangan-keterangan penting lainnya; dan simbol dalam tanda kurung.</p> <p>Untuk tanah tidak terganggu tambahkan keterangan mengenai struktur stratifikasi, konsistensi dan sudah dibentuk, kondisi kelembaban dan drainase.</p>
CL	Lempung inorganik dengan plastisitas rendah sampai sedang, lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung kurus	
OL	Lanau organik dan lanau-lempung organik dengan plastisitas rendah	
MH	Lanau inorganik, tanah berpasir atau berlanau halus mengandung mika atau diatomea, lanau elastis	
CH	Lempung inorganik dengan plastisitas tinggi, lempung genuk	

Simbol Kelompok	M a n a	Keterangan yang dibutuhkan untuk menerangkan tanah
OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi	CONTOH : Lanau berlempung, coklat; agak plastis; persentase kecil dari pasir, banyak lobang-lobang akar yang vertikal, teguh dan kering di tempat; lus; (ML)
Pt	Gambut (peat), rawa (suck), gambut rawa (peat-bog), dan sebagainya	

DUTCH CONE PENETRATION TEST

Test No. : CPT/SL/11

Date : 6 s/d 7 November 1994

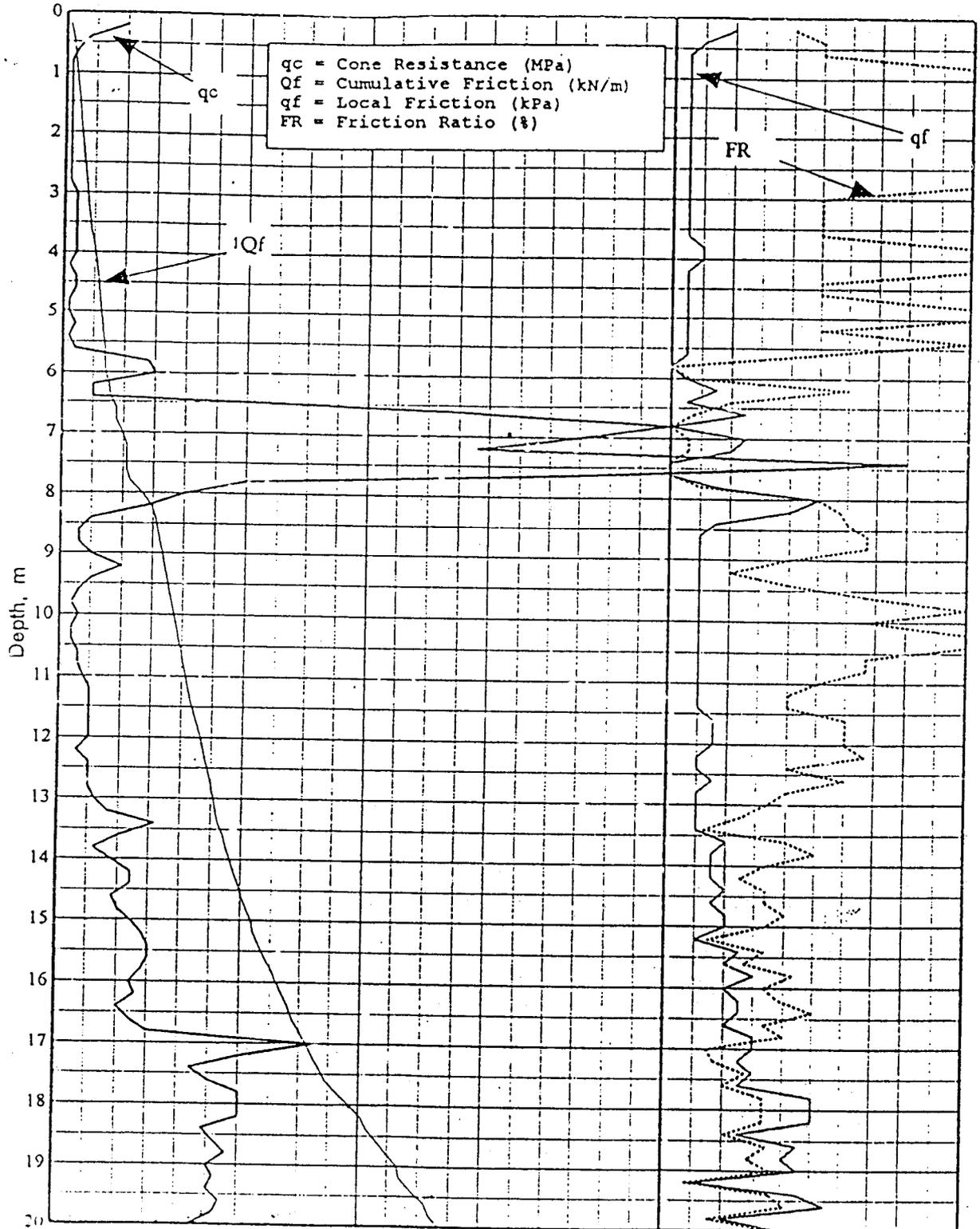
Location : Saleh

Qf----> 0 (kN/m)
qc----> 0 (MPa)

500
5

1000
10

1500
15



qf----> 0 (kPa) 100 200
FR----> 0 (%) 5 10

B-38

BORING LOG

Boring No. : B/SL/11

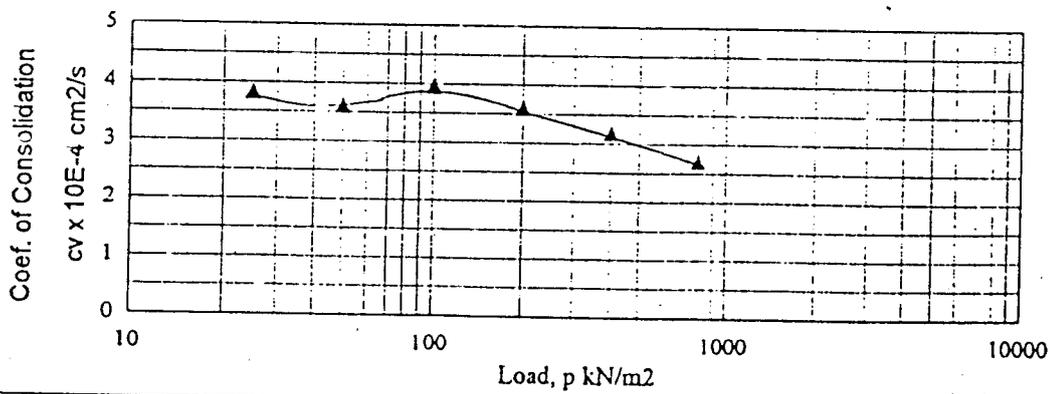
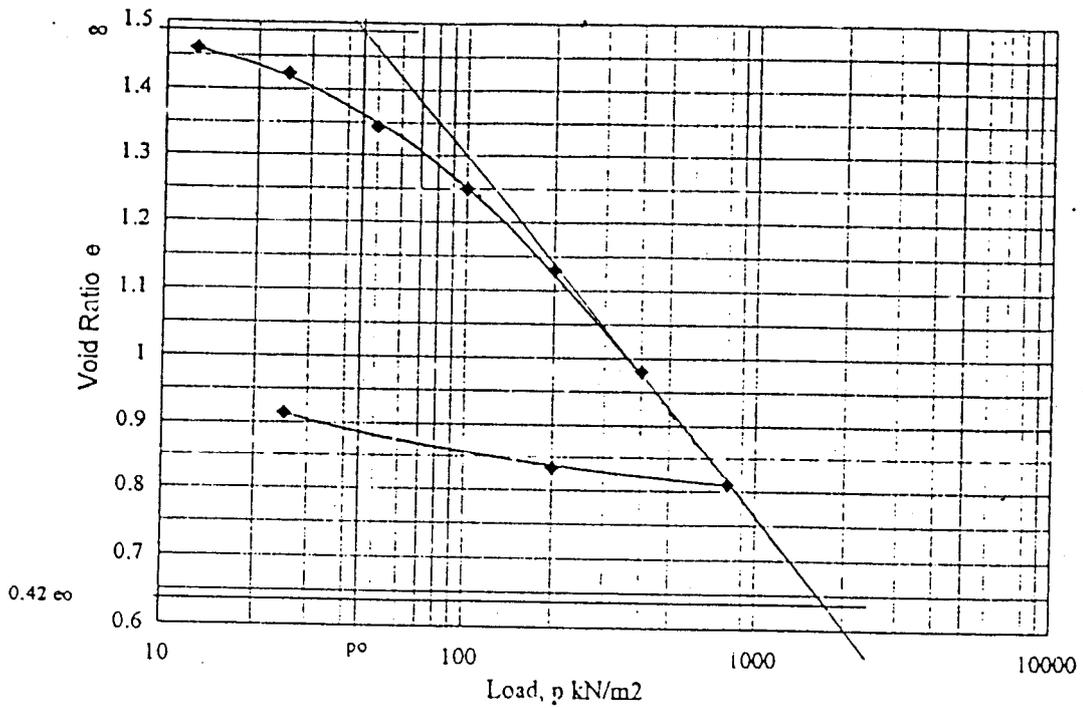
Date : 6 s/d 7 November 1994

Location : Saleh

Scale (m)	Depth (m)	LOG	Soil Description	GWL (m)	Sample	Pocket Penetrometer Test (kPa)		Vane Shear Test			Remark
						Top	Bottom	Depth	Undisturbed (kPa)	Re-molded (kPa)	
0.40			Silty clay, light brown, soft	-1.00							
1.20			Silty clay, dark brown, soft								
3.80			Silty clay, peaty, dark brown, very soft			10	25		24.0	3.0	8.0
5.50			Clayey silt, fine sandy, peaty, dark grey, very soft			0	10		44.0	7.5	5.9
6.10			Silty clay, dark grey, very soft			20	20		19.0	2.0	9.5
7.00			Silty fine to medium sand, yellowish dark grey, medium dense			50	75		42.0	11.0	3.8
8.00		End of boring							>75		

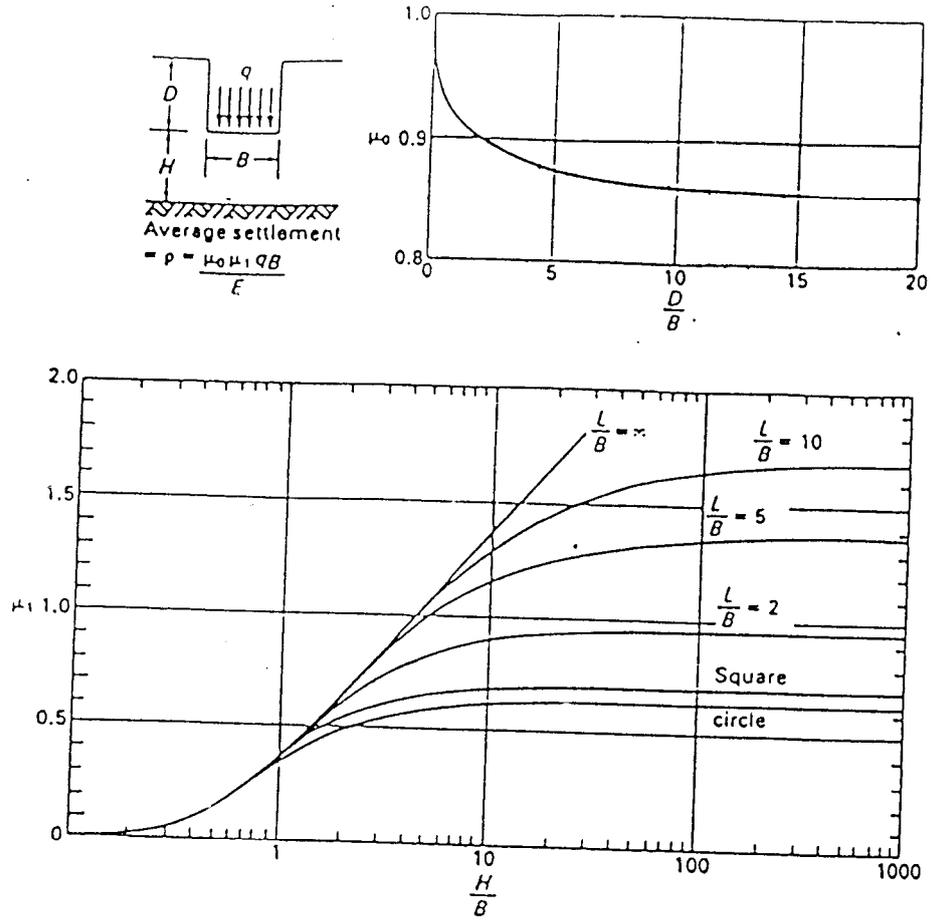
CONSOLIDATION TEST

Project : Telang and Saleh Agricultural Development Project, South Sumatera
 No. of Test : CT/SL/05
 Sample from : Saleh, Boring Hole No. B/SL/11
 Depth : 5.50 - 5.95 m
 Testing Date : January 1995

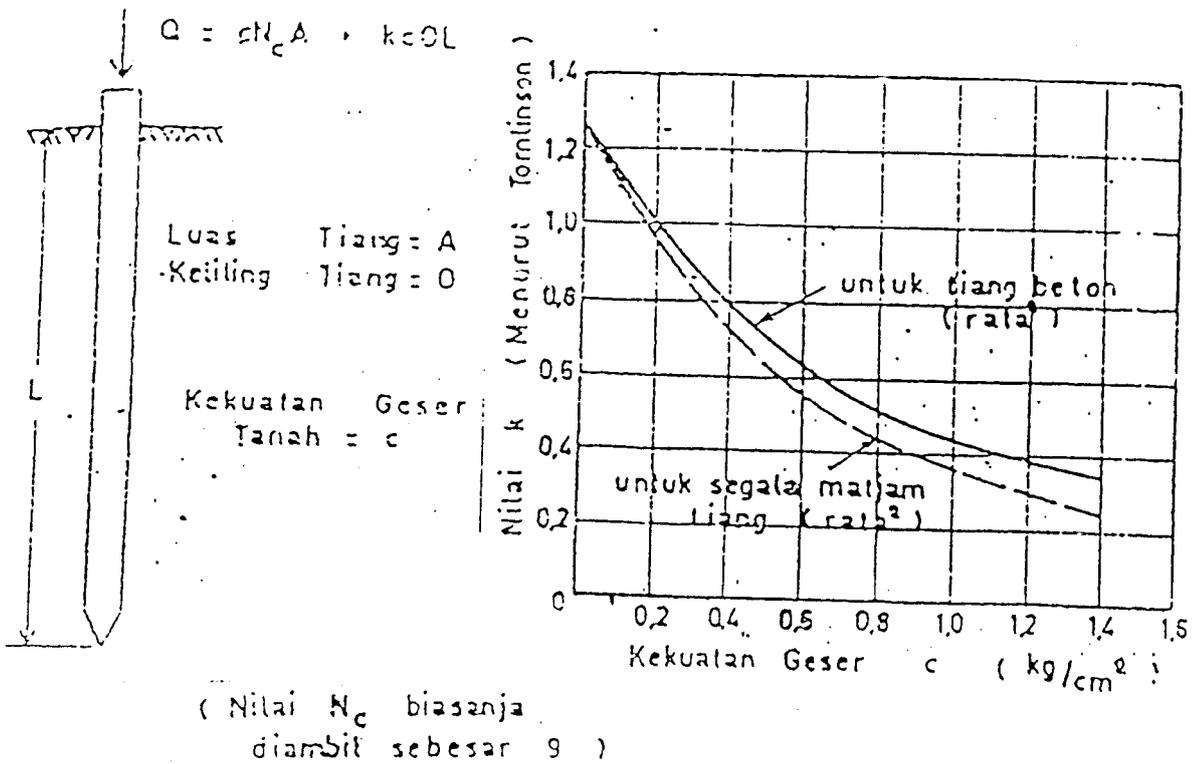


Compression Index	Cc =	0.56
Void Ratio in situ	eo =	1.49
Original Overburden Pressure	po =	44.2 kN/m²

p (kN/m²)	cv (x 10E-4 cm²/s)
44.2 - 50	3.6
50 - 100	4.0
100 - 200	3.6
200 - 400	3.2
400 - 800	2.7



Lampiran 5.1. Grafik nilai faktor reduksi μ_1 dan μ_0



Lampiran 5.2. Grafik nilai kelekatan (k) dan kekuatan geser (c)