

H A D I A H

TGL. TER. : 10 - 05 - 97

NO. URUT : 077/PA/ITS/97

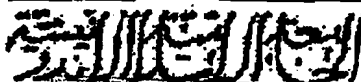
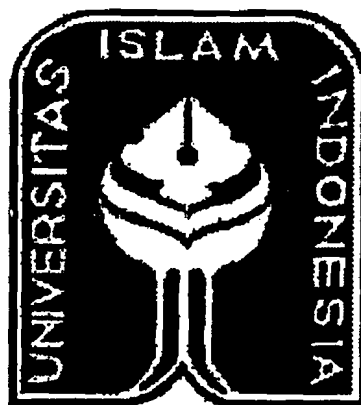
NO. INDIK : 97.077

5120003149001

TUGAS AKHIR

STUDI KASUS :

**PONDASI DALAM "CAST IN PLACE" PADA
TANAH LEMPUNG LUNAK (SOFT CLAY)
DI DAERAH TELANG-SALEH, SUMATERA SELATAN
DENGAN METODE STATIS**



SUMBANGAN ALUMNI
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK UII

MILIK PERPUSTAKAAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN UII YOGYAKARTA

Oleh :

BUDHI SETYOWOKO

No. Mhs : 91 310 047

YUDI ALFIAN

No. Mhs : 91 310 059

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
1997**

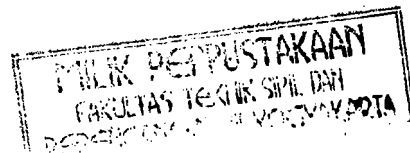


TUGAS AKHIR

STUDI KASUS :

**PONDASI DALAM "CAST IN PLACE" PADA
TANAH LEMPUNG LUNAK (SOFT CLAY)
DI DAERAH TELANG-SALEH, SUMATERA SELATAN
DENGAN METODE STATIS**

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



Oleh :

**Nama : BUDHI SETYOWOKO
No. Mhs : 91 310 047
Nirm : 910051013114120045**

**Nama : YUDI ALFIAN
No. Mhs : 91 310 059
Nirm : 910051013114120057**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
1997**

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

STUDI KASUS : PONDASI DALAM 'CAST IN PLACE' PADA TANAH LEMPUNG LUNAK (SOFT CLAY) DI DAERAH TELANG-SALEH, SUMATERA SELATAN DENGAN METODE STATIS

Oleh :

BUDHI SETYOWOKO

No. Mhs : 91 310 047

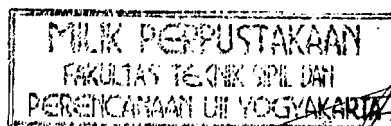
Nirm : 910051013114120045

YUDI ALFIAN

No. Mhs : 91 310 059

Nirm : 910051013114120057

Telah diperiksa dan disetujui oleh :



DR. Ir. Edy Purwanto, CES DEA.

Dosen Pembimbing I

Tanggal : 13/01-1997

Ir. Ibnu Sudarmadji, MS.

Dosen Pembimbing II

Tanggal : 13/1/97.



Ucapan terima kasih :
 Puri syukur sebesar-besarnya kepada Allah SWT atas limpahan Rahmat serta Hikmah-Nya;
 Slamet Widya Nugraha buat komplotnya; Nur's dengan cowoknya; Mas Tadi yang baik
 ngeddi; Ari, Jini yang baik sembari; Rizki buat saran konsentrasinya; Jaya yang memonin
 jahan; Dima, Kwan atas pinyaman bukannya; Lily, Wati, Anis, Dedi, Herani, Anas, Dewi atas
 spilitnya; serta teman-teman semua atas dukungannya.

REVISI
 10/10/2010

Persambahan
 : buat yang tercinta :
 bapak dan ibu, kakaku,
 serta abang.

- ♦ - Semangkanya abakur, badakur, kidup dan matikur adalah kepunyaan Allah SWT yang menguasai seluruh alam (Daa 9/10/2010)
- ♦ - "Mencari ilmu itu seperti berak, mengangkarkannya seperti beraklah, mempeludikannya seperti berakur, mengangkarkannya seperti berakur, dan memulitkannya seperti berakur." (16/10/2010)
- ♦ - "Allah SWT mengingikan orang-orang yang beriman di antara kamu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat...." (2. S. Al-Muqaddak : 11)

NOTO :

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji syukur kami panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmad dan ridho-Nya kepada kita semua, khususnya kepada penyusun sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul "STUDI KASUS : PONDASI DALAM "CAST IN PLACE" PADA TANAH LEMPUNG LUNAK (SOFT CLAY) DI DAERAH TELANG - SALEH, SUMATERA SELATAN DENGAN METODE STATIS", yang merupakan syarat guna memperoleh derajat strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

Hal ini tidak lepas dari dukungan serta sumbangan pikiran berbagai pihak yang selalu memberikan motivasi dalam menghadapi hambatan yang terjadi selama penyusunan. Untuk itu dengan segala 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.

KATA PENGANTAR

3. Ayah, Ibu tercinta, Kakak dan Adik yang telah banyak memberi bantuan dan dorongan moril maupun materil dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Ir. Susastrawan, MS, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
5. Bapak Ir. Bambang Sulistiono, MSCE, 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 banyak memberi masukan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
7. Pihak-pihak lain yang tidak dapat penyusun sebutkan satu persatu.

Dalam penyusunannya Tugas Akhir ini terdiri dari lima (5) bab, dengan sistematis penyusunan sebagai berikut :

BAB I. PENDAHULUAN

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

BAB III. METODE KERJA

BAB IV. PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

Penyusun menyadari dalam penyelesaian Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan, disebabkan keterbatasan

KATA PENGANTAR

pengetahuan akan lahan gambut itu sendiri. Untuk itu penyusun mengharapkan kritikan 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 SWT memberkati kita semua, Amin.

Wassalamu'alaikum Wr, Wb.

Yogyakarta, November 1996

Penyusun

DAFTAR ISI

Lembar Judul	i
Lembar Pengesahan	ii
Motto	iii
Kata Pengantar	iv
Daftar Isi	vii
Daftar Simbol	x
Daftar Tabel	xii
Daftar Gambar	xiv
Daftar Lampiran	xv
Intisari	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Maksud dan Tujuan	3
1.3. Manfaat Studi Kasus	3
1.4. Ruang Lingkup dan Batasan Masalah	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Klasifikasi Tanah	5
2.2. Sistem Pondasi Suatu Konstruksi	9
2.3. Metode Statis	15
BAB III METODE KERJA	18
3.1. Penentuan Titik Lokasi	18

DAFTAR ISI

3.2. Hasil Survai Geoteknik Lapangan dan Laboratorium	19
3.3. Pemilihan Pondasi	23
3.4. Pelaksanaan Pemboran Pondasi Friction Pile	26
3.5. Analisis Pondasi Dalam Friction Pile Dengan Metode Statis	28
3.5.1. Penerusan Beban ke Tiang	28
3.5.2. Kapasitas Daya Dukung Tiang Friction Pile	32
3.5.3. Penurunan Tiang Pancang Kelompok	38
3.5.4. Efisiensi Tiang Kelompok	41
3.6. Hipotesis	42
BAB IV PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN	44
4.1. Perhitungan Pondasi Friction Pile (TL-1/2)	45
4.1.1. Kapasitas Daya Dukung Kelompok Tiang	46
4.1.2. Efisiensi Tiang Pancang	52
4.1.3. Penurunan Elastis Kelompok Tiang	54
4.2. Perhitungan Pondasi Friction Pile (S/14)	57
4.2.1. Kapasitas Daya Dukung Kelompok Tiang	58
4.2.3. Efisiensi Tiang Pancang	60
4.2.2. Penurunan Elastis Kelompok Tiang	60



DAFTAR ISI

4.3. Pembahasan	61
4.3.1. Hasil Perhitungan	61
4.3.2. Stabilisasi Terhadap Korosi Pada Pengecoran	65
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	67
5.1. Kesimpulan	67
5.2. Saran	68
PENUTUP	69
DAFTAR PUSTAKA	70
LAMPIRAN	

DAFTAR SIMBOL

- c = kohesi tanah
c' = kohesi tanah efektif
Cc = indeks 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
Eu = modulus deformasi pada kondisi undrained
Eq = efisiensi tiang pancang
fs = tahanan kulit
 τ_b = berat satuan tanah basah
 τ_d = berat satuan tanah seandainya seluruh air digantikan udara
Gs = specific gravity / berat jenis
k = perbandingan gaya lekatan dengan kekuatan geser tanah
Ko = rasio tegangan lateral/vertikal langsung ditempat (dalam keadaan diam)
LI = indeks cair
LL = batas cair
 ΔL = pertambahan panjang
ML = lanau dengan kadar air < 50 %
MH = lanau dengan kadar air > 50 %
 μ = faktor reduksi
Mx = komponen momen arah-x
My = komponen momen arah-y
n = jumlah tiang
Nc = faktor daya dukung

DAFTAR SIMBOL

NP	= non predicted
ϕ	= sudut gesek dalam
ϕ'	= sudut gesek dalam efektif
OH	= organis high (tanah organis dengan kadar air > 50%)
PI	= indeks plastis
PL	= batas plastis
-	
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
Si	= penurunan elastis
SF	= faktor keamanan
ΣV	= resultante beban-beban vertikal yang bekerja
w	= kadar air

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Simbol kelompok sistem USC.....	8
Tabel 2.2. Klasifikasi tanah berbutir halus berdasar sistem USC.....	10
Tabel 2.3. Jenis-jenis Pondasi dan kegunaannya.....	12
Tabel 3.1. Klasifikasi tanah di Telang I titik 20 dan Saleh titik 14.....	22
Tabel 3.2. Hasil survai geoteknik Telang I titik 20 dan Saleh titik 14.....	24
Tabel 4.1. Kapasitas daya dukung tiang individu, belum memperhitungkan berat sendiri.....	48
Tabel 4.2. Kapasitas daya dukung tiang kelompok, belum memperhitungkan berat sendiri dan Momen yang terjadi (Telang I).....	53
Tabel 4.3. Efisiensi satu tiang dalam kelompok (Telang I).....	56
Tabel 4.4. Penurunan kelompok tiang (Telang I).....	59
Tabel 4.5. Kapasitas daya dukung tiang individu, belum memperhitungkan berat sendiri.....	60
Tabel 4.6. Kapasitas daya dukung tiang kelompok, belum memperhitungkan berat sendiri dan Momen yang terjadi (Saleh).....	61
Tabel 4.7. Efisiensi satu tiang dalam kelompok	

DAFTAR TABEL

(Saleh).....	62
Tabel 4.8. Penurunan kelompok tiang (Saleh).....	63
Tabel 4.9. Daya dukung tiang individu.....	65
Tabel 4.10. Komparasi daya dukung kelompok tiang.....	65
Tabel 4.11. Komparasi momen dan daya dukung tiang dalam tiap baris.....	66
Tabel 4.12. Komparasi efisiensi satu tiang dalam kelompok.....	67
Tabel 4.13. Komparasi penurunan elastis kelompok tiang.....	67

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Grafik hubungan IP dengan Batas Cair	9
Gambar 3.1. Pelaksanaan Pengeboran Pondasi Friction Pile	29
Gambar 3.2. Beban Terpusat Sentris	30
Gambar 3.3. Analisis Gaya pada Tiang Akibat Beban Vertikal Sentris	31
Gambar 3.4. Susunan Tiang Asimetris	33
Gambar 3.5. Deskripsi Kapasitas Daya Dukung Tiang Tunggal	35
Gambar 3.6. Daya Dukung Kelompok Tiang pada Tanah Lempung	39
Gambar 3.7. Distribusi Beban dibawah Pondasi Tiang Kelompok pada Tanah Berlapis	41
Gambar 3.8. Grafik Hubungan Tegangan-Angka Pori	43
Gambar 3.9. Efisiensi Tiang Kelompok	44
Gambar 4.1. Formasi Tiang	47
Gambar 4.2. Titik Berat Kelompok Tiang	48
Gambar 4.3. Titik Berat Kelompok Tiang	50
Gambar 4.4. Titik Berat Kelompok Tiang	51

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Peta Situasi Daerah Survei
- 2 Peta Lokasi Uji - Telang I
- 3 Peta Lokasi Uji - Saleh
- 4 Perbandingan Nilai-Nilai Hasil Uji
- 8 Rangkuman Hasil Uji Laboratorium - Telang I
- 9 Rangkuman Hasil Uji Laboratorium - Saleh
- 10 Hasil Sondir (CPT) - Telang I
- 11 Hasil Sondir (CPT) - Saleh
- 12 Hasil Boring Log - Telang I
- 13 Hasil Boring Log - Saleh
- 14 Tabel 2.3. Identifikasi dan Deskripsi Tanah
- 16 Tabel 3.4. Sudut-sudut gesekan δ antara
Bahan Pondasi dengan Tanah
- 17 Gambar 3.10. Hubungan Nilai $k - c$
Gambar 3.11. Faktor Daya Dukung N_c
- 18 Gambar 3.12. Nilai Faktor Reduksi μ_0, μ_1
Gambar 3.4A. Modulus Deformasi
- 19 Gambar 3.13. Grafik Modulus Deformasi

INTISARI

Tanah mempunyai peranan yang sangat penting pada suatu pekerjaan konstruksi, karena tanah merupakan pondasi pendukung 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 dan atau lempung lunak (soft clay). Pada kondisi tanah seperti ini sulit didapat lapisan tanah keras sebagai pendukung pondasi. Tanah gambut dengan ketebalan yang bervariasi (sampai 100 cm) dengan kadar lempung $\geq 50\%$ dan tingkat kematangan tanah yang mentah, akan memerlukan penanganan khusus bila tempat ini akan dibangun suatu konstruksi, seperti di daerah Teiang-Saleh, Sumatera Selatan.

Studi kasus ini bermaksud untuk mencari suatu solusi sub-struktur dengan menggunakan pondasi kelompok tiang beton friction pile cast in place, berdasarkan data-data studi Geoteknik Lapangan dan Laboratorium pada sampel tanah yang ada di lapangan. Sehingga kegagalan daya dukung (bearing failure) dan penurunan yang berlebihan (excessive settlement) dapat dihindari.

Berdasarkan karakteristik fisik tanah diketahui tanah di daerah survei merupakan tanah lempung organik dengan kompressibilitas sedang sampai tinggi. Dari hasil studi kasus dapat diketahui besarnya daya dukung tiang individu dan daya dukung tiang kelompok dalam menahan beban, besarnya efisiensi satu tiang dalam kelompok, settlement yang terjadi pada pondasi kelompok tiang, dengan parameter-parameter yang diambil serta solusi stabilisasi kapur yang digunakan untuk menghindari korosi pada tulangan beton saat pengecoran.

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Sebagai realisasi pembangunan jangka panjang tahap kedua, sekalipun titik berat pembangunan diletakkan pada sektor industri agraris, Pemerintah tetap memberikan perhatian kepada pengembangan prasarana fisik, baik itu gedung bertingkat, jembatan, maupun perumahan. Untuk itu kebutuhan akan lahan terus meningkat yang mengakibatkan pembukaan dan pengembangan lahan-lahan baru terus berkembang, termasuk tanah bermasalah juga turut dibuka seperti lahan yang mengandung gambut atau tanah lunak (soft soil).

Dalam hal ini Pemerintah telah menerapkan kebijaksanaan bertahap dalam pengembangan lahan gambut dan rawa, pertama meliputi pembangunan jaringan yang memungkinkan drainasi dari daerah yang bersangkutan serta perbaikan jalan masuk, dengan tujuan mencegah penurunan muka air. Kedua adalah peningkatan 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, kurang lebih 60 Km sebelah utara kota Palembang, dengan luas kawasan proyek meliputi areal \pm 15.000 Ha. Berdasarkan hasil pengamatan lapangan menunjukkan bahwa tanah didaerah Telang Saleh adalah tanah rawa yang terisi oleh material aluvial yang diendapkan dalam suasana payau/marin. Bertekstur lempung (Clay) yang ada kalanya bercampur dengan gambut, atau tanah bagian atas berupa tanah gambut. Kondisi lahan gambut dengan ketebalan yang bervariasi (sampai kedalaman 100 cm) dengan kadar lempung \geq 50 %, dan tingkat kematangan tanah mineralnya termasuk mentah (n value $>$ 1,4), akan memerlukan penanganan khusus bila ditempat ini akan di bangun suatu konstruksi jembatan/ bangunan pengendali air.

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

- a. Keadaan tanah di bawah pondasi
- b. Batasan-batasan akibat konstruksi di atasnya (superstruktur)
- c. Batasan-batasan dari sekelilingnya
- d. Waktu dan biaya pekerjaan.

I.2. Maksud dan Tujuan

Maksud dan tujuan dari studi kasus ini adalah untuk mencari suatu solusi sub-struktur dengan menggunakan pondasi kelompok tiang beton friction pile "cast in place" (cor ditempat) pada tanah lunak (soft clay) berdasarkan data-data tanah yang ada dilapangan (Telang-Saleh, Sumatera Selatan).

I.3. Manfaat Studi Kasus

Pembukaan lahan yang terus berkembang menuntut turut dibangunnya jaringan infrastruktur yang memenuhi persyaratan teknis, termasuk pada lahan rawa/gambut. Perencanaan pondasi dalam yang cocok dan efektif sangat dibutuhkan, karena kegagalan pondasi akan mengakibatkan kegagalan total/fatal, yang mana kegagalan daya dukung (bearing failure) dan penurunan yang berlebihan (excessive settlement) dapat dihindari dari bangunan tersebut.

Berdasarkan data-data studi geoteknik lapangan dan laboratorium, dipakai dalam perhitungan perencanaan pondasi tiang friction pile pada tanah gambut ataupun tanah lunak (soft Clay).

I.4. Ruang Lingkup dan Batasan Masalah.

Ruang lingkup dan masalah yang akan dibahas dalam studi kasus ini dibatasi :

- a. Kondisi tanah gambut/lempung lunak, yang berasal dari data-data geoteknik lapangan dan laboratorium PT. Puser Bumi Consultan di daerah Telang Saleh, Sumatera Selatan.
- b. Jenis pondasi dalam berupa tiang beton friction pile 'cast in place' (cor ditempat), tiang kelompok dengan mutu K350 berbentuk tampang lingkaran/bulat.
- c. Perhitungan pondasi tiang pancang beton didasarkan pada metode statis, untuk menentukan kapasitas daya dukung tiang dalam menahan beban.
- d. Pengambilan titik lokasi sondir difokuskan pada daerah Telang I titik 20 dan daerah Saleh titik 14 yang merupakan tanggul alam "natural levee" dari Sungai Musi.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Klasifikasi Tanah

Dalam pengertian teknik secara umum, Ir. Imam Subarkah (1986) mendefinisikan tanah sebagai bahan yang terdiri dari agregat butir-butir mineral padat yang tidak tersemetasi (terikat secara kimia) satu sama lain, dengan bagian-bagian organik atau tidak, disertai zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong di antara partikel-partikel padat tersebut, yang dapat diuraikan dengan cara mekanis biasa, misalnya dengan diaduk di dalam air.

Tanah mempunyai peranan yang penting pada suatu lokasi pekerjaan konstruksi terutama sebagai pondasi pendukung bangunan, untuk itu perlu dikelahui sifat-sifat dan lapisan-lapisan tanah dalam suatu konstruksi. Penyelidikan kondisi lapisan tanah setempat merupakan prasyarat bagi perancangan elemen bangunan bawah (sub-struktur), selain itu informasi yang memadai diperlukan untuk pengkajian kemungkinan (feasibility) dan ekonomi dari proyek yang diusulkan. (J.E. Bowles, 1991).

Suatu deposit tanah harus diidentifikasi apakah berbutir kasar, halus atau campuran dan perlu diketahui teksturnya (pasir, lanau dan lempung) serta kandungan

kerikil atau kebatuan 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, metode yang paling tepat adalah pemboran lubang (boring) ke dalam tanah untuk mengumpulkan contoh bahan pada pengujian visuil maupun pengujian laboratorium. Untuk memperoleh hasil klasifikasi yang obyektif, 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 Nokotawa, 1980).

Dari beberapa sistem klasifikasi yang ada, terdapat dua jenis yang erat berkaitan dengan studi kasus ini. (J.E.Bowles, 1986).

1. Sistem Klasifikasi Tanah Unified (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 lintas transportasi.



Sistem klasifikasi tanah disini menggunakan percobaan batas cair dan plastis, serta analisis ukuran butiran, dimaksudkan untuk menentukan dan mengidentifikasi tanah di lokasi pekerjaan secara sistematis sesuai dengan pemakaian konstruksi bawah.

Dari kedua sistem klasifikasi USC dan AASHTO di atas, sistem klasifikasi USC cenderung dipakai karena berkaitan dengan perencanaan pondasi.

Berdasarkan sistem USC, tanah dibagi menjadi tiga kelompok besar : berbutir kasar, berbutir halus dan sangat organik. Batas antara tanah berbutir kasar dan halus adalah lubang ayakan No. 200. (Terzaghi, Ralph B. Peck, 1987).

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).

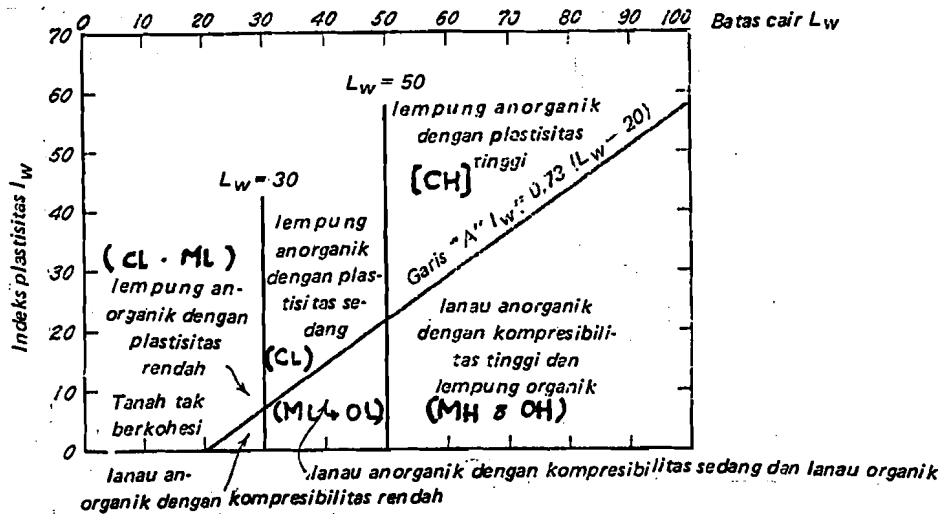
Untuk jelasnya dalam tabel berikut.

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

Jenis tanah	Prefiks	Subkelompok	Sufiks
Kerikil Pasir	G	Gradasi baik	W
	S	Gradasi buruk	P
Lanau Lempung	M	Berlanau	M
	C	Berlempung wl < 50 %	C L

Jenis tanah	Prefiks	Subkelompok	Sufiks
Organis Gambut	O Pt	wL > 50 %	H

Perbedaan antara lempung organik C dan lanau anorganik M dan tanah organik O dibuat berdasarkan grafik plastisitas yang dimodifikasi (Grafik 3.1.)



Gambar 2.1. Grafik hubungan IP dengan Batas Cair. (Karl Terzaghi, Ralph B. Peck, 1987).

Tanah CH dan CL disajikan oleh titik-titik di atas garis A, sedangkan tanah-tanah OH, OL, dan MH berkaitan dengan posisi di bawahnya. Tanah ML, kecuali untuk sebagian kecil pasir halus lempungan juga dinyatakan oleh titik-titik di bawah garis A. Tanah organik O dibedakan dari tanah organik M dan C oleh karakteristik warna yang lebih gelap dan bau akibat kegiatan perombakan oleh mikrobia. Di lapangan, tanah berbutir halus dapat dibedakan oleh kekuatan kering, reaksi terhadap uji guncangan atau kekerasannya di sekitar batas plastis.

Karakteristik-karakteristik yang berkaitan dengan hal di atas ditunjukkan dalam tabel berikut. Simbol jenis tanah batas dinyatakan dengan simbol ganda, seperti CL-ML.

Tabel 2.2. "Klasifikasi tanah berbutir halus berdasar sistem USC. (Terzaghi, Ralph B. Peck, 1987)

Kel.	Kekuatan kering	Reaksi terhadap uji guncangan	Kekerasan pada batas cair
ML	Tidak ada sampai Sangat rendah	Cepat sampai Lambat	Tidak ada
CL	Sedang sampai Tinggi	Tidak ada sampai Sangat lambat	Sedang
OL	Sangat rendah sampai Sedang	Lambat	Sedikit
MH	Sangat rendah sampai Sedang	Lambat sampai Tidak ada	Sedikit sampai sedang
CH	Tinggi sampai Sangat Tinggi	Tidak ada	Tinggi
OH	Sedang sampai Tinggi	Tidak ada sampai rendah	Sedikit sampai Sedang

Untuk identifikasi dan deskripsi tanah disajikan dalam tabel 2.3. (lampiran 14)

2.2. Sistem Pondasi Suatu Konstruksi

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 kepada dan ke dalam tanah dan batuan yang terletak dibawahnya.

Didasarkan atas beban yang ditopang oleh tanah, pondasi dibagi menjadi dua : (J.E. Bowles, 1991)

- Pondasi dangkal, sebagai alas, telapak, telapak tersebar atau pondasi rakit. Rasio kedalaman (D) dengan lebar alas pondasi (B) adalah $D/B \leq 1$.
- Pondasi dalam, sebagai tiang pancang, tembok atau tiang yang dibor atau kaison yang dibor. Rasio kedalaman (D) dengan lebar alas pondasi adalah $D/B \geq 4$.

Perbedaan yang utama diantara kedua jenis pondasi tersebut adalah pondasi dangkal lebih banyak menyebarkan beban secara horisontal, sedangkan pondasi dalam lebih banyak menyebarkan bebannya secara vertikal.

Kondisi tanah setempat sangat menentukan dalam pemilihan jenis pondasi pada suatu struktur. Bila daya dukung tanah yang ada tidak dapat mendukung beban dari-pada pondasi tersebut, maka besar kemungkinan akan terjadinya penurunan (settlement) sehingga akan mengakibatkan kerusakan pada pondasi (pecah).

Untuk menentukan jenis pondasi yang sesuai dalam studi kasus ini, perlu dilihat persyaratan-persyaratan yang harus dipenuhi, antara lain : (J.E.Bowles,1987)

1. Kedalaman harus memadai untuk menghindarkan pergerakan tanah lateral dari bawah pondasi-khususnya untuk pondasi telapak dan pondasi rakit.
2. Kedalaman harus berada di bawah daerah perubahan volume musiman yang disebabkan oleh pembekuan, pencairan, dan pertumbuhan tanaman.
3. Sistem harus aman terhadap penggulingan, rotasi,

penggelinciran, atau pergeseran tanah (kegagalan kekuatan geser).

4. Sistem harus aman terhadap korosi atau kerusakan yang disebabkan oleh bahan berbahaya yang terdapat di dalam tanah.
5. Metode pemasangan pondasi harus seekonomis mungkin.
6. Pergerakan tanah keseluruhan (umumnya penurunan) dan pergerakan diferensial harus dapat ditolerir oleh elemen pondasi dan elemen bangunan atas.
7. Pondasi dan konstruksinya harus memenuhi syarat standar untuk perlindungan lingkungan.

Pertimbangan-pertimbangan lain untuk menentukan pondasi mana yang sesuai dengan persyaratan-persyaratan yang ada dan kondisi tanah sekitar dapat kita lihat dalam tabel berikut :

Tabel 2.3. 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 diletakkan pada stratum 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.

Jenis Pondasi	Kegunaan	Kondisi tanah yang sesuai
Pondasi tiang pancang Terapung (Floating)	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 di bawah 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 dinding biasanya memerlukan bahan urgan 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 Dr.Ir. Suyono Sosrodarsono dan Kazuto Nakzawa (1990) :

- a. Bila tanah pendukung pondasi terletak pada permukaan tanah atau 2-3 meter di bawah permukaan tanah, pondasinya adalah pondasi telapak (spread foundation).
- b. Bila tanah pendukung pondasi terletak pada kedalaman

sekitar 10 meter dibawah permukaan tanah, dipakai pondasi tiang atau pondasi tiang apung (floating pile foundation) .

- c. Bila tanah pendukung pondasi terletak pada kedalaman 20 meter di bawah permukaan tanah, akan ditentukan oleh penurunan (settlement) yang diizinkan. Bila tidak boleh terjadi penurunan, biasanya digunakan pondasi tiang pancang (pile driven foundation), tetapi bila terdapat batu besar (cobble stones) pada lapisan antara, maka pemakaian kaison lebih menguntungkan.
- d. Bila tanah pendukung terletak pada kedalaman sekitar 30 meter di bawah permukaan tanah, biasanya dipakai kaison terbuka, tiang baja atau tiang yang dicor di tempat.
- e. Bila tanah pendukung pondasi terletak pada kedalaman lebih dari 40 meter di bawah permukaan tanah, yang paling baik adalah tiang baja dan tiang beton yang dicor di tempat.

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", yaitu tiang yang tertahan oleh pelekatan antara tiang dengan tanah, yang disebut juga tiang terapung (floating 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 ini harus dapat menentukan besarnya gaya pelekatan antara tiang dengan tanah.

Seperti diketahui tanah lempung dapat berkisar dari yang lunak, terkonsolidasi secara normal, sampai ke yang paling kaku. Kondisi tanah dalam studi kasus ini berupa lempung lunak dan sangat basah atau jenuh, sehingga diperlukan membuat suatu perkiraan yang terbaik dari daya dukung yang diijinkan, untuk mengendalikan keruntuhan geser dengan konsolidasi yang mungkin terjadi. (J.E. Bowles, 1986)

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 air pori jauh lebih lama daripada waktu yang diperlukan untuk mendirikan bangunan di atasnya. Hal ini berarti bahwa kekuatan geser lempung tidak akan banyak mengalami 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 ϕ dianggap nol dan kekuatan geser $s=c$. (L.D.Wesley, 1970).

2.3. Metode Statis

Adapun maksud dari perhitungan dengan metode statis ini adalah perhitungan yang menggunakan " Bearing Capacity Formula" dengan strength parameter yang diperoleh dari hasil uji lapangan maupun uji laboratorium, atau dengan menggunakan rumus-rumus empiris langsung berdasarkan data hasil uji lapangan (CPT, SPT) atau data hasil uji laboratorium. Parameter tanah yang diperlukan untuk analisa kapasitas tiang pancang statik terdiri dari sudut gesek dalam ϕ , dan kohesi c . Parameter tanah ditentukan dari percobaan Triaksial di laboratorium pada contoh tanah yang "tak terganggu". (J.E. Bowles).

Adapun menurut Terzaghi 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 penggunaan 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 :

- kekuatan geser (strength parameter)
- jenis tanah (lanau, lempung, pasir, dll)
- kekuatan daya dukung ultimit masing-masing lapisan
- kedalaman dan tebal masing-masing lapisan tanah
- sifat compresibility dan deformation properties.

BAB III

METODE KERJA

3.1. Penentuan Titik Lokasi

Titik-titik lokasi survai Geoteknik lapangan dan Laboratorium di daerah Telang-Saleh yang meliputi lokasi pemboran, Cone Penetration Test (CPT) dan Field Vane Shear Test telah ditentukan, (lampiran 2-3). Lokasi tersebut tersebar dan diperkirakan cukup representatif mencerminkan kondisi tanah di seluruh daerah survai.

Adapun spesifikasi pekerjaan lapangan di lokasi Telang-Saleh adalah sebagai berikut.

1. Cone Penetration Test (CPT) sampai kedalaman 20 meter sebanyak 45 titik. Cara ini terutama untuk mengukur nilai Cone Resistance (q_c), yaitu mengukur tekanan yang diperlukan dalam penetrasi sebuah mata konis berupa kerucut bersudut pusat 60° dengan luas datar 10 cm^2 dan kecepatan penetrasi tertentu.
2. Hand Boring, sampai kedalaman 8 meter sebanyak 45 titik.
3. Vane Shear Test, sampai kedalaman 8 meter sebanyak 45 titik. Cara ini bermaksud mengukur nilai Unconsolidated Undrained (UU), total stress kohesi (c_u) dari

tanah langsung dilapangan dengan mengukur torsi yang diperlukan untuk bergesernya antara permukaan keliling vane yang berputar dengan tanah diluarnya.

Dari sebaran titik-titik pengamatan, diperkirakan titik 20 (Telang I) dan titik 14 (Saleh) dapat menunjukkan perwatakan tanah yang disebut tanggul alam (natural levee) dari Sungai Musi, merupakan bentukan alam dengan perwatakan lebih baik dibandingkan tanah di "back swamp" (belakang tanggul alam/rawa). Konsentrasi pengujian lanjutan akan difokuskan pada kedua titik tersebut, disamping beberapa titik lain sebagai pembanding.

3.2. Hasil Survai Geoteknik Lapangan dan Laboratorium.

Maksud pekerjaan survai Geoteknik adalah untuk mengetahui sifat-sifat teknis tanah dikaitkan dengan sistem struktur saluran, bangunan pengendalian air, jembatan, jetti dan bangunan-bangunan pelengkap lainnya. Hasil survai digunakan untuk menentukan :

- a. Jenis dan daya dukung pondasi, stabilitas kemiringan saluran, tanggul serta perhitungan penurunan tanah.
- b. Dimensi tanggul dan saluran, rencana pondasi untuk bangunan pengendalian air.
- c. Perancangan tebal perkerasan jalan dan pedoman pelaksanaan pemadatan badan jalan.

Hasil pengamatan lapangan menunjukkan bahwa tanah di Telang I dan II adalah tanah rawa yang mengandung endapan induk aluvial dalam suasana marin. Bertekstur lempung (Clay) yang tercampur dengan gambut, atau tanah bagian atas berupa bahan gambut. Tanah gambut adalah agregat agak berserat yang berasal dari serpihan mikroskopik dan mikroskopik tumbuh-tumbuhan. Warnanya bervariasi antara coklat terang dan hitam. Gambut juga bersifat kompresibel, sehingga hampir selalu tidak mungkin menopang pondasi. (Terzaghi dan Ralph B. Peck, 1987). Meskipun tanah lapisan atas (top soil) sudah menunjukkan tingkat kematangan antara agak matang - setengah matang, namun lapisan bawah masih reduktif dan lebih mentah.

Gambut didaerah survai pada umumnya tipis dan tidak ada yang mencapai ketebalan > 100 cm. Ketebalan > 60 cm terdapat di Telang I bagian Timur, sedangkan di Telang II ketebalan gambut maksimum 40 cm. Ketebalan gambut 0 - 20 cm merupakan bagian terbesar di Telang-Saleh.

Secara umum hasil pengamatan morfologi dan klasifikasi tanah dilokasi sebagai berikut.

- a. Tanah bertekstur halus (clay-silty clay), beberapa titik bor bertekstur lempungan (clay loam), dengan kadar lempung > 50%, pasir sangat sedikit dan debu ±

25%, fraksi halus ini bercampur dengan bahan organik yang cukup banyak sehingga bertekstur lempung gambut (peaty clay).

- b. Sebagian besar mengandung lapisan gambut tipis di permukaan tanah, dengan kematangan tanah agak matang di lapisan atas dan semakin mentah ke lapisan bawah.

Untuk lebih jelasnya, klasifikasi tanah pada titik sampel yang diambil disajikan dalam tabel berikut.

Tabel 3.1. Klasifikasi Tanah di Telang I titik 20 (TL-1/20) dan Saleh titik 14 (S/14).

No. Bor	Dalam (m)	% lewat saringan No. 200	LL (%)	PL (%)	PI (%)	LI (%)	Simbol
B/TL-1/20	1.00-1.45	39.4	69	45	24	3.6	OH
	2.50-2.95	30.3	40	30	10	4.3	ML
	4.00-4.45	22.7	NP	--	--	---	ML
	5.50-5.95	79.5	NP	--	--	---	ML
	7.00-7.45	96.3	NP	--	--	---	ML
B/SL/14	1.00-1.45	93.1	68	36	32	1.7	MH
	2.50-2.95	75.1	67	39	28	1.3	MH
	4.00-4.45	77.0	51	29	22	1.8	MH-CH
	5.50-5.95	25.7	NP	--	--	---	ML
	7.00-7.45	20.1	NP	--	--	---	ML

Sumber: Laporan Akhir Geoteknik Telang-Saleh, PT Puser Bumi Consultan

Secara umum hasil survai Geoteknik di daerah Telang adalah sebagai berikut.

1. Hasil pengujian CPT.

- a. Kedalaman 0 - 10 m, nilai q_c sebesar 0,2 - 0,4 MPa (very soft to soft)

- b. Kedalaman 10 - 15 m, nilai q_c sebesar 0,5 MPa (soft)
- c. Kedalaman 15 - 20 m, nilai q_c sekitar 1 MPa (medium to stiff)
- d. Sampai kedalaman 20 m, dilokasi ini tidak dijumpai lapisan keras atau padat dengan nilai $q_c > 15$ MPa.

2. Hasil Boring dan Vane Shear Test

Hasil boring menunjukkan jenis tanah sampai kedalaman 8 meter adalah silty clay yang kondisinya berlapis-lapis pada konsistensi very soft to soft.

Secara umum hasil survai Geoteknik di daerah Saleh adalah sebagai berikut.

1. Hasil CPT

- a. Kedalaman 0 - 9 m, nilai q_c sebesar 0,2 - 0,4 MPa (very soft to soft)
- b. Kedalaman 9 - 20 m, nilai q_c sebesar 1 - 2,5 MPa (stiff to very stiff)
- c. Sampai kedalaman 20 m, tidak dijumpai lapisan keras atau padat dengan nilai $q_c > 15$ MPa.

2. Hasil Boring dan Vane Shear Test

Hasil boring menunjukkan jenis tanah sampai kedalaman 8 meter adalah silty clay yang kondisinya berlapis-lapis pada kondisi very soft to soft.

Untuk lebih jelasnya, hasil survei Geoteknik Lapangan dan Laboratorium di daerah Telang-Saleh dapat dilihat pada tabel berikut dan lampiran (1-13).

Tabel 3.2. Hasil survei geoteknik Telang I (titik 20) dan Saleh (titik 14)

No. Bor	Dalam m	r_b gr/ cm ³	r_d gr/ cm ³	w_w %	G_s	e %	S %	ϕ' °	c' kN/ m ²	ϕ °	c kN/ m ²	C_c
B/TL-1/20	1.00-1.45	1.29	0.55	131	2.27	3.06	97					
	2.50-2.95	1.48	0.85	74.0	2.39	1.80	98					
	4.00-4.45	1.63	1.12	44.6	2.50	1.21	92					
	5.50-5.95	1.72	1.21	42.0	2.47	1.04	100	12	0	1	10	0,99
	7.00-7.45	1.71	1.19	43.6	2.50	1.10	99					
B/SL/14	1.00-1.45	1.45	0.76	89.3	2.45	2.19	100					
	2.50-2.95	1.49	0.84	75.4	2.56	2.01	96					
	4.00-4.45	1.46	0.86	68.8	2.57	1.97	90					
	5.50-5.95	1.73	1.24	39.2	2.65	1.13	92	4	3	2	7	0,97
	7.00-7.45	1.67	1.18	40.6	2.63	1.21	88					

Sumber: Laporan Akhir Geoteknik Telang-Saleh, PT Puser Bumi Consultan
 †. Nilai ϕ' , ϕ , c , c' , di TL-1/20 diambil dari TL-1/19 dan S/14 dari S/13.

3.3. Pemilihan Pondasi

Dalam menentukan jenis dan type pondasi sebagai struktur bawah (sub struktur) suatu bangunan, harus dipenuhi kriteria tentang keadaan lapisan tanah yang menopang pondasi tersebut, diantaranya jenis tanah dan parameternya, besar daya dukung tanah, kedalaman lapisan tanah keras, dan workability dari pekerjaan.

Pemilihan pondasi yang sesuai berdasarkan tolak ukur dari data-data survai Geoteknik lapangan dan Laboratorium berikut.

1. Nilai sondir yang sangat rendah sampai kedalaman 20 meter, tidak dijumpai qc lebih besar dari 15 MPa.
2. Kuat geser tanah yang kecil, (dimana c berkisar 0 sampai 26 kN/m², dan ϕ berkisar 0 sampai 14°).
3. Indeks kompresi yang besar, (berkisar antara 0,6 sampai 1,3).
4. Jenis tanah rawa/gambut pada permukaan dan dominan lempung lunak (silty clay) pada lapisan bawah, dimana untuk didapatkan lapisan tanah keras sangat kecil, sehingga perlawanan ujung pondasi akan lebih kecil daripada akibat pelekatan tiang dengan tanah.
5. Kondisi tanah dengan kandungan tingkat kemasaman tinggi, maka harus dihindarkan 'pengusikan' yang berlebihan.

Melihat dari tolak ukur tersebut dan didasarkan dari beberapa literatur pada bab sebelumnya, pemilihan pondasi dalam (tiang pancang) cocok digunakan pada daerah survai.

Adapun teori mengenai pondasi dalam (tiang pancang) adalah sebagai berikut.

A. Berdasarkan jenis material/bahannya.

A.1. Pondasi tiang kayu

A.2. Pondasi tiang baja

A.3. Pondasi tiang beton

A.4. Pondasi tiang komposit (kayu-beton, baja-beton)

B. Berdasarkan cara pemindahan beban tiang pancang dibagi dalam dua katagori. (J.E.Bowles,1991)

B.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.

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

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

C. Berdasarkan dari cara pemancangannya tiang beton dibagi menjadi dua.

C.1. Tiang pancang beton pracetak, terbagi atas tiang beton bertulang pracetak dan tiang beton



prategang pracetak.

C.2. Tiang yang dicor ditempat (cast in place).

Berlandaskan teori di atas dan data-data studi Geoteknik lapangan maupun Laboratorium PT. Puser Bumi Consultan di daerah Telang-Saleh, Sumatera Selatan, maka penggunaan pondasi dalam friction pile 'cast in place' cocok dan efektif di dalam perencanaan sub struktur pada daerah survai.

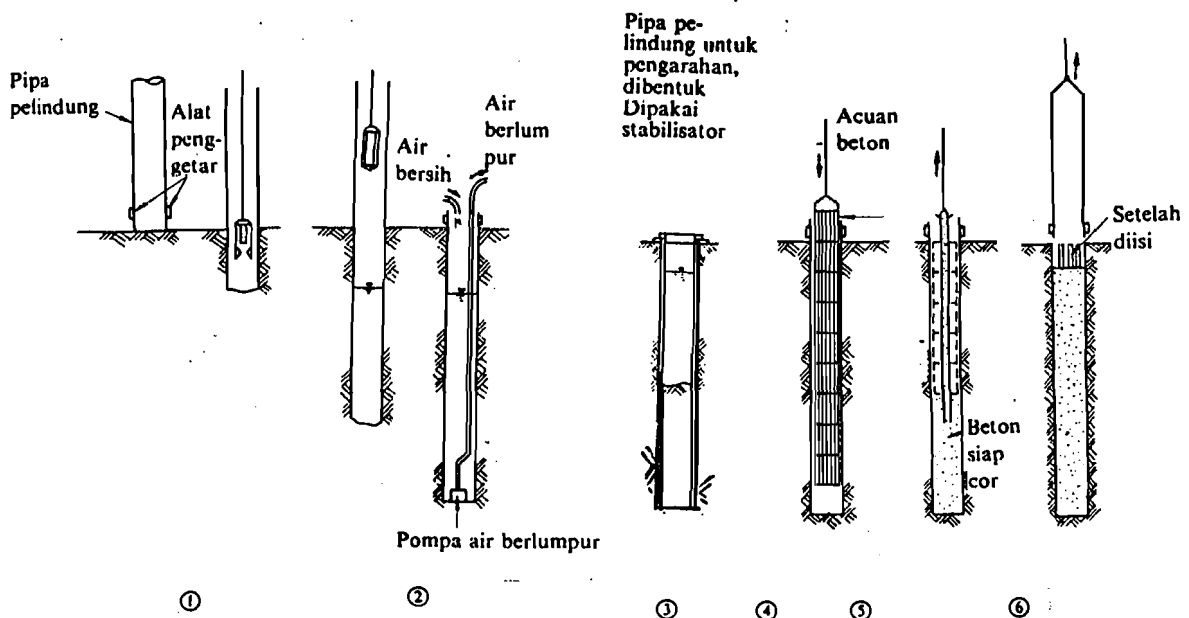
3.4. Pelaksanaan Pemboran Pondasi Friction Pile

Pelaksanaan pemboran pondasi 'friction pile cast in situ' diusahakan menghindari "pengusikan" tanah yang berlebihan, maksudnya menghindarkan perubahan tanah reduktif menjadi oksidatif. Keadaan tanah oksidatif akan membentuk asam dalam lapisan tanah pirit, dimana akan menurunkan kekuatan beton karena korosi yang terjadi.

Dalam kasus ini pemboran dilakukan berdasar cara BENOTO dengan casing ganda. Pemakaian casing dimaksudkan untuk mencegah/mengurangi keruntuhan tanah pada saat pengeboran. Rincian pelaksanaannya sebagai berikut :

1. Persiapan pemasangan casing I (pipa bagian luar, dengan diameter 2 kali diameter casing II).
2. Pengeboran dilakukan bersamaan dengan pemasangan

- casing I. Setelah tercapai kedalaman rencana, air dan lumpur pada lubang bor dikeluarkan dengan bantuan pompa.
3. Persiapan dan pemasangan casing II (pipa bagian dalam dengan diameter = diameter beton).
 4. Kapur sebagai penetralisir terjadinya korosi pada beton, dimasukkan antara casing I dan casing II.
 5. Kemudian casing I ditarik, tulangan dan cor beton dapat dimasukkan kedalam casing II dengan bantuan pipa trامية.
 6. Penarikan casing II dilakukan segera setelah pengecoran beton.



Gambar 3.1. Pelaksanaan Pengeboran Pondasi Friction Pile

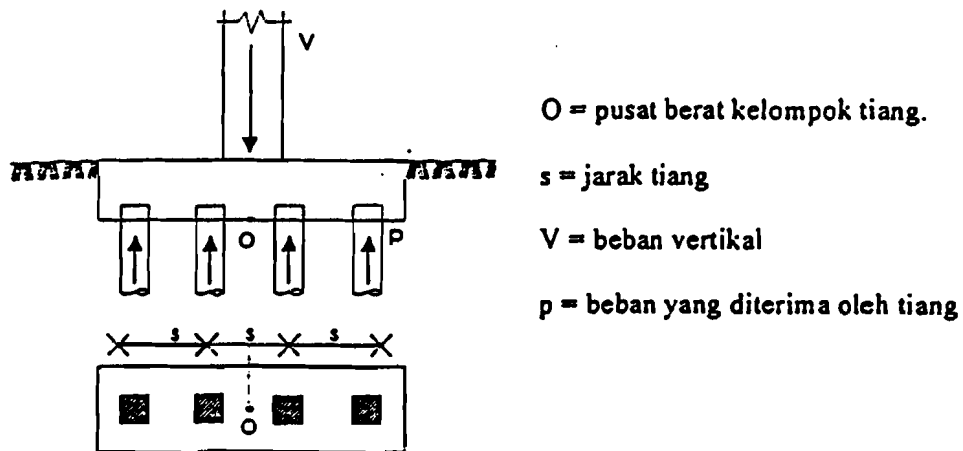
3.5. Analisis Pondasi Dalam "Friction Pile" dengan Metode Statis.

Analisis konstruksi pondasi friction pile perlu diperhatikan hal berikut ini.

3.5.1. Penerusan Beban ke Tiang

A. Beban terbagi rata vertikal

A.1. Beban terbagi rata vertikal sentris



Gambar 3.2. Beban terpusat sentris

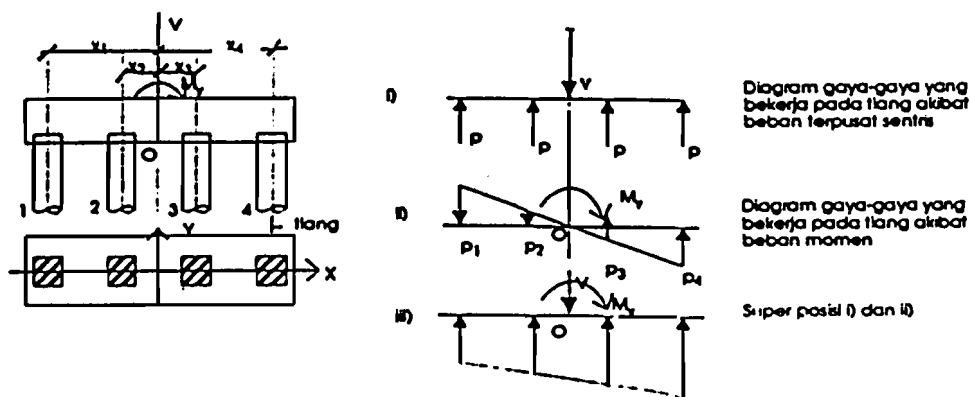
Beban ini merupakan beban (q) per satuan panjang yang bekerja melalui pusat berat kelompok tiang (O), beban diteruskan ke tanah dasar pondasi melalui tiang-tiang secara

terbagi rata. Bila jumlah tiang yang mendukung pondasi tersebut (n), maka setiap tiang akan menerima beban sebesar :

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

A.2. Beban terbagi rata vertikal eksentris

Beban terbagi rata vertikal eksentris identik dengan beban terbagi rata vertikal sentris terhadap pusat berat kelompok tiang (O), ditambah dengan beban momen terhadap titik O. Momen terjadi karena beban terbagi rata vertikal eksentris (q) dibuat menjadi beban vertikal sentris, mengakibatkan pergeseran letak (P) terhadap titik pusat (O) sebesar (e) sehingga timbul momen sebesar P x e.



Gambar 3.3. Analisis gaya pada tiang akibat beban vertikal sentris

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

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

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

substitusi ke persamaan 2, menjadi :

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

sehingga beban yang diterima tiap tiang :

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

B. Beban terpusat vertikal

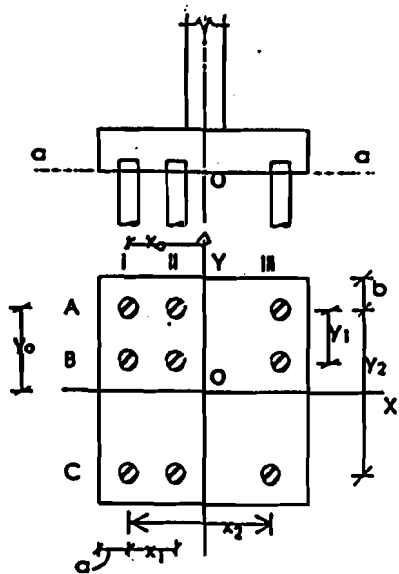
B.1. Beban terpusat vertikal sentris terhadap titik pusat berat kelompok tiang.

Beban ini merupakan analog dari persamaan 1, beban terpusat vertikal (V) merupakan resultante beban kolom, berat kolom dan berat pondasi. Bila jumlah tiang (n), maka :

$$p = \frac{V}{n} \dots \dots \dots (4)$$

B.2. 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.



O = titik pusat berat kelompok tiang

n = jumlah tiang

x = jarak tiang terhadap salah satu sisi fondasi // sb. X

y = jarak tiang terhadap salah satu sisi fondasi // sb. Y

Gambar 3.4. Susunan tiang asimetris

Letak titik berat kelompok tiang :

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

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

analog

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

dengan (x_o, y_o) pada titik berat kelompok tiang, maka koordinat tiap tiang dapat diketahui. Beban pada tiang ke-i (koordinat pusat tiang x_i, y_i) diperoleh :

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

dimana :

- p_i = beban pada tiang ke-i
- V = resultante beban vertikal
- 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
- Σx^2 = $n_x \cdot x_1^2 + n_x \cdot x_2^2 + \dots + n_x \cdot x_n^2$
- Σy^2 = $n_y \cdot y_1^2 + n_y \cdot y_2^2 + \dots + n_y \cdot y_n^2$

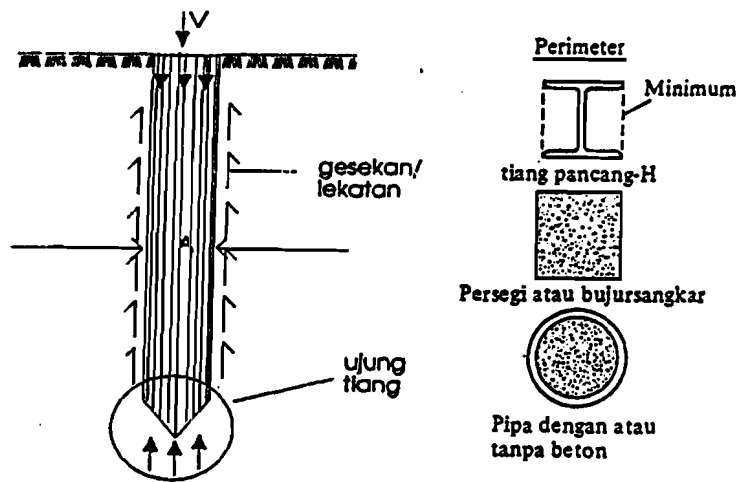
3.5.2. Kapasitas Daya Dukung Tiang "Friction Pile"

A. Kapasitas Daya Dukung Keseimbangan Satu Tiang

Friction

Kapasitas daya dukung kesetimbangan satu tiang didasarkan pada besarnya nilai perlawanan ujung

(qc) dan jumlah hambatan lekat (L.c) dari permukaan tanah sampai kedalaman yang direncanakan . Besarnya parameter ini ditunjukkan dari hasil tes sondir dilapangan pada titik yang telah ditentukan.



Gambar 3.5. Deskripsi Kapasitas Daya Dukung Tiang Tunggal

Daya dukung keseimbangan (Qa) diperoleh dengan persamaan (L.D. Wesley) :

$$Q_a = \frac{p \cdot A}{SF} + \frac{O \cdot L.c}{SF} \dots\dots\dots (8)$$

dimana :

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. Dengan keadaan ini, persamaan (8) dapat mengabaikan perlawanan ujung (nilai konis/p), sehingga persamaan menjadi :

$$Q_a = \frac{O.L.c}{SF} \dots\dots\dots (9)$$

Pada daerah lempung lunak, nilai SF diambil antara 5 sampai 10. Untuk daya dukung tiang individu dalam kelompok tiang merupakan hasil dari perkalian Q_s dengan efisiensi satu tiang dalam kelompok tiang.

B. Kapasitas dukung tiang kelompok

B.1. Pertimbangan tiang pancang kelompok friction

Tiang kelompok dipakai bila beban yang diterima pondasi terlalu besar dan tidak mampu digunakan satu tiang, didalam konstruksi tiang pancang jarang dipakai tiang tunggal. Permasalahan terpenting dalam tiang kelompok adalah jarak antara tiang, karena diperkirakan adanya tekanan-tekanan tanah

(baik gesekan samping maupun dukungan titik) yang dikembangkan dalam tanah sebagai hambatan akan saling overlap (tumpang tindih), serta ketergantungan intensitas tekanan pada jarak dan beban. Bila beban terlalu besar akan mengakibatkan tanah runtuh karena gesekan atau terjadi penurunan yang berlebihan. Intensitas tegangan dari daerah yang mengalami tegangan tumpang tindih tampak jelas menurun dengan meningkatnya jarak antar tiang pancang s . (J.E.Bowles, 1991).

Jarak tiang (s) yang makin rapat berdampak pada ukuran poer makin kecil, tetapi bila pondasi memikul beban momen, jarak tiang (s) perlu diperbesar, untuk menambah atau memperbesar tahanan momen.

Jarak yang optimal antar tiang:

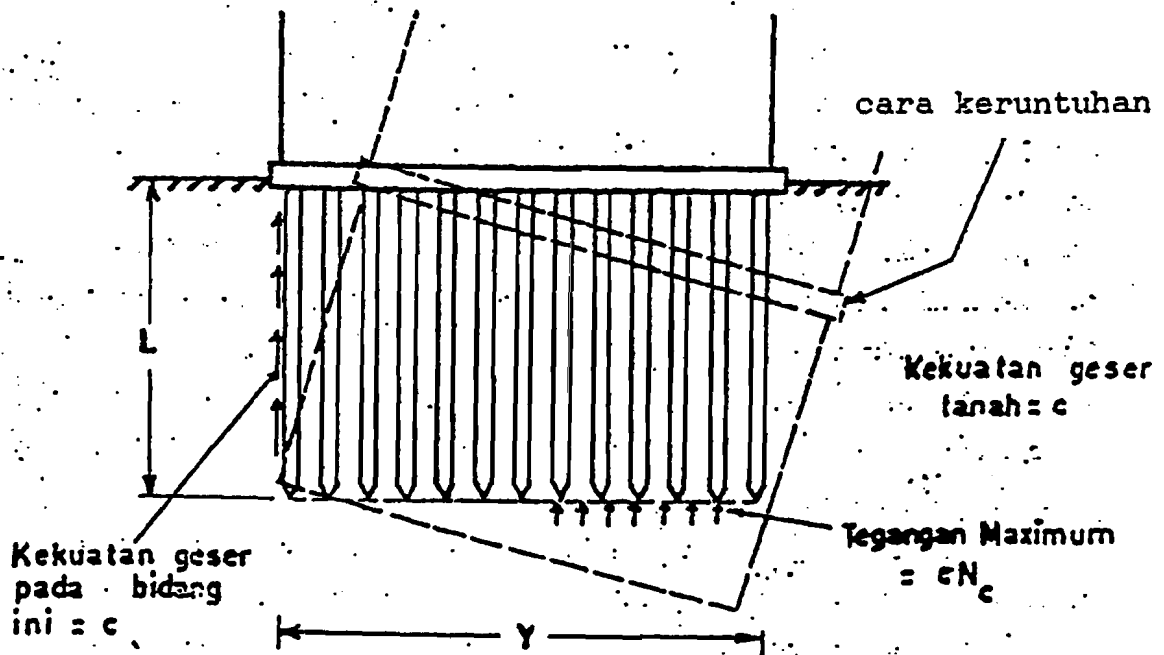
$2,5 D \leq s \leq 3,5 D$, dengan D = diameter tiang.

Untuk kelompok tiang pancang yang memikul beban-beban lateral dan/atau beban dinamis, jarak antara tiang pancang yang lebih besar biasanya lebih efisien (J.E.Bowles, 1991).

B.2. Kapasitas daya dukung tiang kelompok

Perhitungan daya dukung kelompok tiang untuk "friction pile" tidak sama dengan "point bearing pile". Pada "point bearing pile" daya dukung kelompok sama dengan daya dukung satu tiang dikalikan dengan jumlah tiang, tetapi pada "friction pile" bila daya dukung dihitung sama dengan "point bearing pile", maka kemungkinan akan terjadi keruntuhan secara keseluruhan. Pada lapisan tanah lempung perlawanan ujung akan jauh lebih kecil (bahkan diabaikan) daripada perlawanan akibat pelekatan antara tiang dengan tanah, sehingga besarnya daya dukung akan tergantung pada besarnya gaya pelekatan antara tiang dengan tanah.

Besarnya daya dukung kelompok tiang "friction pile" adalah tekanan maksimum yang dapat ditahan pada dasar kelompok ditambah dengan perlawanan geser (shear resistance) pada permukaan luar keliling kelompok.



Gambar 3.6. Daya dukung kelompok tiang pada tanah lempung

Daya dukung kelompok tiang adalah :

$$Q_t = c \cdot N_c \cdot A + 2 \cdot (B+Y) \cdot L \cdot c \cdot k \dots\dots\dots (10)$$

dimana :

c = kohesi tanah

L = kedalaman tiang pancang

k = perbandingan gaya lekatan dengan kekuatan geser tanah (grafik 3.10 lampiran 17).

2(B+Y) = keliling kelompok tiang

N_c = faktor daya dukung, berdasar (grafik 3.11. lampiran 17).

Atau dengan persamaan (Terzaghi, RB. Peck, 1987)

$$N_c = \cot \phi \left[E^{\frac{\pi \tan \phi}{2}} \cdot \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) - 1 \right] \dots\dots (11)$$

dimana E = 2,7182 (bilangan epsilon)

Dengan daya dukung ijin kelompok tiang :

$$Q = \frac{Q_t}{SF} \dots\dots\dots(12)$$

dimana SF = 5-10 untuk tanah lempung
(K.Basah. S, 1994)

3.5.3. Analisis Penurunan Tiang Pancang Kelompok

Berdasarkan jangka waktunya, penurunan tiang kelompok dibagi atas :

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

$$S_i = \frac{\mu_i \cdot \mu_o \cdot q_n \cdot B}{E_u} \dots\dots\dots(13)$$

μ_i , μ_o = Faktor reduksi (grafik III.12 lampiran 18)

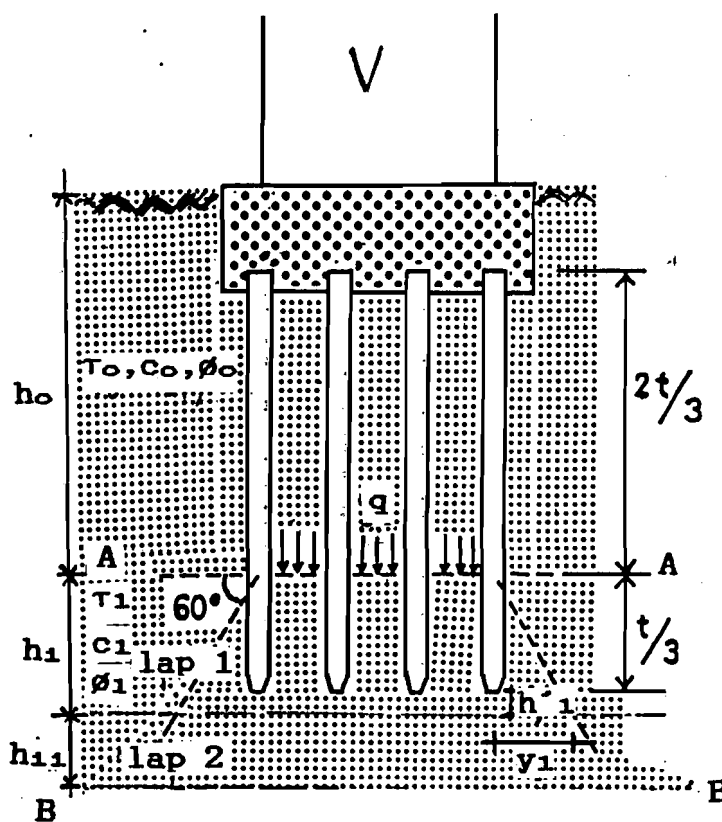
q_n = Tekanan netto pondasi ($q_n = \frac{V}{A}$)

A = Luas kelompok tiang pondasi

E_u = Modulus deformasi pada kondisi un drained. (Tabel 3.4A. lampiran 18)

B. Penurunan plastis terjadi dalam jangka waktu panjang (long term consolidation settlement), S_c .

Berdasarkan hasil consolidation test, tanah dibawah pondasi sepanjang $2/3 t$ dianggap tidak dapat didesak, beban bekerja pada bidang dibawah $2/3 t$.



Gambar 3.7. Distribusi beban dibawah pondasi tiang kelompok pada tanah berlapis.

(L.D. Wesley)

Beban V diperhitungkan merata pada kedalaman $2/3t$ sehingga :

$$q = \frac{V}{A}$$



dimana V : Beban vertikal V + 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 :

B.1. Lapisan 1 dengan kedalaman h_1

$$L_1 = L + 2.y_1.h_1.\text{tg } 30^\circ \dots\dots\dots(14)$$

$$B_1 = B + 2.x_1.h_1.\text{tg } 30^\circ \dots\dots\dots(15)$$

Maka luas transformasi :

$$A_1 = L_1 . B_1$$

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

$$P_0 = h_0.\tau_0 + \tau_1. (h_1 - 1/2. h_1')$$

Maka :

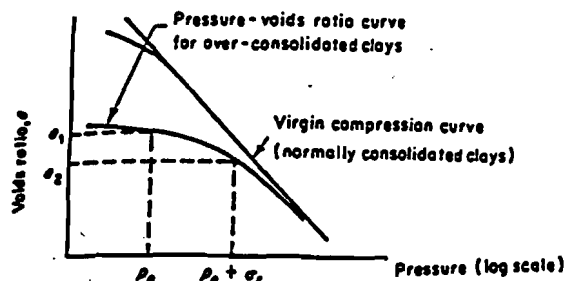
$$P_1 = P_0 + \Delta P \dots\dots\dots(16)$$

Dimana P_0 : tegangan sebelum ada beban

ΔP : pertambahan tegangan akibat beban luar.

B.2. Berdasar grafik konsolidation test ditentukan Δe

$$\begin{array}{l} \text{Maka : } P_0 \longrightarrow e_0 = e_1 \\ P_1 \longrightarrow e_2 \end{array} \quad \left. \vphantom{\begin{array}{l} P_0 \\ P_1 \end{array}} \right\} \longrightarrow \Delta e = e_1 - e_2$$



Gambar 3.8. Grafik hubungan tegangan - angka pori

B.3. Dengan metode Wesley, besarnya penurunan (Sc) :

$$S_{ci} = \frac{\Delta e}{1 + e_o} \cdot h_i \dots\dots\dots(17)$$

Dimana h_i = Tebal lapisan yang ditinjau

e_o = angka pori

B.4. Untuk lapisan selanjutnya merupakan analog dari persamaan (14) - (17). Penurunan total menjadi :

$$S = \sum_{i=1}^n S_{ci} \dots\dots\dots(18)$$

3.5.4. Efisiensi Tiang Kelompok

Persamaan umum efisiensi tiang kelompok ditentukan sebagai berikut :

$$E_g = \frac{\text{Kapasitas kelompok tiang pancang}}{\text{Jumlah tiang pancang x kapasitas tiang pancang individu}} \dots\dots(19)$$

Untuk tiang kelompok "friction pile", AASHTO menyarankan menggunakan persamaan Converse Labarre. (J.E.Bowles, 1991)

Effisiensi satu tiang dalam kelompok adalah :

$$E_g = 1 - \frac{\theta}{90} \cdot \frac{(n-1).m + (m-1).n}{m.n} \dots\dots (20)$$

dimana :

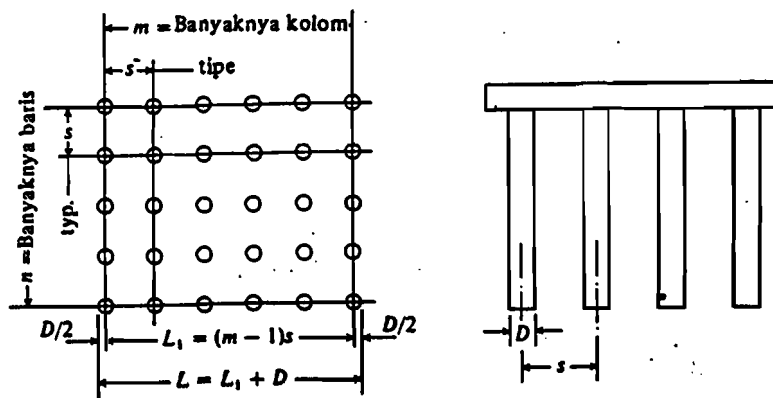
m = jumlah kolom

n = jumlah baris

θ = Arc tg D/S (dalam derajat)

D = Diameter tiang

S = jarak antara tiang.



Gambar 3.9. Effisiensi Tiang kelompok

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

3.6. Hipotesis

Penggunaan pondasi dalam friction pile 'cast in place' cocok dan efektif di dalam perencanaan sub struk-

tur pada tanah lempung lunak di daerah Telang-Saleh.

Hal ini didasarkan pada :

- a. Kondisi tanah di daerah survai adalah lempung lunak (soft clay) dimana untuk didapatkan lapisan tanah keras sangat kecil, bahkan dapat dikatakan tidak ada.
- b. Kondisi permukaan kulit tiang yang kasar akan menambah kekuatan pelekatan dan kekuatan gesekan yang terjadi antara tanah dengan tiang.
- c. Keawetan pondasi friction pile cast in place lebih baik dibanding tiang baja dan kayu dalam menahan korosi, dimana daerah survai memiliki tingkat kemasaan yang tinggi.
- d. Perhitungan daya dukung tiang kelompok friction pile pada daerah survai dapat digunakan sebagai salah satu acuan pada pelaksanaan sub struktur bangunan.

BAB IV

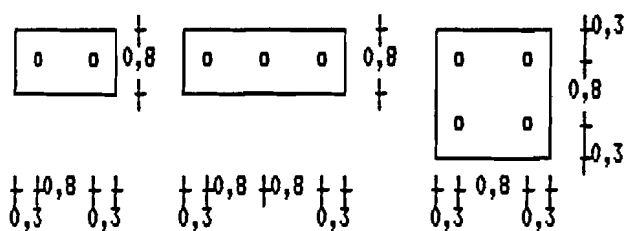
PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN

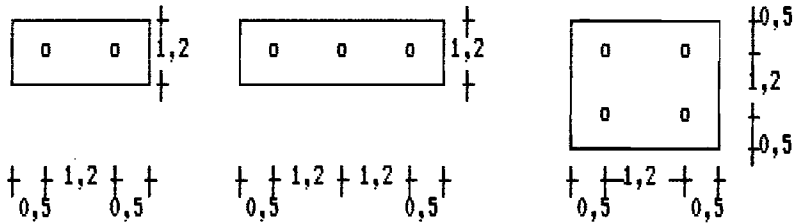
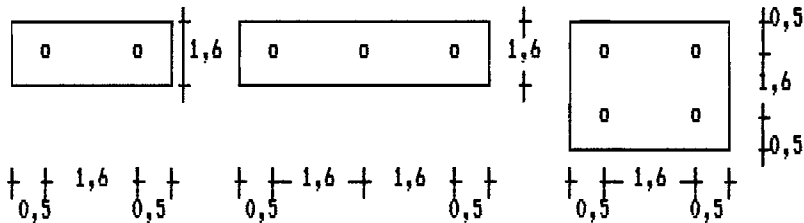
Perhitungan pondasi tiang "friction pile" dimaksudkan untuk mengetahui besarnya kapasitas daya dukung kelompok tiang dalam menahan beban pada titik sondir yang diambil.

Parameter perhitungan diambil sebagai berikut :

- A. Beban bekerja sentris terhadap titik berat kelompok tiang.
- B. Diameter tiang 20 cm, 30 cm dan 40 cm.
- C. Kedalaman tiang 20 meter.
- D. Tebal poer 40 cm (tepat dipermukaan tanah).
- E. Jumlah tiang 2 dengan beban vertikal ($V = 150$ kN), jumlah tiang 3 dengan $V = 250$ kN dan jumlah tiang 4 dengan $V = 350$ kN.
- G. Jarak antara tiang minimum $3,5 D$, dengan formasi sebagai berikut :

Diameter 20 cm.



Diameter 30 cm.**Diameter 40 cm.**

(A)

(B)

(C)

Gambar 4.1. Formasi Tiang(jarak dalam meter)

F. Mutu beton K350 dengan berat volume beton = 23 kN/m^3

G. Angka keamanan (SF=7) untuk daerah Telang dan (SF=10) untuk daerah Saleh.

H. Data sondir daerah Telang I titik 20 (T1-I/20) dan daerah Saleh titik 14 (S/14).

4.1. Perhitungan Pondasi Friction Pile (T1-I/20).

Data-data survai Geoteknik dan Laboratorium (lampiran 8 - 11) :

- sudut gesek dalam (ϕ): 1°
 - kohesi (c) : 10 kN/m^2
 - qc : $2,5 \text{ MPa}$ (pada kedalaman 20 m)
 - total lekatan (L.c) : 540 kN/m (pada kedalaman 20 m)
 - kuat geser (s) = (c) : 10 kN/m^2
- } > diambil titik 19

4.1.1. Kapasitas Daya Dukung Kelompok Tiang.

A. Daya Dukung Tiang Individu.

Diameter 20 cm

a. Hitung keliling tiang

$$O = \pi \cdot D = \pi \cdot (0,2) = 0,628 \text{ m}$$

b. Hitung luas tiang

$$A = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (0,2)^2 = 0,031 \text{ m}^2$$

c. Hitung daya dukung tiang individu, (persamaan 8) :

$$Q_a = \frac{A \cdot p}{SF} + \frac{O \cdot L \cdot c}{SF}$$

$$Q_a = \frac{0,031 \cdot 2,5 \cdot 1000}{7} + \frac{0,628 \cdot 540}{7} = 59,517 \text{ kN}$$

d. Analog \varnothing 30 cm dan \varnothing 40 cm, pada tabel 4.1

Tabel 4.1. Daya Dukung tiang individu (belum memperhitungkan efisiensi)

\varnothing (cm)	O (m)	A (m ²)	Q _a (kN)
20	0,628	0,031	59,52
30	0,942	0,07	97,90
40	1,256	0,1256	141,75

B. Daya Dukung Tiang Kelompok dan Kapasitas maksimum tiang dalam menahan beban Vertikal (V).

a. Hitung faktor daya dukung pondasi, persamaan (11):

sudut geser (ϕ) = 1°

$$N_c = \text{Cot } \phi \cdot \left[E \cdot \frac{\pi \text{tg} \phi}{2} \cdot \text{tg}^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) - 1 \right]$$

$$N_c = \text{Cot } 1^\circ \cdot \left[2,7182 \cdot \frac{\pi \text{tg} 1^\circ}{2} \cdot \text{tg}^2 \left(45 + \frac{1}{2} \right) - 1 \right] = 5,37$$

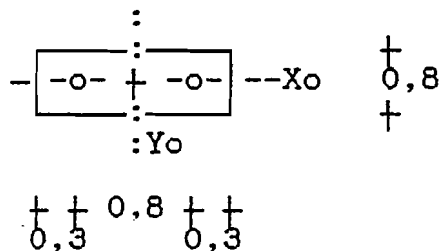
b. Tentukan faktor lekatan pondasi dengan lapisan tanah.

$$\text{Kuat geser (s)} = \text{kohesi (c)} = 10 \text{ kN/m}^2 = 0,1 \text{ Kg/cm}^2$$

—» Gambar 3.10. lampiran 17, diperoleh $k = 1,14$

B.1. Jumlah Tiang 2.

B.1.1. Diameter 20 cm.



Gambar 4.2. Titik berat kelompok tiang.

c. Luas kelompok tiang (A) = $B \cdot Y$

$$= (0,8 + 0,2) \cdot (0,2) = 0,2 \text{ m}^2$$

d. Keliling kelompok tiang (O) = $2 \cdot (B + Y)$

$$= 2 \cdot (1,0 + 0,2) = 2,4 \text{ m}$$

e. Hitung daya dukung kelompok tiang, persamaan (10):

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

$$= 10 \cdot 5,37 \cdot 0,2 + 2,4 \cdot 540 \cdot 1,14 = 1488,18 \text{ kN}$$

f. Hitung daya dukung ijin, persamaan (11):

$$Q_{pq} = \frac{Q_t}{SF} = \frac{1488,18}{7} = 212,59 \text{ kN}$$

g. Hitung daya dukung untuk satu tiang dalam kelompok

$$Q_s = \frac{Q_{pq}}{n} = \frac{212,59}{2} = 106,295 \text{ kN}$$

h. Hitung Momen arah sumbu-y dan sumbu-x (M_y dan M_x)

- Tentukan letak titik berat kelompok tiang

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

$$2 \cdot x_0 = 1 \cdot 0,4 + 1 \cdot 0,4$$

$$x_0 = 0,8/2 = 0,4 \text{ m (dari tepi kiri)}$$

- Titik berat kelompok tiang (0,7 , 0,4) dari tepi kiri poer.

- Berat 1 tiang, $P = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 0,2^2 \cdot 20 \cdot 23 = 14,44 \text{ kN}$

- dari persamaan (2) :

$$M_x = P \cdot n_i \cdot x = 14,44 \cdot 1 \cdot 0 = 0 \text{ kNm}$$

$$M_y = P \cdot n_i \cdot y = 14,44 \cdot 1 \cdot 0,4 = 5,77 \text{ kNm}$$

- j. Hitung beban maksimum tiang (P_i)

- Tentukan Σx^2 dan Σy^2

$$\Sigma x^2 = n_i \cdot x_i^2 = 1 \cdot (0,4)^2 = 0,16 \text{ m}^2$$

$$\Sigma y^2 = n_i \cdot y_i^2 = 1 \cdot (0)^2 = 0$$

- Hitung ΣV

$$\Sigma V = \text{beban } V + \text{beban poer}$$

$$= 150 + 0,4 \cdot 0,8 \cdot 1,4 \cdot 23 = 160,30 \text{ kN}$$

- Hitung P_i tiang (persamaan 7)

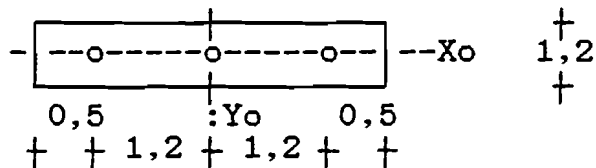
$$P_i = \frac{V}{n} \pm \frac{M_y \cdot x_1}{n_y \cdot \Sigma x^2} \pm \frac{M_x \cdot y_1}{n_x \cdot \Sigma y^2}$$

$$= \frac{160,30}{2} + \frac{5,77 \cdot 0,4}{1 \cdot 0,16} + \frac{0 \cdot 0}{1 \cdot 0} = 94,57 \text{ kN}$$

- k. Analog untuk diameter 30 cm dan 40 cm. (lihat tabel 4.2).

B.2 Jumlah Tiang 3

B.2.1. Diameter 30 cm.



Gambar 4.3. Titik berat kelompok tiang.

$$A = (2,4 + 0,3) \cdot (0,3) = 0,81 \text{ m}^2$$

$$O = (2,7 + 0,3) \cdot 2 = 6 \text{ m}$$

$$Q_t = 10 \cdot 5,37 \cdot 0,81 + 6 \cdot 540 \cdot 1,14 = 3737,09 \text{ kN}$$

$$Q_{pq} = \frac{3737,09}{7} = 533,87 \text{ kN}$$

$$Q_s = \frac{533,87}{3} = 177,95 \text{ kN}$$

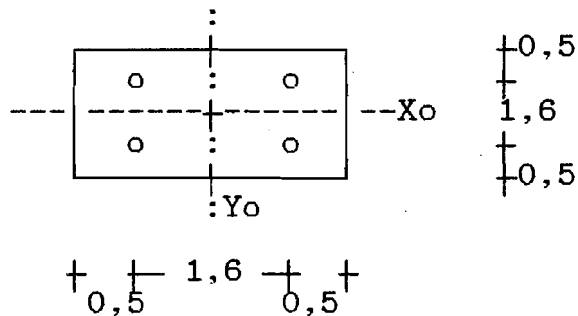
- Koordinat titik berat didapat (1,7 , 0,6)
- Berat 1 tiang, $P = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 0,3^2 \cdot 20 \cdot 23 = 32,49 \text{ kN}$
- Hitung momen (M_x dan M_y)
 - $M_x = 32,49 \cdot 0 \cdot 1 = 0$
 - $M_y = 32,49 \cdot 1 \cdot 1,2 = 38,98 \text{ kNm}$
- Tentukan Σx^2 dan Σy^2
 - $\Sigma x^2 = 1 \cdot 1,2^2 = 1,44 \text{ m}^2$
 - $\Sigma y^2 = 1 \cdot 0 = 0$
- Hitung ΣV
 - $\Sigma V = 250 + 0,4 \cdot 1,2 \cdot 3,4 \cdot 23 = 287,53 \text{ kN}$
- Hitung P_i tiang

$$P_i = \frac{287,53}{3} + \frac{38,98 \cdot 1,2}{1 \cdot 1,44} + 0 = 128,32 \text{ kN}$$

Analog untuk tiang diameter 20 cm dan 40 cm (lihat tabel 4.2).

B.3. Jumlah Tiang 4

B.3.1. Diameter 40 cm



Gambar 4.4. Titik berat kelompok tiang.

$$A = (1,6 + 0,4) \cdot (1,6 + 0,4) = 4 \text{ m}^2$$

$$O = 4 \cdot (1,6 + 0,4) = 8 \text{ m}$$

$$Q_t = 10 \cdot 5,37 \cdot 4 + 8 \cdot 540 \cdot 1,14 = 5139,60 \text{ kN}$$

$$Q_{pq} = \frac{5139,60}{7} = 734,22 \text{ kN}$$

$$Q_s = \frac{734,22}{4} = 183,55 \text{ kN}$$

- Koordinat titik berat didapat : (1,3 , 1,3)
- Berat 1 tiang, $P = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 0,4^2 \cdot 20 \cdot 23 = 57,77 \text{ kN}$
- Hitung momen (M_x dan M_y)
 - $M_x = 57,77 \cdot 2 \cdot 0,8 = 92,43 \text{ kNm}$
 - $M_y = 57,77 \cdot 2 \cdot 0,8 = 92,43 \text{ kNm}$
- Tentukan Σx^2 dan Σy^2
 - $\Sigma x^2 = 2 \cdot 0,8^2 = 1,28 \text{ m}^2$
 - $\Sigma y^2 = 2 \cdot 0,8^2 = 1,28 \text{ m}^2$
- Hitung ΣV
 - $\Sigma V = 350 + 0,4 \cdot 2 \cdot 6 \cdot 2 \cdot 6 \cdot 23 = 412,19 \text{ kN}$

- Hitung P_i tiang

$$P_i = \frac{412,19}{4} + \frac{92,43 \cdot 0,8}{2 \cdot 1,28} + \frac{92,43 \cdot 0,8}{2 \cdot 1,28}$$

$$= 160,81 \text{ kN}$$

Analog untuk tiang diameter 20 cm dan 30 cm (lihat tabel 4.2).

Tabel 4.2. Kapasitas daya dukung tiang kelompok, (belum diperhitungkan berat sendiri tiang) dan Momen yang terjadi. Lokasi sondir Telang I titik 20.

φ (cm)	20			30			40		
	2	3	4	2	3	4	2	3	4
Jumlah tiang	2	3	4	2	3	4	2	3	4
Formasi tiang	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Luas / A (m ²)	0,2	0,36	1,0	0,45	0,81	2,25	0,8	1,44	4,0
Keliling/D (m)	2,4	4,0	4,0	3,6	6,0	6,0	4,8	8,0	8,0
Qt (kN)	1488,18	2481,73	2516,10	2240,32	3737,09	3814,42	2997,84	5002,12	5139,60
Qpq (kN)	212,59	354,53	359,44	320,04	533,87	544,91	428,26	714,58	734,22
Qs (kN)	106,29	118,17	89,86	160,02	177,95	136,22	214,13	238,19	183,55
Σ V (kN)	160,30	269,13	368,03	174,28	287,53	359,20	188,27	298,57	412,19
(X _o ; Y _o)	0,7;0,4	1,4;0,4	1,4;1,4	1,1;0,6	1,7;0,6	1,1;1,1	1,3;0,8	2,1;0,8	2,1;2,1
M _y (kNm)	5,77	11,55	11,55	19,49	38,98	38,98	46,22	92,43	92,43
M _x (kNm)	0,0	0,0	11,55	0,0	0,0	38,98	0,0	0,0	92,43
Σ x ² (m ²)	0,16	0,64	0,32	0,36	1,44	0,72	0,64	2,56	1,28
Σ y ² (m ²)	0,0	0,0	0,8	0,0	0,0	0,72	0,0	0,0	1,28
P _i (kN)	92,57	104,14	99,78	119,62	128,32	122,28	151,91	157,29	160,81

4.1.2. Efisiensi Tiang Pancang

Efisiensi satu tiang dalam kelompok tiang dihitung dengan persamaan (20):

$$E_q = 1 - \frac{\theta}{90} \cdot \frac{(n-1).m + (m-1).n}{m.n}$$

A. Jumlah Tiang 2

A.1. Diameter 20 cm.

-. Hitung jumlah baris dan kolom.

$$n \text{ (banyak baris)} = 1$$

$$m \text{ (banyak kolom)} = 2$$

-. Hitung besar nilai θ .

$$\theta = \text{Arc tg } D/s = \text{Arc tg } \frac{0,2}{0,8} = 14,03^\circ$$

-. Hitung efisiensi satu tiang.

$$\begin{aligned} E_q &= 1 - \frac{14,03}{90} \cdot \frac{(1-1).2 + (2-1).1}{2 \cdot 1} \\ &= 0,992 \end{aligned}$$

-. Analog untuk diameter 30 cm dan 40 cm. (lihat tabel 4.3.).

B. Jumlah tiang 3

B.1. Diameter 30 cm.

-. Hitung jumlah baris dan kolom.

$$n \text{ (banyak baris)} = 1$$

$$m \text{ (banyak kolom)} = 3$$

-. Hitung besar nilai θ .

$$\theta = \text{Arc tg } D/s = \text{Arc tg } \frac{0,3}{1,2} = 14,03^\circ$$

-. Hitung efisiensi satu tiang.

$$Eq = 1 - \frac{14,03}{90} \cdot \frac{(1-1).3 + (3-1).1}{3 \cdot 1}$$

$$= 0,896$$

-. Analog untuk diameter 20 cm dan 40 cm. (lihat tabel 4.3.)

C. Jumlah tiang 4

C.1. Diameter 40 cm.

-. Hitung jumlah baris dan kolom.

$$n \text{ (banyak baris)} = 2$$

$$m \text{ (banyak kolom)} = 2$$

-. Hitung besar nilai θ .

$$\theta = \text{Arc tg } D/s = \text{Arc tg } \frac{0,4}{1,6} = 14,03^\circ$$

-. Hitung efisiensi satu tiang.

$$Eq = 1 - \frac{14,03}{90} \cdot \frac{(2-1).2 + (2-1).2}{2 \cdot 2}$$

$$= 0,844$$

-. Analog untuk diameter 20 cm dan 30 cm. (lihat tabel 4.3.)

Tabel 4.3. Efisiensi satu tiang dalam kelompok tiang, Lokasi sondir Telang I titik 20.

ϕ (cm)	jml tiang	formasi tiang	m	n	θ ($^{\circ}$)	Eq
20	2	A	2	1	14,03	0,992
	3	B	3	1	14,03	0,896
	4	C	2	2	14,03	0,844
30	2	A	2	1	14,03	0,992
	3	B	3	1	14,03	0,896
	4	C	2	2	14,03	0,844
40	2	A	2	1	14,03	0,922
	3	B	3	1	14,03	0,896
	4	C	2	2	14,03	0,844

4.1.3. Penurunan Elastis Kelompok Tiang.

Penurunan "elastis/segera" terjadi dalam jangka waktu 1 sampai 10 hari (J.E.Bowles,1976). Besarnya penurunan diperoleh melalui persamaan (13):

$$S_1 = \frac{\mu_0 \cdot \mu_1 \cdot q_n \cdot B}{E_u}$$

Asumsi:

H = 30 meter

D = 20 meter (kedalaman pondasi)

Tabel 3.4A. Lampiran 18, tentukan nilai E_u

$E_u = 8 \cdot q_c = 8 \cdot 2,5 = 20 \text{ MPa} = 200 \text{ Kg/cm}^2$.

A. Jumlah Tiang 2

A.1. Diameter 20 cm

a. Hitung nilai faktor reduksi μ_0 dan μ_1 .

$$\frac{D}{B} = \frac{20}{(0,8+0,2)} = 20 \longrightarrow \text{Grafik 3.12. lampiran 18}$$

$\mu_0 = 0,86$

$$\frac{H}{B} = \frac{30}{(0,8+0,2)} = 30$$

$$\frac{Y}{B} = \frac{0,2}{(0,8+0,2)} = 0,2$$

} —» Grafik 3.12.
lampiran 18
 $\mu_1 = 0,61$

b. Hitung tekanan netto pondasi

$$q_n = \frac{V \text{ berat poer + pondasi} + Q_{pg}}{A \text{ Luas kelompok tiang}}$$

$$q_n = \frac{(0,4 \cdot 1,4 \cdot 0,8 \cdot 23) + (2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 0,2^2 \cdot 20 \cdot 23) + (212,59)}{(0,8+0,2) \cdot (0,2)}$$

$$q_n = 1114,736 \text{ kN/m}^2 = 11,147 \text{ Kg/cm}^2.$$

c. Hitung besarnya penurunan Si.

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

$$= \frac{0,86 \cdot 0,61 \cdot 11,147 \cdot (80+20)}{200} = 2,92 \text{ cm}$$

d. Analog untuk diameter 30 cm dan 40 cm (lihat tabel 4.4.).

B. Jumlah Tiang 3

B.1. Diameter 30 cm.

a. Faktor reduksi μ_0 dan μ_1

$$\frac{D}{B} = \frac{20}{(2,4+0,3)} = 7,40 \text{ —» Grafik 3.12.}$$

lampiran 18
 $\mu_0 = 0,87$

$$\frac{H}{B} = \frac{30}{(2,4+0,3)} = 11,1$$

$$\frac{Y}{B} = \frac{(0,3+0,3)}{(2,4+0,3)} = 0,1$$

} —» Grafik 3.12.
lampiran 18
 $\mu_1 = 0,60$

b. Hitung q_n

$$q_n = \frac{(0,4 \cdot 3,4 \cdot 1,2 \cdot 23) + (3 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 0,3^2 \cdot 20 \cdot 23) + (533,87)}{(2,4 + 0,3) \cdot (0,3)}$$

$$q_n = 825,80 \text{ kN/m}^2 = 8,258 \text{ Kg/cm}^2.$$

c. Hitung penurunan S_i .

$$S_i = \frac{\mu_o \cdot \mu_l \cdot q_n \cdot B}{E_u}$$

$$= \frac{0,87 \cdot 0,60 \cdot 8,258 \cdot (240 + 30)}{200} = 4,70 \text{ cm}$$

d. Analog untuk diameter 20 cm dan 40 cm (lihat tabel 4.4).

C. Jumlah tiang 4

C.1. Diameter 40 cm.

a. Faktor reduksi μ_o dan μ_l .

$$\frac{D}{B} = \frac{20}{(1,6 + 0,4)} = 10 \quad \rightarrow \text{Grafik 3.12. lampiran 18}$$

$$\frac{H}{B} = \frac{30}{(1,6 + 0,4)} = 15 \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} \rightarrow \text{Grafik 3.12. lampiran 18}$$

$$\frac{Y}{B} = \frac{(1,6 + 0,4)}{(1,6 + 0,4)} = 1,0 \quad \mu_l = 0,76$$

$$\mu_o = 0,86$$

b. Hitung q_n

$$q_n = \frac{(0,4 \cdot 2,6 \cdot 2,6 \cdot 23) + (4 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 0,4^2 \cdot 20 \cdot 23) + (734,22)}{(1,6 + 0,4) \cdot (1,6 + 0,4)}$$

$$q_n = 256,86 \text{ kN/m}^2 = 2,568 \text{ Kg/cm}^2.$$

c. Hitung penurunan S_i

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

$$= \frac{0,86 \cdot 0,76 \cdot 2,568 \cdot (160+40)}{200} = 1,67 \text{ cm}$$

d. Analog untuk diameter 20 cm dan 30 cm (lihat tabel 4.4).

Tabel 4.4. Penurunan Keloampok tiang, Lokasi sondir Telang I titik 20.

ϕ (cm)	jml tiang	formasi tiang	μ_0	μ_1	q_n (Kg/cm ²)	S_i (cm)
20	2	A	0,86	0,61	11,174	2,27
	3	B	0,86	0,61	11,501	5,43
	4	C	0,86	0,76	4,352	1,42
30	2	A	0,86	0,61	9,096	3,57
	3	B	0,87	0,60	8,258	5,82
	4	C	0,86	0,78	3,197	1,60
40	2	A	0,86	0,61	7,267	3,81
	3	B	0,88	0,60	6,595	6,26
	4	C	0,86	0,76	2,568	1,67

4.2. Perhitungan Pondasi Friction Pile (S/14).

Data-data survai Geoteknik dan Laboratorium (lampiran 8 - 11) :

- sudut gesek dalam (ϕ): 2°
- kohesi (c) : 7 kN/m² } → diambil titik 13
- q_c : 3,5 MPa (pada kedalaman 20 m)
- total lekatan (L.c) : 720 kN/m (pada kedalaman 20 m)
- kuat geser (s) = (c) : 7 kN/m²
- SF : 10

4.2.1. Kapasitas Daya Dukung Tiang.

A. Daya Dukung Tiang Individu

a. Hitung keliling tiang

$$O = \pi \cdot D = \pi \cdot (0,2) = 0,628 \text{ m}$$

b. Hitung luas tiang

$$A = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (0,2)^2 = 0,031 \text{ m}^2$$

c. Hitung daya dukung tiang individu (persamaan 8) :

$$Q_a = \frac{A \cdot p}{SF} + \frac{O \cdot L \cdot c}{SF}$$

$$Q_a = \frac{0,031 \cdot 3,5 \cdot 1000}{10} + \frac{0,628 \cdot 720}{10}$$

d. Analog ϕ 30 cm dan ϕ 40 cm, pada tabel 4.5.

Tabel 4.5. Daya dukung tiang individu (belum memperhitungkan efisiensi)

ϕ (cm)	O (m)	A (m)	Qa (kN)
20	0,628	0,031	56,07
30	0,942	0,07	92,32
40	1,256	0,1256	134,392

B. Daya Dukung Tiang Kelompok dan Kapasitas Maksimum

Tiang Dalam Menahan Beban V.

a. Hitung faktor daya dukung pondasi, persamaan (11):

$$\text{Sudut geser } (\phi) = 2^\circ$$

$$N_c = \text{Cot } \phi \cdot [E^{\pi \text{tg} \phi} \cdot \text{tg}^2 \left(45 + \frac{\phi}{2}\right) - 1]$$

$$= \text{Cot } 1^\circ \cdot [2,7182^{\pi \text{tg} 2^\circ} \cdot \text{tg}^2 \left(45 + \frac{2}{2}\right) - 1] = 5,6$$

b. Tentukan faktor lekatan pondasi dengan lapisan tanah.

Kuat geser (s) = kohesi (c) = 7 kN/m² = 0,07 Kg/cm²

—> Gambar 3.10. lampiran 17, diperoleh k = 1,17

c. Untuk perhitungan selanjutnya dalam tabel berikut.

Tabel 4.6. Kapasitas daya dukung tiang, (belum diperhitungkan berat sendiri tiang) dan Momen yang terjadi. Lokasi sondir Saleh titik 14.

φ (cm)	20			30			40		
	2	3	4	2	3	4	2	3	4
Jumlah tiang	2	3	4	2	3	4	2	3	4
Formasi tiang	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Luas / A (m ²)	0,2	0,36	1,0	0,45	0,81	2,25	0,8	1,44	4,0
Keliling/D (m)	2,4	4,0	4,0	3,6	6,0	6,0	4,8	8,0	8,0
Jumlah tiang	2	3	4	2	3	4	2	3	4
Qt (kN)	2029,64	3383,78	3409,01	3050,37	5086,32	5143,07	4075,04	6795,95	6896,84
Qpq (kN)	202,96	338,37	340,90	305,03	508,63	514,30	407,50	679,59	689,68
Qs (kN)	101,48	112,79	85,22	152,51	169,54	128,57	203,75	226,53	172,42
Σ V (kN)	160,30	269,13	368,03	174,28	287,53	359,20	188,27	298,57	412,19
(Xo ; Yo)	0,7;0,4	1,4;0,4	1,4;1,4	1,1;0,6	1,7;0,6	1,1;1,1	1,3;0,8	2,1;0,8	2,1;2,1
My (kNm)	5,77	11,55	11,55	19,49	38,98	38,98	46,22	92,43	92,43
Mx (kNm)	0,0	0,0	11,55	0,0	0,0	38,98	0,0	0,0	92,43
Σx ² (m ²)	0,16	0,64	0,32	0,36	1,44	0,72	0,64	2,56	1,28
Σy ² (m ²)	0,0	0,0	0,8	0,0	0,0	0,72	0,0	0,0	1,28
Pi (kN)	92,57	104,14	99,78	119,62	128,32	122,28	151,91	157,29	160,81

4.2.2. Efisiensi Tiang Pancang.

Efisiensi satu tiang dalam kelompok tiang dihitung dengan persamaan (20):

$$E_q = 1 - \frac{\theta}{90} \cdot \frac{(n-1).m + (m-1).n}{m.n}$$

Dimana m : banyak kolom

n : banyak baris

θ : Arc tg D/s (dalam derajat)

Perhitungan selanjutnya dalam tabel berikut.

Tabel 4.7. Efisiensi satu tiang dalam kelompok tiang, Lokasi sondir Saleh titik 14.

ϕ (cm)	jml tiang	formasi tiang	m	n	θ ($^{\circ}$)	E_q
20	2	A	2	1	14,03	0,992
	3	B	3	1	14,03	0,896
	4	C	2	2	14,03	0,844
30	2	A	2	1	14,03	0,992
	3	B	3	1	14,03	0,896
	4	C	2	2	14,03	0,844
40	2	A	2	1	14,03	0,992
	3	B	3	1	14,03	0,896
	4	C	2	2	14,03	0,844

4.2.3. Penurunan Elastis Kelompok Tiang.

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

Asumsi:

$H = 30$ meter

$D = 20$ meter (kedalaman pondasi)

Tabel 3.4. Lampiran 18, tentukan nilai E_u

$E_u = 8 \cdot q_c = 8 \cdot 3,4 = 27,2$ MPa = 272 Kg/cm².

Untuk perhitungan selanjutnya dalam tabel berikut.

Tabel 4.8. Penurunan Kekompok tiang, Lokasi sondir Saleh Titik 14.

ϕ (cm)	jml tiang	formasi tiang	μ_0	μ_1	q_n (Kg/cm ²)	S_i (cm)
20	2	A	0,86	0,62	12,107	2,33
	3	B	0,86	0,62	11,052	3,83
	4	C	0,86	0,80	4,167	1,00
30	2	A	0,86	0,61	8,762	2,53
	3	B	0,86	0,61	7,946	4,11
	4	C	0,86	0,78	3,061	1,13
40	2	A	0,87	0,61	7,016	2,70
	3	B	0,87	0,61	6,352	4,31
	4	C	0,87	0,76	2,457	1,18

4.3. Pembahasan

4.3.1. Hasil Perhitungan.

Dalam perencanaan struktur pondasi bangunan di daerah survai, masalah pembebanan memegang peranan penting, sehingga dalam perhitungan beban yang bekerja dituntut ketelitian tinggi. Kesalahan di dalam mengasumsikan pembebanan akan mengakibatkan kerusakan fatal pada struktur pondasi.

Besar penurunan (settlement) yang diizinkan pada daerah survai merupakan faktor utama dalam pelaksanaan suatu bangunan, dimana lapisan tanah lempung lunak memungkinkan penurunan akan selalu terjadi. Besarnya penurunan akan sangat tergantung pada parameter tanah,

beban yang dipikul dan berat pondasi sendiri.

Besar daya dukung pondasi tiang kelompok pada daerah survai tergantung pada daya friction/lekatan struktur pondasi dengan lapisan tanah, dengan mengabaikan daya dukung ujung pondasi (end bearing pile). Kemampuan lekatan pondasi - tanah akan meningkat dengan semakin dalam lapisan tanah.

Dari hasil perhitungan dapat dibandingkan :

- A. daya dukung kelompok tiang dan momen yang terjadi,
- B. penurunan elastis,
- C. efisiensi pondasi.

Dalam perhitungan terdapat variabel pembanding yang sama yakni, jarak antar tiang disamping batasan masalah maupun batasan parameter yang diambil.

- A. Daya dukung kelompok tiang.

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

Hasil perhitungan menunjukkan semakin besar dimensi kelompok tiang, daya dukung kelompok tiang juga semakin besar.

Tabel 4.9. Daya dukung tiang Individu.

TELANG I/20			
Ø (cm)	Qa (kN)	Eff.	Qs = Qa.Eff (kN)
20	59,52	0,992	59,04
30	97,90	0,896	87,72
40	141,75	0,844	119,64
SALEH/14			
Ø (cm)	Qa (kN)	Eff.	Qs = Qa.Eff (kN)
20	56,07	0,992	55,62
30	92,32	0,896	82,72
40	134,39	0,844	113,43

Tabel 4.10. Komparasi daya dukung kelompok tiang (dalam KN).
Belum memperhitungkan berat sendiri pondasi.

TELANG-I/20									
Ø (cm)	20			30			40		
	2	3	4	2	3	4	2	3	4
Jumlah tiang	2	3	4	2	3	4	2	3	4
Formasi tiang	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Qt (kN)	1488,18	2481,73	2516,10	2240,32	3737,09	3814,42	2997,84	5002,12	5139,60
Qpq (kN)	212,59	354,53	359,44	320,04	533,87	544,91	428,26	714,58	734,22
Qs (kN)	106,29	118,17	89,86	160,02	177,95	136,22	214,13	238,19	183,55
SALEH/14									
Qt (kN)	2029,64	3383,78	3409,01	3050,37	5086,32	5143,07	4075,04	6795,95	6896,84
Qpq (kN)	202,96	338,37	340,90	305,03	508,63	514,30	407,50	679,59	689,68
Qs (kN)	101,48	112,79	85,22	152,51	169,54	128,57	203,75	226,53	172,42



Adapun besar momen dan beban tiang maksimum dalam setiap baris, dengan asumsi beban vertikal $V = 150$ kN (untuk 2 tiang), $V = 250$ kN (untuk 3 tiang) dan $V = 350$ kN (untuk 4 tiang), dalam tabel berikut.

Tabel 4.11. Komparasi Momen dan Daya Dukung Tiang Dalam Tiap Baris.

Lokasi sondir	Jumlah tiang	φ 20 cm			φ 30 cm			φ 40 cm		
		Mx (kNm)	My (kNm)	Pi (kN)	Mx (kNm)	My (kNm)	Pi (kN)	Mx (kNm)	My (kNm)	Pi (kN)
T1-1/20 dan S/14	2	0,0	5,77	94,57	0,0	19,49	119,62	0,0	46,22	151,91
	3	0,0	11,55	104,14	0,0	38,98	128,32	0,0	92,43	157,29
	4	11,55	11,55	114,44	38,98	38,98	122,28	92,43	92,43	160,81

B. Efisiensi satu tiang dalam kelompok

Besarnya efisiensi satu tiang dalam kelompok tiang menunjukkan tingkat penggunaan atau kapasitas dari tiang dalam menahan beban. Tiang pancang friction pile yang di gabung pada bagian pelat (poer) menjadi satu kelompok, jika kapasitas tersebut merupakan jumlah dari beberapa tiang pancang individu, maka efisiensi kelompok = 1.

Pada perbandingan antara diameter tiang dan jarak antar tiang yang sama, efisiensi ditentukan oleh jumlah baris dan kolom kelompok tiang. Efisiensi satu tiang dalam kelompok akan kecil jika jumlah baris atau kolom semakin besar.

Tabel 4.12. Komparasi efisiensi satu tiang dalam kelompok pada daerah survai. (TL-1/20) dan (S/14).

Lokasi sondir	Jumlah tiang	∅ 20 (cm)	∅ 30 (cm)	∅ 40 (cm)
Tl-1/20 dan S/14	2	0,992	0,992	0,992
	3	0,896	0,896	0,896
	4	0,844	0,844	0,844

C. Penurunan elastis kelompok tiang

Penurunan elastis kelompok tiang menunjukkan besarnya penurunan struktur pondasi bangunan yang terjadi dan diijinkan pada pelaksanaan. Besar penurunan di pengaruhi oleh beban-beban yang bekerja pada pondasi maupun berat sendiri, semakin dalam pondasi berdampak semakin besar penurunan yang terjadi.

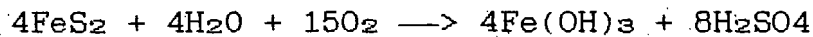
Tabel 4.13. Komparasi penurunan elatis kelompok tiang (dalam cm).

Lokasi sondir	Jumlah tiang	∅ 20 (cm)	∅ 30 (cm)	∅ 40 (cm)
Tl-1/20	2	2,92	3,57	3,81
	3	5,43	5,82	6,26
	4	1,42	1,60	1,67
S/14	2	2,33	2,53	2,70
	3	3,83	4,11	4,31
	4	1,00	1,13	1,18

4.3.2. Stabilisasi Terhadap Korosi Pada Pengecoran

Pengusikan lapisan tanah gambut/rawa yang berlebihan akan menyebabkan proses oksidasi, dimana perubahan tanah reduktif menjadi oksidatif membentuk asam-asam

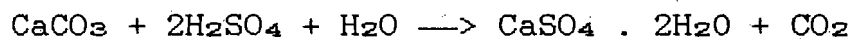
yang relatif aktif terutama dari oksidasi Pirit (FeS_2) :



(asam sulfat)

Asam sulfat merupakan asam kuat yang dapat memperlemah sub struktur bangunan, misalnya kerusakan daya dukung pondasi karena korosi yang terjadi. Kerusakan pada beton karena korosi mulai terjadi pada periode antara 3 sampai 6 bulan setelah pengecoran.

Untuk mengurangi atau menghindari terjadinya korosi yang berlebihan pada beton, maka dilakukan penetralisir terhadap kondisi oksidatif tersebut. Penetralisir yang digunakan dalam kasus ini yaitu kapur (CaCO_3). Reaksi kimia yang terjadi pada penambahan kapur pada tanah pondasi :



(gypsum)

Hasil dari reaksi di atas adalah gypsum (CaSO_4) akan mengendap, sedangkan untuk CO_2 menguap. Dengan penambahan kapur terlihat suasana asam terurai sehingga beton aman pada daerah survai.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. KESIMPULAN

Dari hasil studi kasus yang dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil tes laboratorium tentang karakteristik fisik tanah, didapat batas cair (LL) = 40 % sampai 69 % dan indeks plastis (PI) = 10 % sampai 32 %, maka tanah di daerah survei (Telang-Saleh) dapat diklasifikasikan tanah lempung organik dengan kompressibilitas sedang sampai tinggi.
2. Dari perhitungan daya dukung tiang tunggal didapat diameter 20 cm maksimum $Q_s = 59,04$ kN, diameter 30 cm maksimum $Q_s = 87,72$ kN dan diameter 40 cm maksimum $Q_s = 119,64$ kN.
3. Untuk tiang kelompok, formasi tiang C efektif dipakai, dimana \varnothing 20 cm $Q_{pg} = 340,90$ kN (Saleh) dan $Q_{pg} = 359,44$ kN (Telang), diameter 30 cm $Q_{pg} = 514,30$ kN (Saleh) dan $Q_{pg} = 544,91$ kN (Telang), diameter 40 cm $Q_{pg} = 689,68$ kN (Saleh) dan $Q_{pg} = 734,32$ kN (telang).
4. Besar settlement (penurunan) yang terjadi pada formasi tiang (C) adalah, diameter 20 cm maksimum 1,42 cm,

diameter 30 cm maksimum 1,60 cm dan diameter 40 cm maksimum 1,67 cm.

5. Berdasar daya dukung ijin kelompok tiang friction pile cast in place, daerah Telang-Saleh dapat di bangun konstruksi dengan beban maksimum $V = 412,19$ kN untuk jumlah tiang 4 berdiameter 40 cm, dengan penurunan 1,67 cm (Telang) dan 1,18 cm (Saleh).

5.2. SARAN

Melihat dari hasil pada studi kasus 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 settlement (penurunan) yang terjadi dapat diperkecil dengan memperbesar jarak antar tiang atau memperluas kelompok tiang yang ada, atau dengan cara stabilisasi tanah.
3. Perlu diadakannya penelitian lebih lanjut untuk bahan stabilisator antara kapur dengan semen, pada tanah gambut atau rawa, baik dari segi ekonomis maupun dampaknya terhadap pencegahan korosi yang terjadi.

PENUTUP

Studi kasus pada Tugas Akhir yang kami susun merupakan suatu langkah awal pemilihan dan perhitungan terhadap pondasi dalam (Sub Structure) pada daerah survai di daerah Telang-Saleh, Sumatera Selatan. Dimana kondisi tanah mengandung lapisan gambut atau rawa dengan ketebalan yang bervariasi. Secara umum dapat dikatakan lapisan tanah didaerah 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 survai Geoteknik Lapangan dan Laboratorium yang dilakukan oleh P.T. Puser 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, Amin.

DAFTAR PUSTAKA

Bowles, J.E., 1986, Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah, Edisi kedua, Airlangga, Jakarta.

Bowles, J.E., 1986, Analisa dan Desain Pondasi Jilid I, Edisi ketiga, Airlangga, Jakarta.

Bowles, J.E., 1991, Analisa dan Desain Pondasi Jilid II, Edisi keempat, Airlangga, Jakarta.

K. Basah, Dr, Ir, Dip, HE, DEA, 1994, Teknik Pondasi Bagian II, Nafiri, Yogyakarta

Puser Bumi Consultant, P.T., 1995, Survei Tanah dan Tata Guna Lahan di Telang-Saleh, Sumatera Selatan.

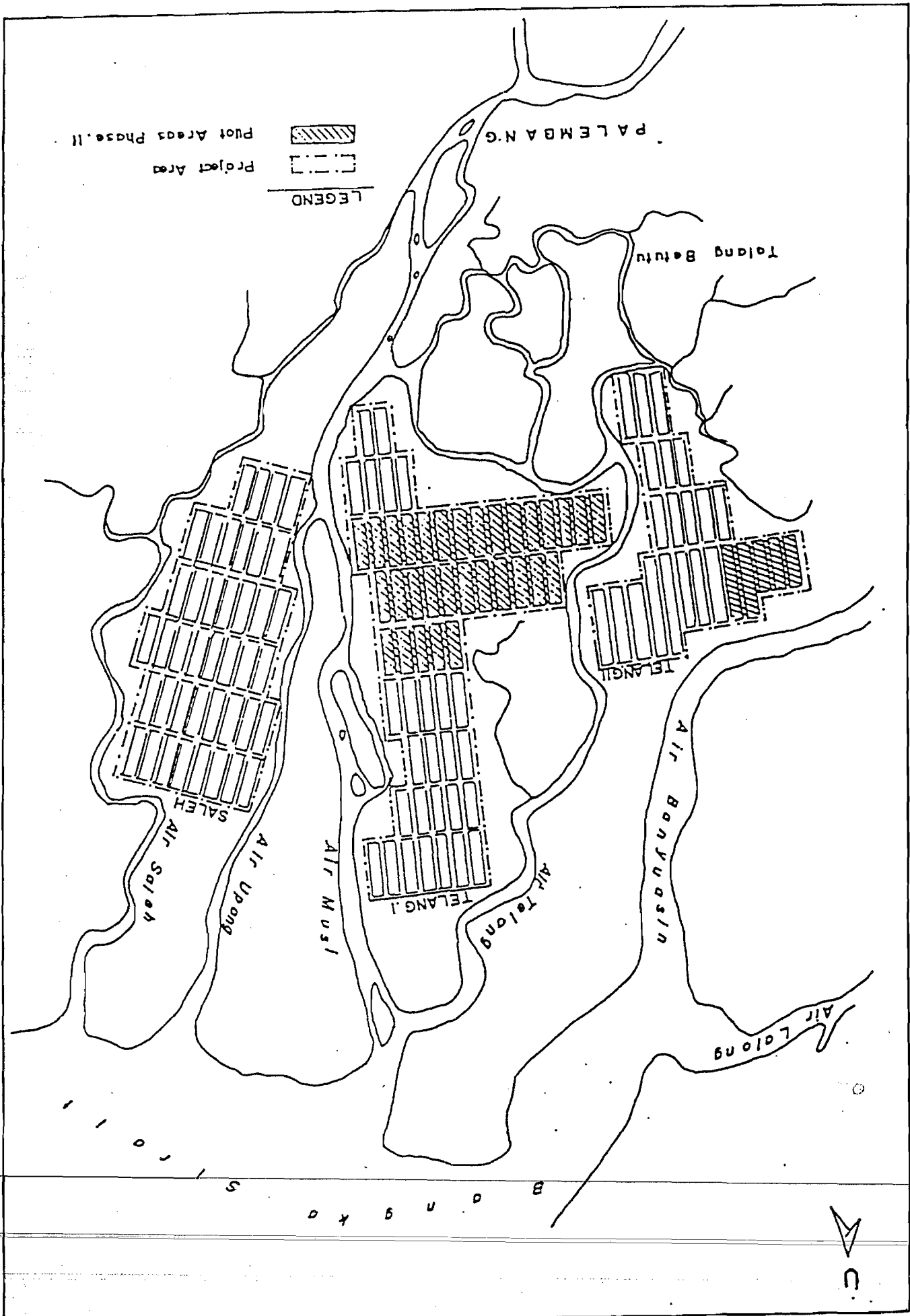
S.Sosrodarsono, Dr, Ir, dan Nakazata Kazuto, 1990, Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi, P.T. Pradiya Paramita, Jakarta.

Subarkah, Imam, Ir, 1986, Teknik Pondasi Suatu Ikhtisar Praktis, Edisi kedua, Ide Dharma, Yogyakarta.

Terzaghi, Karl, dan Peck, Ralph B., 1987, Mekanika Tanah Dalam Praktek Rekayasa, Edisi kedua, Erlangga, Jakarta.

Tomlinson, M.J., 1986, Foundation Design and Construction, Edisi kelima, Longman Group, Singapura.

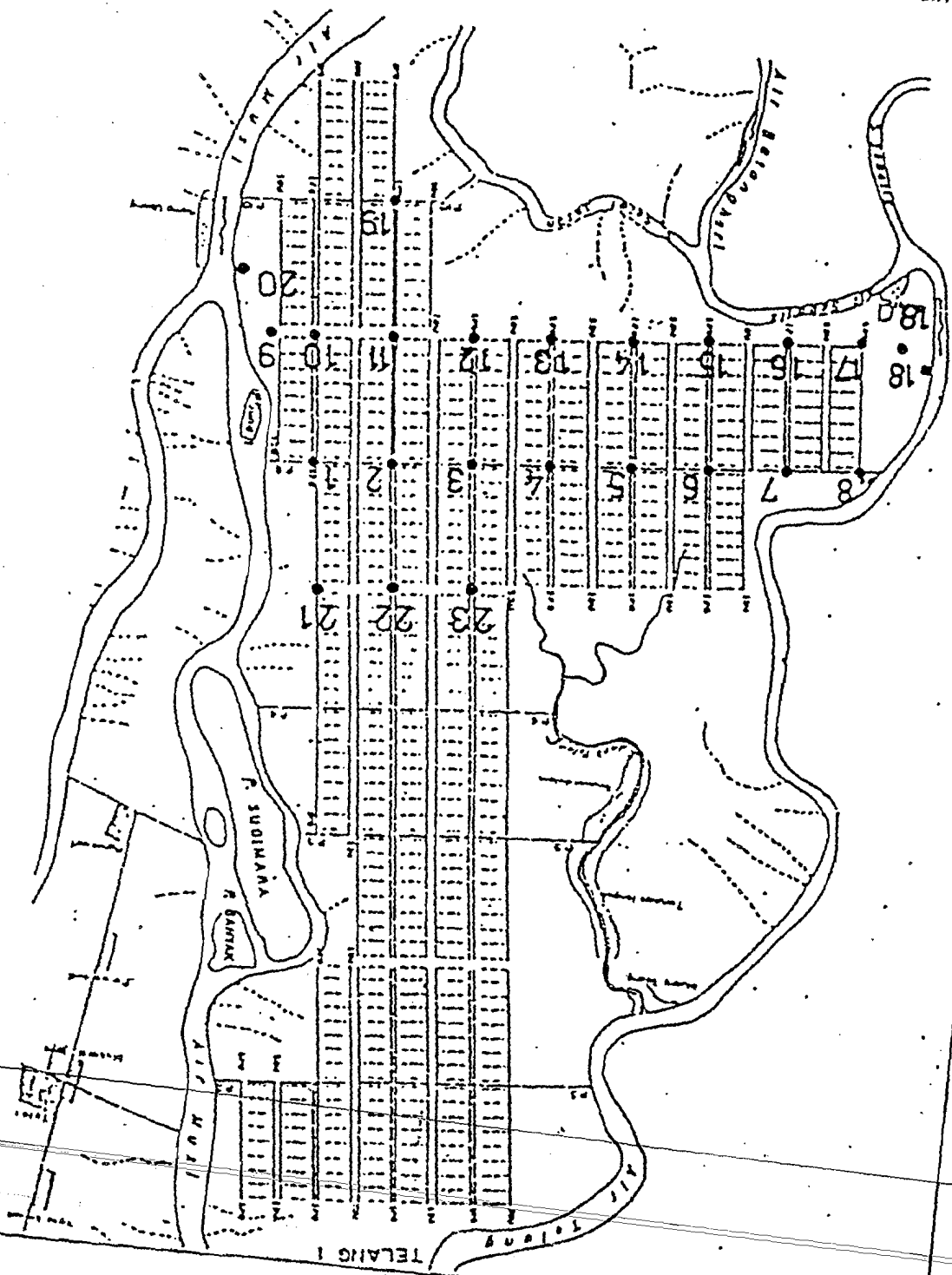
Wesley, L.D, 1970, Mekanika Tanah Jilid II, Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.



Lampiran I

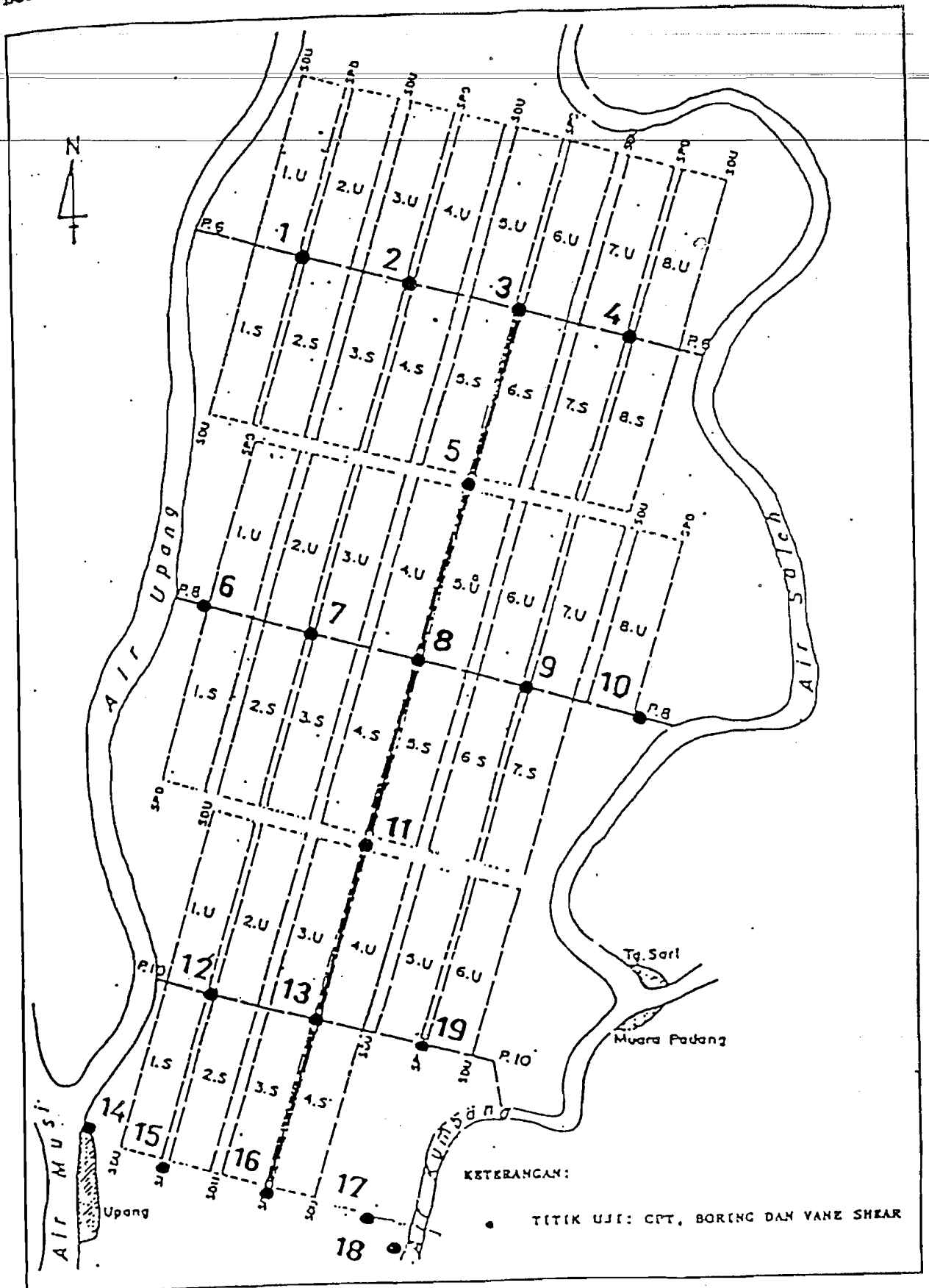
• TITIK UJI: CPT, BORING DAN VANE SHEAR

REKREASIKAN:



Lokasi titik uji: CPT, Boring, Vane shear - Telang I

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



Perbandingan nilai-nilai hasil uji
Pocket Penetrometer, Vane Shear, Cone Penetrometer Test, dan
Parameter Kuat Geser tanah dari CU Triaxial Test

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
I. TELANG-I									
1	B/TL-I/02	5.00		23.0	200				
		5.50	0		300				
		5.50-5.95				3.6	2.9	4.2	2.6
		5.95	0		200				
		6.50		23.0	150				
2	B/TL-I/05	6.50		28.0	200				
		7.00	25		200				
		7.00-7.45				1.9	2.1	2	1.9
		7.45	45		300				
		8.00		35.0	200				
3	B/TL-I/08	5.00		26.5	300				
		5.50	15		300				
		5.50-5.95				4.5	2	5.5	0
		5.95	20		300				
		6.50		28	300				
4	B/TL-I/09	5.00		28	400				
		5.50	25		300				
		5.50-5.95				0	19	0	19
		5.95	75		400				
		6.50		31	400				
5	B/TL-I/11	5.00		21	200				
		5.50	0		150				
		5.50-5.95				8	20	12	12
		5.95	0		200				
		6.50		44	500				



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	
6	B/TL-I/14	5.00		25	300					
		5.50	25		300					
		5.50-5.95					0	22	0	22
		5.95	40		300					
		6.50		32	300					
7	B/TL-I/17	6.50		28	300					
		7.00	20		300					
		7.00-7.45					6	6	8	3
		7.45	25		300					
		8.00		28	300					
8	B/TL-I/19	5.00		29	400					
		5.50	15		400					
		5.50-5.95					1	10	12	0
		5.95	25		300					
		6.50		28	300					
9	B/TL-I/22	6.50		23	300					
		7.00	1		300					
		7.00-7.45					0	26	0	26
		7.45	1		300					
		8.00		40	300					
II. TELANG-II										
10	B/TL-II/02	5.00		16	200					
		5.50	20		200					
		5.50-5.95					2	24	3	20
		5.95	25		200					
		6.50		25	200					

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				

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
16	B/SL/13	5.00		31.5	300				
		5.50	10		300				
		5.50-5.95				2	7	4	3
		5.95	30		500				
		6.50		40	400				
17	B/SL/15	5.00		41.5	400				
		5.50	25		300				
		5.50-5.95				7	9	11	4
		5.95	35		300				
		6.50		33	500				
18	B/SL/17	5.00		32	300				
		5.50	10		350				
		5.50-5.95				3	12	4	11
		5.95	10		300				
		6.50		36	350				

RANGKUMAN HASIL UJI LABORATORIUM (Undisturbed Samples)

Proyek : P2DR PALEMBANG
Lokasi : TELANG I

No. Bor	Dalam m	γ_b g/cm ³	γ_s g/cm ³	w_N %	LL %	PL %	PI %	LI %	G_s	e	S %	% lewal saringan No.200	SIMBOL	ϕ' degree	c' kN/m ²	ϕ degree	c kN/m ²	C_c
IV/TL-1/19	1.00 - 1.45	1.67	1.13	47.8	56	31	25	2.7	2.45	1.17	100	97.5	MH					
	2.50 - 2.95	1.43	0.73	93.8	57	29	27	2.3	2.38	2.22	100	90.1	MH					
	4.00 - 4.45	1.45	0.84	70.6	50	22	28	1.7	2.46	1.89	92	93.8	CL-CH					
	5.50 - 5.95	1.46	0.79	65.5	64	29	35	1.6	2.46	2.11	99	93.8	CH	12	0	1	10	0.99
	7.00 - 7.45	1.46	0.76	92.1	62	32	30	2.0	2.52	2.31	100	93.3	MH-CH					
IV/TL-1/20	1.00 - 1.45	1.29	0.55	131.0	69	45	24	3.6	2.27	3.06	97	39.4	OH					
	2.50 - 2.95	1.48	0.85	74.0	40	30	10	4.3	2.39	1.80	98	30.3	ML					
	4.00 - 4.45	1.63	1.12	44.6	NP	--	--	--	2.50	1.21	92	22.7	ML					
	5.50 - 5.95	1.72	1.21	42.0	NP	--	--	--	2.47	1.04	100	79.5	ML					
	7.00 - 7.45	1.71	1.19	43.6	NP	--	--	--	2.50	1.10	99	96.3	ML					
IV/TL-1/21	1.00 - 1.45	1.45	0.78	84.8	75	31	44	1.2	2.32	1.96	100	95.9	CH					
	2.50 - 2.95	1.35	0.69	94.2	61	29	32	2.0	2.56	2.68	90	80.5	CH					
	4.00 - 4.45	1.42	0.74	89.5	61	29	32	1.9	2.56	2.41	95	94.0	CH					
	5.50 - 5.95	1.49	0.83	78.9	55	27	28	1.9	2.45	1.94	99	67.5	CH					
	7.00 - 7.45	1.43	0.77	83.5	57	27	30	1.9	2.53	2.24	94	93.9	CH					

RANGKUMAN HASIL UJI LABORATORIUM (Undisturbed Samples)

Proyck : P2DR PALEMBANG
Lokasi : SALEH

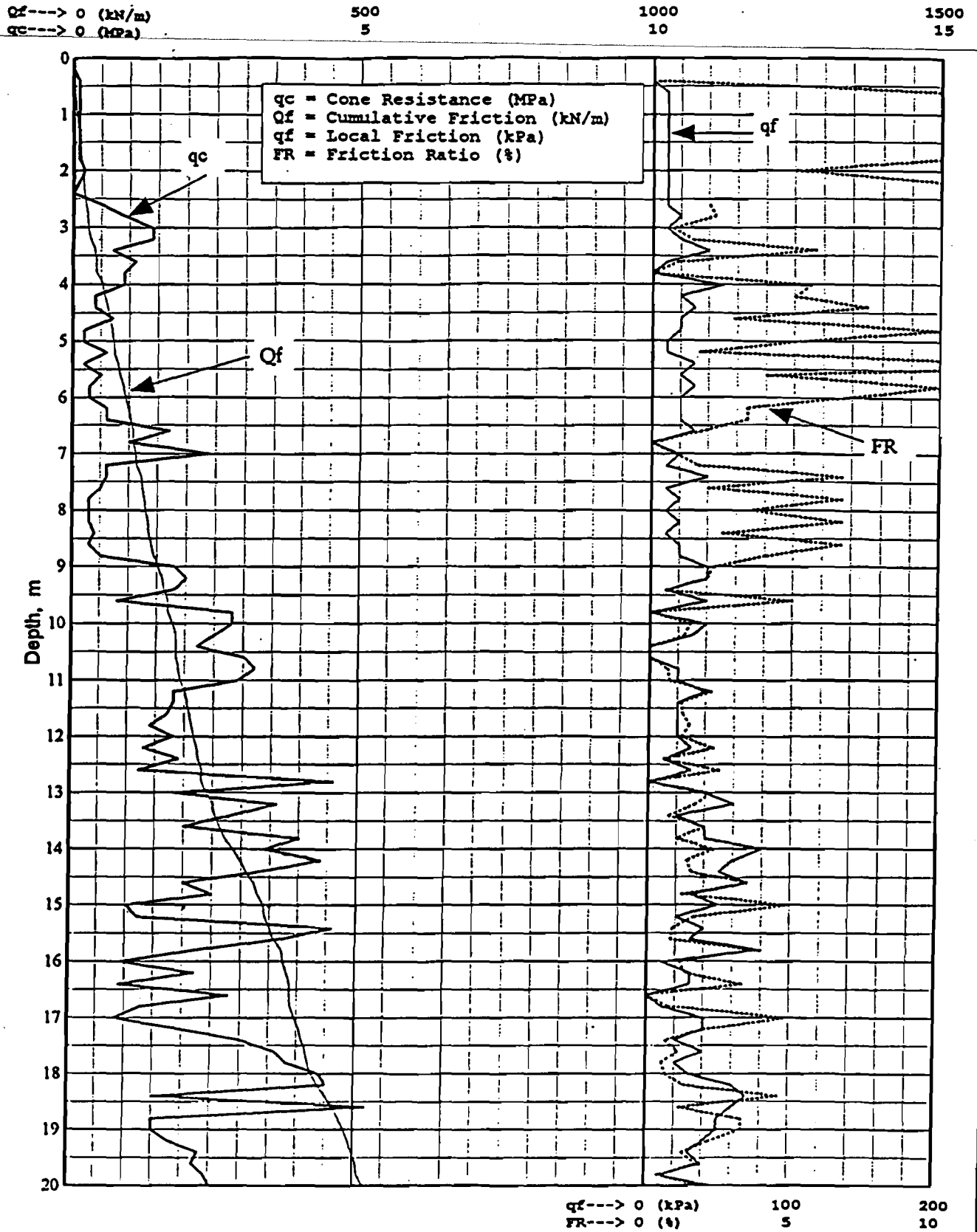
No. Bor	Dalam m	γ_b g/cm ³	γ_d g/cm ³	w_N %	LL %	PL %	PI %	LI %	G_s	e	S %	% lewat saringan No.200	SIMBOL	ϕ' degree	c' kN/m ²	ϕ degree	c kN/m ²	C_c
BVSL/13	1.00 - 1.45	1.59	1.00	58.8	40	26	14	2.3	2.52	1.51	98	92.8	CL					
	2.50 - 2.95	1.54	0.95	61.6	65	38	27	0.9	2.53	1.65	94	65.4	MH					
	4.00 - 4.45	1.45	0.77	88.2	57	29	28	2.1	2.40	2.11	100	93.77	MH-CH					
	5.50 - 5.95	1.47	0.79	85.6	51	29	22	2.5	2.54	2.21	99	95.8	MH	4	3	2	7	0.97
	7.00 - 7.45	1.45	0.75	92.6	51	43	8	5.9	2.51	2.33	100	95.3	ML-MH					
BVSL/14	1.00 - 1.45	1.45	0.76	89.3	68	36	32	1.7	2.45	2.19	100	93.1	MH					
	2.50 - 2.95	1.49	0.84	75.4	67	39	28	1.3	2.56	2.01	96	75.1	MH					
	4.00 - 4.45	1.46	0.86	68.8	51	29	22	1.8	2.57	1.97	90	77.0	MH-CH					
	5.50 - 5.95	1.73	1.24	39.2	NP	--	--	--	2.65	1.13	92	25.7	ML					
	7.00 - 7.45	1.67	1.18	40.6	NP	--	--	--	2.63	1.21	88	20.1	ML					
BVSL/15	1.00 - 1.45	1.56	1.02	52.1	77	33	44	0.4	2.38	1.31	94	95.2	CH					
	2.50 - 2.95	1.49	0.84	75.7	47	29	18	2.6	2.52	1.97	97	96.9	ML					
	4.00 - 4.45	1.57	0.97	61.6	38	23	10	3.3	2.54	1.61	97	70.7	ML					
	5.50 - 5.95	1.49	0.81	83.3	46	27	19	2.9	2.48	2.05	100	95.8	ML-CL	11	4	7	9	
	7.00 - 7.45	1.45	0.75	92.8	67	28	39	1.7	2.51	2.33	100	98.4	CH					

DUTCH CONE PENETRATION TEST

Test No. : CPT/TL-1/20

Date : 21 December 1994

Location : Telang-I



DUTCH CONE PENETRATION TEST

Test No. : CPT/SL/14

Date : 18 s/d 19 November 1994

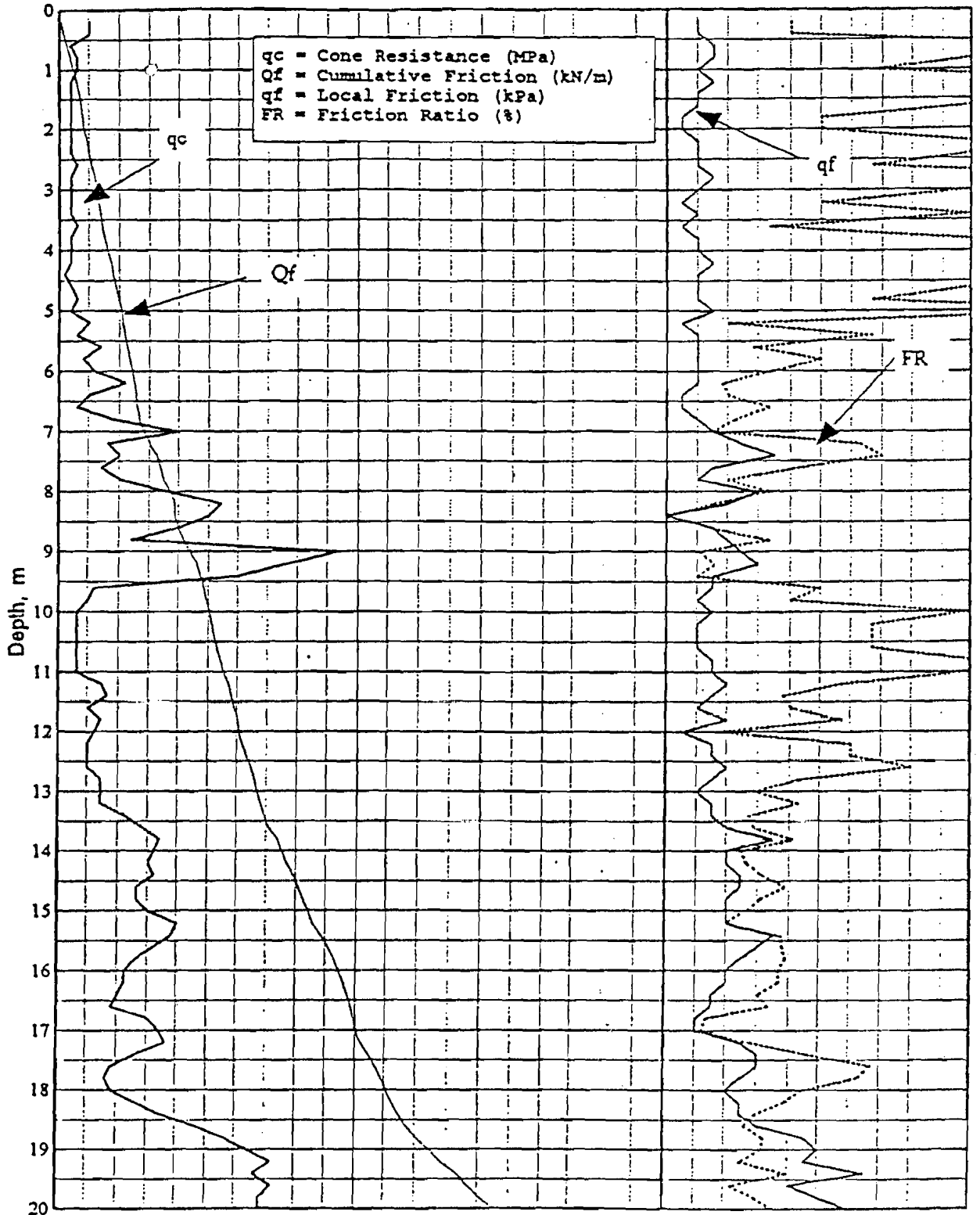
Location : Saleh

$Q_f \rightarrow 0$ (kN/m)
 $q_c \rightarrow 0$ (MPa)

500
 5

1000
 10

1500
 15



q_c = Cone Resistance (MPa)
 Q_f = Cumulative Friction (kN/m)
 q_f = Local Friction (kPa)
 FR = Friction Ratio (%)

Depth, m

$q_f \rightarrow 0$ (kPa)
 $FR \rightarrow 0$ (%)

100
 5









200
 10

BORING LOG















Boring No. : B/TL-I/20

Date : 21 December 1994

Location : Telang-I

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)	
1.00	1.00		Silty clay, brown, very soft	---							
2.00	2.00		Silty clay, fine peaty, dark grey, very soft to soft		■	10	25				
3.00	3.00				■	0	75	23.0	2.0	11.5	
4.00	4.00		Silty fine to medium sand, dark grey, very loose		■	10	25	30.0	9.0	3.3	
5.00	5.00				■			32.0	8.0	5.3	
6.00	6.00		Silty fine sand, dark grey, very loose		■	0	0				
7.00	7.00				■			44.0	8.0	5.5	
8.00	8.00		Silty fine to medium sand, dark grey, very loose		■	10	75				
		End of boring						41.0	11.0	3.7	

BORING LOG

Boring No. : B/SL/14					Date : 18 sd 19 November 1994							
Location : Saleh					23 November 1994							
Scale (m)	Depth (m)	LOG	Soil Description	GWL (m)	Sample	Pocket Penetrometer Test (kPa)		Vane Shear Test			Remark	
						Top	Bottom	Depth	Undis- turbed (kPa)	Re- molded (kPa)		Sensi- tivity
1.00	1.20		Silty clay, yellowish brown, soft	-1.00	■							
2.00	2.70		Silty clay, peaty, fine sandy, light grey soft		■	35	40		27.0	3.0	9.0	
3.00			Silty clay, grey, soft		■	35	40					
4.00	4.30				■				28.0	5.0	5.8	
5.00	4.30		Silty clay, peaty, grey, very soft		■	15	15					
6.00					■				45.5	10.0	4.8	
6.00	6.70		Silty clay, fine peaty, grey, medium		■	45	55					
7.00					■				53.5	12.0	4.5	
8.00			Silty fine sand, shell fragments, grey, medium		■	95	110					
		End of boring							42.0	8.5	4.9	

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 keompakan, sementasi, kondisi kelembaban, dan karakter-karakter drainase.</p> <p>CONTOH : 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 inorganis 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 inorganis dengan plastisitas rendah sampai sedang, lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung krus	
OL	Lanau organis dan lanau-lempung organis dengan plastisitas rendah	
MH	Lanau inorganis, tanah berpasir atau berlanau halus mengandung mika atau diatoma, lanau elastis	
CH	Lempung inorganis dengan plastisitas tinggi, lempung genuk	

Simbol	M a n a	Keterangan yang dibutuhkan untuk menerangkan tanah
Kelompok		
OH	Lempang organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi	<p>CONTOH :</p> <p>Lanau berlempung, coklat; agak plastis; pre sentase kecil dari pasir, banyak lobang-lo bang akar yang vertikal, teguh dan kering di tempat; luas; (ML)</p>
Pt	Gambut (peat), rawa (muck), gambut rawa (peat- bog), dan sebagainya	

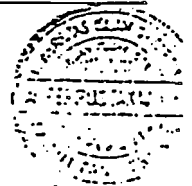
Tabel 3-A Sudut-sudut gesekan δ antara beberapa bahan pondasi dengan tanah atau batuan†

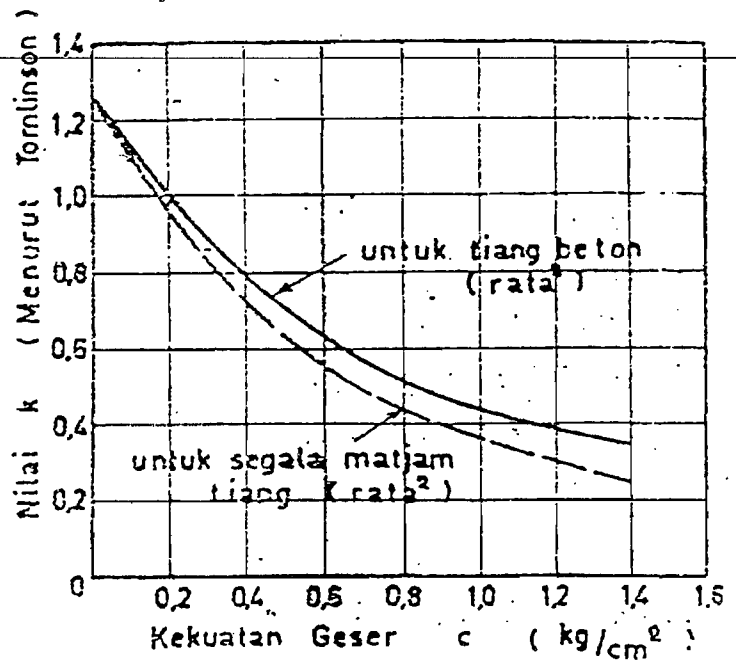
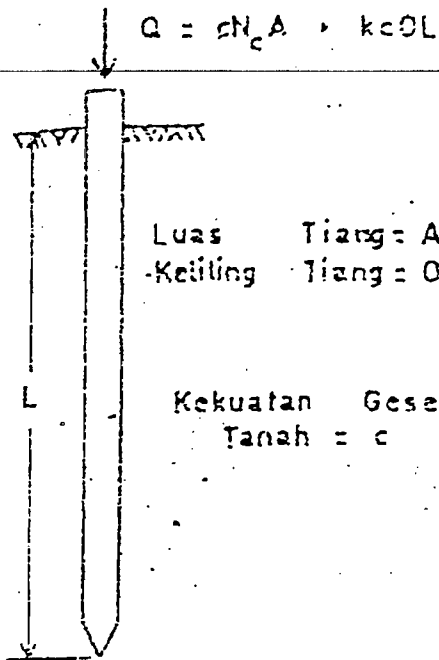
Bahan-bahan yang mempunyai bidang pemisah (interface)	Sudut gesekan δ , derajat ‡
Beton massa atau batuan pada benda-benda berikut:	35
Batuan asli yang bersih	35
Kerikil bersih, campuran pasir kerikil, pasir kasar	29-31
Pasir halus yang bersih dengan pasir sedang, medium endapan dengan pasir kasar, endapan 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 $\delta = \phi$.

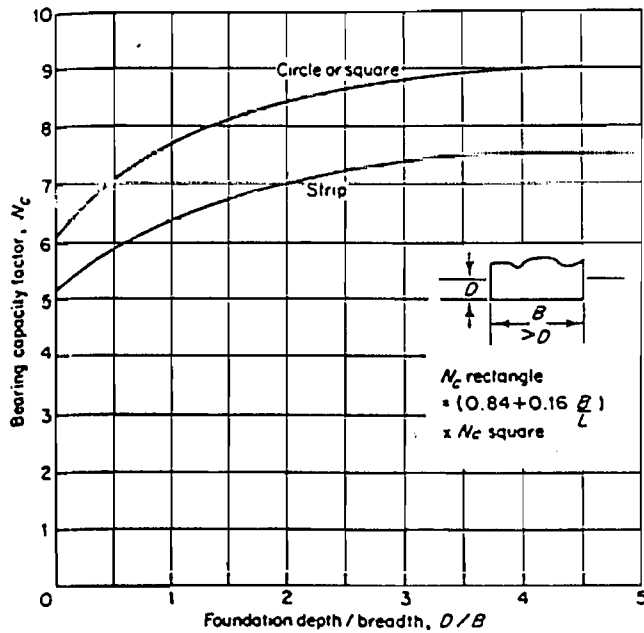
§ Mungkin lebih besar di dalam pasir yang mampat atau jika pasir menembus kayu.



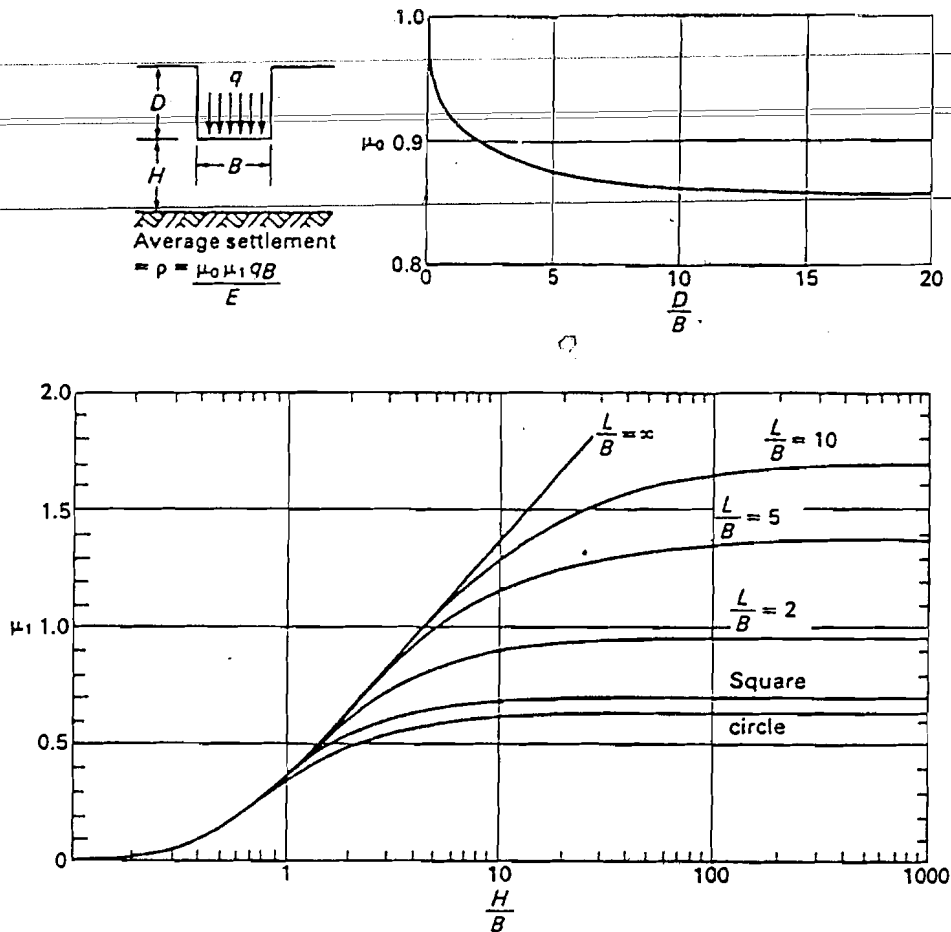


(Nilai N_c biasanja diambil sebesar 9)

Gambar 3.10. Hubungan Nilai k - c (Wesley)



Gambar 3.11. Faktor Daya Dukung N_c (Tomlinson, 1986)



Gambar 3.12. Nilai Faktor Reduksi μ_0, μ_1

Tabel 3.4a. Modulus Deformasi

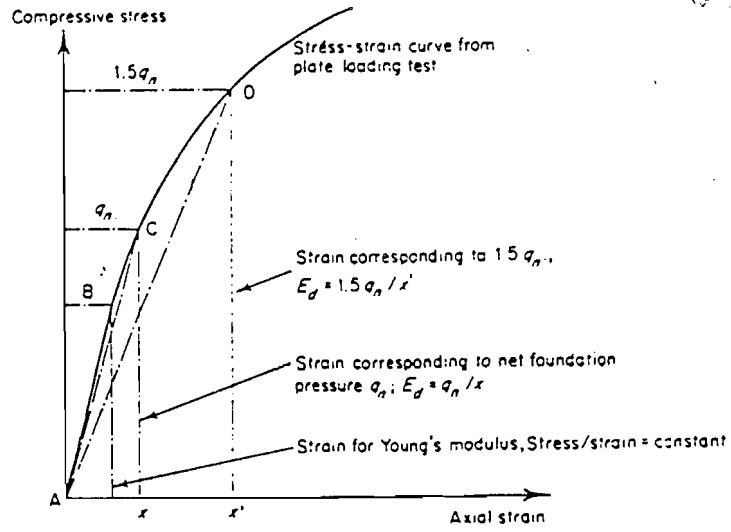
E_s di dalam k Pa untuk SPT dan satuan-satuan q_c untuk CPT; bagilah k Pa dengan 50 untuk mendapatkan ksf

	SPT	CPT
Pasir	$E_s = 500(N + 15)$ $E_{s,t} = 18\,000 + 750N$ $E_s = (15\,200 \text{ sampai } 22\,000) \ln N$	$E_{s,*} = 2 \text{ sampai } 4q_c$ $E_{s,t} = 2(1 + D_s^2)q_c$
Pasir berlempung	$E_s = 320(N + 15)$	$E_s = 3 \text{ sampai } 6q_c$
Pasir berlumpur	$E_s = 300(N + 6)$	$E_s = 1 \text{ sampai } 2q_c$
Pasir berkerikil	$E_s = 1200(N + 6)$	$E_s = 6 \text{ sampai } 8q_c$
Lempung lembek		
Dengan menggunakan kekuatan geser yang tidak dikeringkan s_u dalam satuan s_u		
Lempung	$I_p > 30$, atau organik $I_p < 30$, atau kaku $I < \text{OCR} < 2$ $\text{OCR} > 2$	$E_s = 100 \text{ sampai } 500s_u$ $E_s = 500 \text{ sampai } 1500s_u$ $E_s = 800 \text{ sampai } 1200s_u$ $E_s = 1500 \text{ sampai } 2000s_u$

* Schmertmann (1970) menggunakan $2q_c$; dalam tahun 1974 menggunakan 2,5 sampai 3,5 q_c [Mitchell dan Gardner (1975)].

† Vesic (1970).

‡ Dari D'Appolonia bersama kawan-kawan (1970) (persamaan pengarang dari Gambar 44).



Gambar 3.13. Grafik Modulus deforerasi