

TUGAS AKHIR
ANALISIS SAMBUNGAN TIANG PANCANG
BETON PRATEGANG



Disusun oleh

WACHID ARI HAFIJANTO

No. Mhs : 92 310 045

NIRM : 920051013114120045

SIGIT TJAHYONO

No. Mhs : 92 310 121

NIRM : 920051013114120121

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

TUGAS AKHIR
ANALISIS SAMBUNGAN TIANG PANCANG
BETON PRATEGANG

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

Disusun oleh

WACHID ARI HAFIJANTO

No. Mhs : 92 310 045

NIRM : 920051013114120045

SIGIT TJAHYONO

No. Mhs : 92 310 121

NIRM : 920051013114120121

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

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISIS SAMBUNGAN TIANG PANCANG
BETON PRATEGANG**

WACHID ARI HAFIJANTO

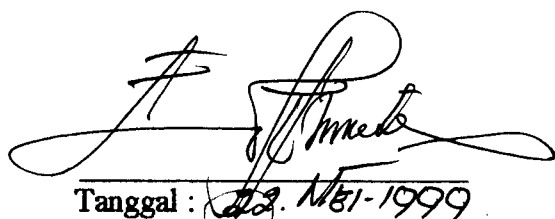
No. Mhs : 92 310 045
NIRM : 920051013114120045

SIGIT TJAHYONO

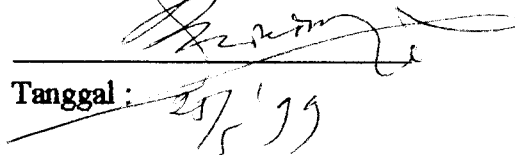
No. Mhs : 92 310 121
NIRM : 920051013114120121

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

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


Tanggal : 22. Mei - 1999

Ir. Ibnu Sudarmadji, MS.
Dosen Pembimbing II


Tanggal : 25/5/99

KATA PENGANTAR

Bismillaahirrahmanirraahim

Assalaamu 'alaikum Wr. Wb.

Segala puji dan syukur penyusun panjatkan kehadirat Allah SWT, atas segala rahmat dan hidayah-Nya, serta Shalawat dan salam kepada junjungan Nabi besar Muhammad SAW, sehingga penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul “ **ANALISIS SAMBUNGAN TIANG PANCANG BETON PRATEGANG**”

Tugas Akhir ini merupakan persyaratan dalam rangka memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Dengan selesainya penyusunan Tugas Akhir ini, tidak lupa penyusun menyampaikan terima kasih atas segala bimbingan, saran dan pengarahan serta nasehat, terutama kepada

1. Bapak Ir. Widodo, MSCE, Ph.D, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
2. Bapak Ir. H. Tadjuddin BMA, MS, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
3. Bapak Dr. Ir. Edy Purwanto, CES, DEA, selaku Dosen Pembimbing I.
4. Bapak Ir. Ibnu Sudarmadji, MS, selaku Dosen Pembimbing II
5. Bapak Ir. Helmy Akbar Bale, MT, selaku Dosen Penguji Tugas Akhir.

6. Ayah, Ibu, dan Kakak, serta seluruh keluarga yang telah memberikan dorongan moril dan materiil sehingga terwujudnya Tugas Akhir ini.
7. Teman-teman angkatan 92, Hudda, Habib, Hendrik, Joko, Moko, Luhur, Bayu, yang telah memberikan bantuan saran dan dukungan atas selesai Tugas Akhir ini.
8. Semua pihak yang telah membantu, yang tidak dapat penyusun sebutkan satu persatu, hingga tersusunnya Tugas Akhir ini.

Semoga segala bantuan dan bimbingan serta arahan yang telah diberikan mendapat pahala yang setimpal dari Allah SWT, Amiin.

Penyusun menyadari sepenuhnya bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu segala saran dan kritik untuk kesempurnaan Tugas Akhir ini penyusun terima dengan senang hati.

Akhirnya penyusun berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penyusun khususnya dan pembaca pada umumnya.

Billaahitaufiq walhidayah

Wassalaamu 'alaikum Wr. Wb

Yogyakarta, April 1999

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR NOTASI	xi
INTISARI	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Permasalahan	1
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	2
1.5 Batasan Masalah	2
1.6 Metodologi Penelitian	4
BAB II LANDASAN TEORI	6
2.1 Umum	6
2.2 Jenis Pondasi Tiang Pancang	7
2.3 Kapasitas Dukung Tiang	8

2.3.1 Berdasarkan hasil sondir (CPT)	8
2.3.2 Berdasarkan hasil uji SPT (“ Standard Penetration Test”)	9
2.4 Daya Dukung Kelompok Tiang	10
2.4.1 Pada Tanah Pasir	10
2.4.2 Pada Tanah Lempung	11
2.5 Pemurunan Tiang Tunggal	12
2.6 Pemurunan Kelompok Tiang	14
2.7 Tiang Dengan Beban Lateral	15
2.7.1 Penentuan tiang pendek dan panjang	15
2.7.2 Tiang pada tanah kohesif	16
2.7.3 Tiang pada tanah non kohesif	19
2.8 Perencanaan tiang pancang beton prategang	21
2.8.1 Luas baja prategang	22
2.8.2 Kapasitas tiang pancang beton prategang	24
2.9 Penyambungan Tiang Pancang	26
2.10 Las	29
2.10.1 Jenis las	30
2.10.2 Tegangan ijin	31
2.10.3 Gaya geser dan lentur	33
BAB III PERENCANAAN PONDASI TIANG	35
3.1 Gaya yang Bekerja padaTiang Pancang	35
3.2 Data-data Perencanaan	36

3.3	Perhitungan Kapasitas Daya Dukung	37
3.3.1	Daya Dukung Satu Tiang	37
3.3.2	Daya Dukung Kelompok Tiang	38
3.4	Distribusi Gaya pada Tiang Pancang	40
3.5	Penurunan Tiang Pancang	42
3.5.1	Tiang Pancang Tunggal	42
3.5.2	Tiang Pancang Kelompok	43
3.6	Perencanaan Penampang Tiang Pancang Beton Prategang	43
3.6.1	Data Struktur	43
3.6.2	Rasio Kelangsingan Tiang	44
3.6.3	Gaya-gaya yang diterima tiang pancang	45
3.6.4	Tegangan-tegangan yang diijinkan	46
3.6.5	Perencanaan Tulangan Prategang	47
3.6.6	Propertis penampang transformasi	48
BAB IV ANALISIS SAMBUNGAN TIANG PANCANG		51
4.1	Gaya Lateral	51
4.2	Penentuan Kriteria Tiang	51
4.3	Analisa gaya lateral dan momen lentur tiang	52
4.4	Sambungan Tiang Pancang	58
4.4.1	Data-data sambungan	58
4.4.2	Perhitungan pelat sambungan	58
4.4.3	Perhitungan las	61

BAB V PEMBAHASAN	65
5.1 Daya Dukung dan Penurunan Tiang	65
5.2 Kekuatan Penampang Tiang	67
5.3 Analisis Sambungan	69
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	71
6.1 Kesimpulan	71
6.2 Saran	71
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

1. Gambar 1.1 Formasi sambungan	3
2. Gambar 2.1 Efisiensi kelompok tiang	11
3. Gambar 2.2 Tiang pendek, ujung terjepit pada tanah kohesif	17
4. Gambar 2.3 Tiang panjang, ujung terjepit pada tanah kohesif	18
5. Gambar 2.4 Tiang panjang ujung terjepit pada tanah non kohesif	20
6. Gambar 2.5 Tiang panjang, ujung terjepit pada tanah non kohesif	21
7. Gambar 2.6 Macam sambungan pada tiang pancang	26
8. Gambar 3.1 Lapisan tanah	36
9. Gambar 3.2 Formasi kelompok tiang	40
10. Gambar 4.1 Diagram tekanan tanah	52
11. Gambar 4.2 Dukungan jepit sendi	53
12. Gambar 4.3 Diagram gaya batang dan momen lentur	55
13. Gambar 4.4 Penampang Las	63
14. Grafik 5.1 Hubungan daya dukung tiang tunggal dengan kekuatan satu tiang dalam kelompok	66
15. Grafik 5.2 Hubungan beban aktual, beban kritis dan beban ijin tiang	67
16. Grafik 5.3 Hubungan momen aktual dan momen ijin	68

DAFTAR TABEL

1. Tabel 2.1 Nilai koefisien (C_p)	14
2. Tabel 2.2 Tegangan ijin beton prategang	22
3. Tabel 2.3 Tegangan ijin pada bidang las efektif	32
4. Tabel 3.1 Hasil perhitungan daya dukung tiang tunggal	38
5. Tabel 3.2 Daya dukung kelompok tiang	39
6. Tabel 3.3 Distribusi gaya pada masing-masing tiang	42
7. Tabel 3.4 Penurunan tiang pancang tunggal dan kelompok	43
8. Tabel 3.5 Gaya dan momen terfaktor pada tiang pancang	46
9. Tabel 3.6 Hasil perhitungan tulangan	48
10. Tabel 3.7 Hasil perhitungan propertis penampang transformasi	49
11. Tabel 3.8 Hasil perhitungan kapasitas momen ijin	50
12. Tabel 4.1 Gaya geser dan momen akibat gaya lateral tanah	57
13. Tabel 4.2 Tebal pelat sambung baja pada penyambungan tiang type A ...	60
14. Tabel 4.3 Tebal pelat sambung baja pada penyambungan tiang type B ...	60
15. Tabel 4.4 Tebal pelat sambung baja pada penyambungan tiang type C ...	60
16. Tabel 4.5 Tebal sambungan las pada penyambungan tiang type A	63
17. Tabel 4.6 Tebal sambungan las pada penyambungan tiang type B	64
18. Tabel 4.7 Tebal sambungan las pada penyambungan tiang type C	65

DAFTAR NOTASI

Definisi	Lambang	Satuan
kapasitas dukung tiang tahanan ujung	Q_p	Kg, Ton
kapasitas dukung tiang selimut tiang	Q_s	Kg, Ton
nilai komus pada 8d diatas ujung tiang	q_{c1}	Kg/cm ²
nilai komus pada 0,7d – 4d di bawah ujung tiang	q_{c2}	Kg/cm ²
gesekan selimut	f_s	Kg/cm
diameter tiang	d	Cm, m
luas tampang ujung tiang	A_p	Cm ² , m ²
Angka keamanan,	SF	-
luas selimut tiang	A_s	Cm ² , m ²
Panjang tiang	L	Cm, m
Faktor reduksi yang tergantung kepada kedalaman dan nilai gesekan kulit	K	-
Harga N-SPT pada dasar tiang	N	-
Harga N-SPT rata-rata	N_r	-
Baris tiang	m	-
Deretan kolom tiang	n	-
Jarak antar tiang	s	Cm, m
Efisiensi kelompok tiang	E_g	-
Kohesi tanah undrained	C_u	Kg/cm ²
Koefisien distribusi gesekan selimut sepanjang tiang,	α	
panjang blok	H	Cm, m
lebar blok	B	Cm, m
panjang segmen tiang	ΔL	Cm, m
Penurunan total pondasi tiang tunggal	S	Cm
Penurunan akibat deformasi aksial tiang tunggal	S_s	Cm
Penurunan dari ujung tiang	S_p	Cm
Penurunan tiang akibat beban yang dialihkan sepanjang tiang	S_{ps}	Cm
Modulus elastis tiang	E_p	Kg/cm
Koefisien empiris	C_p	-
daya dukung batas ujung	q_p	Kg/cm ²
Penurunan kelompok tiang	S_g	Cm
inersia tiang	I	Cm ⁴ , m ⁴
modulus subgrade tanah	K	Kg/cm ²
gaya lateral ultimit	H_u	Kg, ton

Definisi	Lambang	Satuan
Lengan momen	I'	Cm, m
Kedalaman tanah yang diijinkan untuk menahan defleksi	f	Cm, m
Koefisien tanah pasif	K_p	-
Berat volume tanah	γ	T/m ³
Tegangan baja prategang efektif	f_{psc}	Mpa, T/m ²
Gaya prategang efektif	P_e	N
Tegangan pada seluruh penampang akibat gaya prategang efektif / Nilai prategang efektif	f_{pe}	Mpa, T/m ²
Luas bruto penampang	A_{br}	mm ²
luas penampang transformasi tiang	A_t	mm ²
Momen inersia penampang transformasi	I_t	mm ⁴
Jarak antara sumbu netral penampang terhadap serat terluar	C	mm
Kekuatan silinder beton	f'_c	Mpa, T/m ²
Tegangan tekan ijin	f_{ccu}	Mpa, T/m ²
luas penampang transformasi tiang	A_t	Mm ²
Beban konsentris	P	Kg, ton
Modulus elastis beton	E_p	Mpa, T/m ²
Faktor kekakuan relatif	R	-
Tegangan leleh baja	f_y	Mpa, T/m ²
Kuat tarik baja	f_u	Mpa, T/m ²
Tegangan ijin baja	F_b	Mpa, T/m ²
Panjang pelat baja	h	mm
Lebar pelat baja	b	mm
Tebal pelat baja	t	mm
Tebal efektif las	t_e	mm
Tegangan geser las	f_l	Mpa, T/m ²
Tegangan lentur las	f_2	Mpa, T/m ²
Resultan tegangan las	f_r	Mpa, T/m ²

INTISARI

Salah satu alternatif penggunaan pondasi untuk mencapai suatu kondisi tanah baik dengan daya dukung tinggi yang terletak pada kedalaman yang cukup dalam adalah pondasi tiang pancang. Tiang pancang yang digunakan tidak hanya terdiri satu tiang saja, tetapi lebih dari dua buah tiang sambung menjadi satu apabila tanah yang baik terletak pada kedalaman diatas 12 m . Hal ini dikarenakan keterbatasan panjang tiang yang dibuat dan faktor transportasi yang sulit.

Penyambungan tiang pancang dapat dilakukan dengan berbagai cara , salah satunya adalah dengan menggunakan las. Las yang digunakan untuk struktur bangunan memakai energi listrik sebagai sumber panas. Arus listrik dialirkan melalui batang elektroda pada batang yang akan disambung sehingga terjadi hubungan pendek yang mengakibatkan elektroda dan batang yang akan disambung meleleh bersama-sama menjadi satu. Kekuatan las yang digunakan minimal sama dengan kekuatan bahan dasar yang disambung didalam menahan gaya lateral tanah akibat tekanan tanah sepanjang tiang.

Untuk mendapatkan kekuatan sambungan tiang yang baik, diusahakan penyambungan dilakukan pada titik dimana resultan tegangan geser dan lentur akibat tekanan lateral tanah sepanjang tiang mempunyai harga yang kecil dan letak penyambungan tidak pada titik momen lentur maksimum karena pada titik ini merupakan daerah kritis terhadap tekuk .

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pondasi merupakan salah satu elemen utama dari struktur bangunan yang sangat penting. Pondasi berfungsi untuk menyalurkan atau mentransfer gaya-gaya yang bekerja pada struktur bangunan yang didukungnya ke lapisan tanah pendukung. Hal penting yang harus diperhatikan di dalam menganalisis dan merencanakan suatu sistem pondasi antara lain adalah sistem gaya yang bekerja, kapasitas dukung struktur pondasi terhadap gaya yang bekerja, maupun kapasitas dukung tanah untuk menahan gaya yang disalurkan oleh pondasi.

Karakteristik tanah dasar pondasi pada umumnya mempunyai berbagai macam variasi. Berbagai parameter yang mempengaruhi karakteristik tanah antara lain, jenis tanah yang berbeda-beda pada kedalaman tertentu. Pondasi tiang pancang merupakan salah satu alternatif pondasi yang sangat sesuai untuk tanah dimana tanah keras terdapat pada lapisan yang cukup dalam dari permukaan.

1.2 Permasalahan

Disebutkan diatas bahwa tanah keras yang mempunyai daya dukung yang baik terletak pada kedalaman yang cukup dalam, maka dalam pemakaian pondasi tiang dibutuhkan tiang pancang yang cukup panjang . Adapun penyediaan panjang tiang

pancang oleh pabrik dan kendala pengangkutan di darat, biasanya tiang pancang yang tersedia mempunyai panjang 6-12 m , sehingga dalam pelaksanaan di lapangan untuk pemasangan pondasi tiang yang membutuhkan panjang lebih dari 12 m perlu adanya penyambungan.

Masalah penyambungan tiang pancang kelihatannya sederhana, akan tetapi apabila semakin didalami dan diteliti akan merupakan satu rangkaian teknis struktur, segi-segi praktis dan tentu faktor ekonomis, sehingga dalam penyusunan tugas akhir ini, penyusun mencoba menganalisis perilaku yang terjadi pada sambungan tiang pancang .

1.3 Tujuan

Tujuan dalam rangka penyusunan tugas akhir analisis sambungan tiang pancang ini adalah:

1. menganalisis besarnya gaya-gaya yang bekerja pada pondasi tiang pancang,
2. menganalisis kekuatan sambungan tiang pancang .

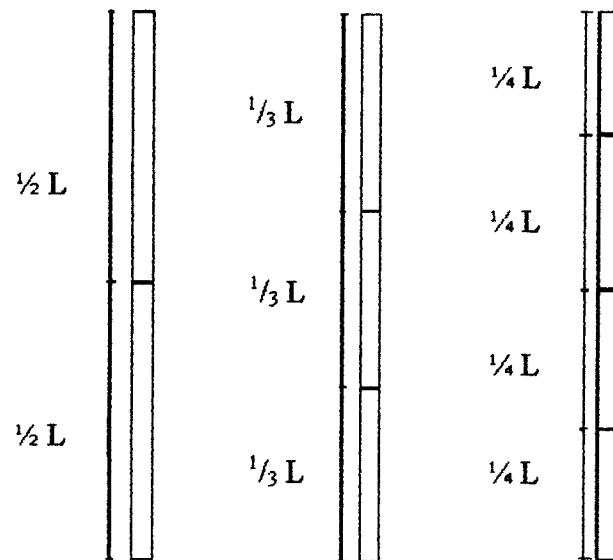
1.4 Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari penyusunan tugas akhir ini adalah bagaimana menganalisis kekuatan sambungan tiang pancang dalam menahan gaya-gaya yang bekerja pada titik yang ditinjau.

1.5 Batasan Masalah

Analisis sambungan tiang pancang beton prategang dalam rangka Tugas Akhir ini dibatasi oleh ketentuan-ketentuan sebagai berikut :

1. pembahasan ditujukan untuk menganalisis kekuatan sambungan tiang pancang ,
2. dimensi penampang berbentuk bulat berongga,
3. tiang pancang menggunakan beton prategang .
4. penyambungan dengan menggunakan bahan baja pelat, dan sambungan pelat digunakan las
5. formasi sambungan dibagi menjadi 3 macam yaitu tiang pancang dengan 1 sambungan, tiang pancang dengan 2 sambungan, dan tiang pancang dengan 3 buah sambungan (Gb. 1.1),



(a) satu sambungan (b) dua sambungan (c) tiga sambungan

Gambar 1.1 Formasi Sambungan

6. kapasitas daya dukung tanah berdasarkan daya dukung tahanan ujung bawah pondasi (“point bearing pile”) dan gesekan tanah (“friction pile”),

7. penurunan tiang yang terjadi adalah penurunan seketika,
8. tiang pancang dianggap terbenam seluruhnya didalam tanah,
9. faktor gempa diabaikan,
10. momen yang bekerja pada "poer" yang ditinjau adalah momen yang timbul akibat formasi tiang pancang,
11. gaya-gaya yang bekerja berupa gaya aksial, momen, dan gaya lateral,
12. gaya horisontal yang diperhitungkan hanya sebatas tekanan lateral tanah sepanjang tiang

1.6 Metodologi Penelitian

Definisi metodologi penelitian adalah suatu metode untuk membantu atau memandu peneliti tentang urutan-urutan bagaimana penelitian dilakukan. (Moh. Nazir, Ph.d, 1983)

Mengacu kepada istilah diatas maka secara garis besar analisis yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Mengumpulkan buku referensi dan ditelaah
2. Mengumpulkan data tanah dan tiang pancang
3. Menentukan diameter tiang
4. Menentukan kedalaman tiang pancang dari hasil sondir.
5. Menentukan kapasitas daya dukung tiang "end bearing" dan "friction piles"
6. Memperhitungkan penurunan tiang

7. Menganalisis gaya lateral dan momen maksimum akibat tekanan tanah kesamping terhadap tiang
8. Menganalisis pelat sambung,
9. Menganalisis sambungan las pada tiang pancang.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Umum

Tiang pancang adalah bagian-bagian konstruksi yang dibuat dari kayu, beton, dan baja, yang digunakan untuk meneruskan beban-beban permukaan ke tingkat-tingkat permukaan yang lebih rendah dalam massa tanah. Hal ini merupakan distribusi vertikal dari beban sepanjang poros tiang pancang atau pemakaian beban secara langsung terhadap lapisan yang lebih rendah melalui ujung tiang pancang. Distribusi muatan vertikal melalui sebuah gesekan, atau tiang pancang apung, sedangkan pemakaian beban secara langsung dibuat oleh sebuah titik ujung, atau tiang pancang dukung ujung. (Bowles,1986).

Menurut K. Basah Suryolelono (1994), secara umum pondasi tiang digunakan bila dijumpai kedalaman dan kondisi sebagai berikut:

- a. bila dijumpai kondisi tanah dasar pondasi merupakan tanah baik atau tanah dengan kuat dukung tinggi terletak pada kedalaman cukup dalam ($D/B \geq 10$) sedangkan tanah yang terletak di atas tanah baik kurang mampu mendukung beban yang bekerja atau merupakan tanah lunak,

- b. dasar pondasi sering mengalami erosi akibat gerusan air, misal pada pondasi pilar jembatan sehingga dasar pondasi perlu ditempatkan lebih dalam dari pengaruh gerusan paling dalam,
- c. jika suatu konstruksi menerima beban horisontal maupun tarik yang cukup besar. Untuk mengimbangi beban tersebut dapat diatasi dengan konstruksi pondasi tiang, misalnya konstruksi dermaga, pemecah gelombang, tanggul pelabuhan dan sebagainya,

2.2 Jenis Pondasi Tiang Pancang

Berbagai tipe pondasi tiang yang digunakan dalam konstruksi pondasi sangat tergantung pada beban yang bekerja pada pondasi tersebut selain tersedianya bahan yang ada, juga cara-cara pelaksanaan pemancangannya. Jenis pondasi tiang dapat dibedakan terhadap cara tiang meneruskan beban yang diterima ke tanah dasar, yaitu :

- a. “ Point Bearing Pile/ End Bearing Pile “, yaitu bila ujung tiang mencapai tanah keras atau tanah baik dengan kuat dukung tinggi, maka seluruh beban yang dipikul oleh tiang akan diteruskan ke tanah dasar melalui ujung tiang.
- b. “ Friction Pile “, yaitu bila tiang dipancang pada tanah berbutir dengan nilai kuat gesek tinggi (jenis tanah pasir), maka beban yang diterima oleh tiang akan ditahan berdasarkan gesekan antara tiang dengan tanah sekeliling tiang.
- c. “ Cohesion Pile “, yaitu bila tiang dipancang pada tanah berbutir halus atau tanah lunak yang mempunyai nilai kohesi cukup tinggi (jenis lempung), maka beban yang akan diterima oleh tiang akan ditahan oleh pelekatan antara tiang dengan tanah sekeliling dan permukaan tiang. (K. Basah Suryolelono, 1994)

Pada kenyataan di lapangan, tanah sangat heterogen dan pada umumnya merupakan kombinasi dari ketiga hal tersebut. Keadaan ini disebabkan karena tanah merupakan kombinasi antara tanah berbutir kasar, tanah berbutir halus, dan tanah yang kompak, sehingga cara tiang meneruskan beban ke tanah dasar pondasi merupakan kombinasinya.

2.3 Kapasitas Dukung Tiang

Kapasitas dukung tiang pancang dihitung dengan berdasarkan pengujian di lapangan dan pengujian di laboratorium. Pengujian di lapangan meliputi pekerjaan sondir dan pengeboran dengan dilakukan pekerjaan SPT ("Standard Penetration Test"). Sedangkan pengujian di laboratorium meliputi penyelidikan sifat-sifat fisik dan mekanik tanah.

2.3.1 Berdasarkan hasil sondir (CPT)

Menurut Schmertmann dan Nottingham (1975), perhitungan daya dukung ujung tiang diambil dari nilai rata-rata perlawanan ujung sondir 8d diatas ujung dan 0,7d – 4d dibawah ujung tiang.

$$q_c = \frac{q_{c1} + q_{c2}}{2} \dots\dots\dots (2.1)$$

$$Q_p = \frac{1/4 \pi \cdot d^2 \cdot q_c}{SF1} \dots\dots\dots (2.2)$$

dimana :

Q_p = kapasitas dukung tiang terhadap tahanan ujung (Ton)

q_{c1} = nilai konus pada 8d diatas ujung tiang (Kg/cm²)

q_{c2} = nilai konus pada $0,7d - 4d$ di bawah ujung tiang (Kg/cm^2)

d = diameter tiang (cm)

A_p = luas tampang ujung tiang (cm^2)

SF1 = angka keamanan, SF = 3

Selanjutnya daya dukung selimut tiang menurut Schmertmann-Nottingham (1975)

dihitung berdasar persamaan sebagai berikut :

$$Q_s = \frac{O \cdot t_f}{SF_2} \dots\dots\dots (2.3)$$

dimana :

Q_s = kapasitas dukung tiang terhadap gesekan selimut tiang (Ton)

t_f = tahanan gesek total (Kg/cm)

O = keliling tiang (cm)

2.3.2 Berdasarkan uji SPT ("Standard Penetration Test")

Besarnya nilai kapasitas dukung tiang berdasarkan hasil uji SPT menurut

Mayerhof (1976) adalah sebagai berikut :

$$Q_u = 40 \cdot N \cdot A_p + 0,2 \cdot N_r \cdot A_s \dots\dots\dots (2.4)$$

dimana :

N = harga N-SPT pada dasar tiang

A_p = luas penampang dasar (cm^2)

N_r = harga N-SPT rata-rata

A_s = luas selimut tiang (cm^2)

2.4 Daya Dukung Kelompok Tiang

Beban kolom atau beban struktur yang besar, tidak hanya cukup didukung oleh kekuatan satu tiang saja tetapi diperlukan gabungan dari beberapa tiang. Kelompok tiang digunakan apabila terjadi kondisi sebagai berikut :

- Bila tiang tunggal tidak mempunyai kapasitas yang cukup untuk menahan beban kolom.
- Pemancangan tiang dapat meleset dari posisinya yang mengakibatkan terjadinya eksentrisitas terhadap pusat beban dari kolom dan menimbulkan momen-momen tambahan. Bila kolom dipikul oleh kelompok tiang maka pengaruh eksentrisitas dapat berkurang banyak.
- Kegagalan dari sebuah tiang dapat diatasi oleh adanya tiang yang lain.

2.4.1 Daya dukung kelompok tiang pada tanah pasir

Pondasi tiang yang berada di atas lapisan pasir padat biasanya merupakan tiang tahanan ujung. "Overlapping" tegangan yang terjadi akan memperbesar tegangan keliling di sekitar tiang. Hal ini sangat menguntungkan untuk pondasi tersebut karena daya dukungnya akan meningkat.

Jarak minimum antar tiang adalah sebesar 2 kali diameter sedangkan jarak optimal antar tiang adalah 2,5 – 3,0 kali diameter.

Efisiensi kelompok tiang pada tanah pasir (E_g), berdasarkan rumus Converse – Labarre :

$$E_g = 1 - \left[\frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 \cdot m \cdot n} \right] \cdot \theta \quad \dots \dots \dots (2.5)$$

dengan :

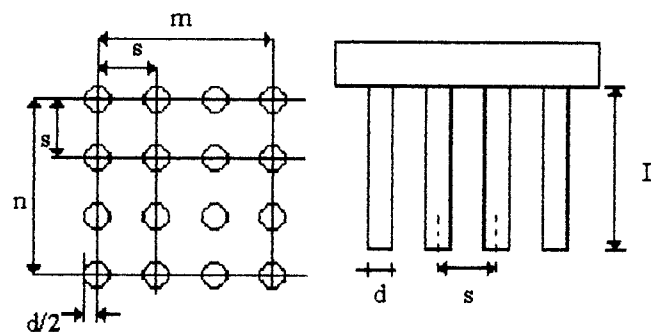
- m = jumlah tiang pada deretan baris
- n = jumlah tiang pada deretan kolom
- $\theta = \text{arc tan} (d/s)$
- s = jarak antar tiang ($2d$ s/ d $3d$)
- d = diameter atau sisi tiang (cm)

Daya dukung kelompok tiang pada tanah pasir (Q_u) :

$$Q_u = E_g (Q_p + Q_s) \dots\dots\dots (2.6)$$

dengan :

- E_g = efisiensi kelompok tiang
- Q_p = kapasitas tahanan ujung tiang (Ton)
- Q_s = kapasitas selimut tiang (Ton)



Gambar 2.1 Efisiensi Kelompok Tiang

2.4.2 Daya dukung kelompok tiang pada tanah lempung

Daya dukung kelompok tiang pada tanah lempung dihitung berdasarkan persamaan-persamaan sebagai berikut :

a. Jumlah total kapasitas kelompok tiang

$$\begin{aligned}\Sigma Q_u &= m \cdot n (Q_p + Q_s) \\ &= m \cdot n (9 \cdot C_u + \alpha \cdot C_u \cdot o \cdot \Delta L) \dots\dots\dots (2.7)\end{aligned}$$

dimana :

m = jumlah tiang dalam deretan baris

n = jumlah tiang dalam deretan kolom

C_u = kohesi tanah undrained

α = koefisien distribusi gesekan selimut sepanjang tiang,

b. Daya dukung blok berukuran B x H x L

$$Q_u = B \cdot H \cdot 9C_u + \Sigma 2 (B \cdot H) \cdot C_u \cdot \Delta L \dots\dots\dots (2.8)$$

dimana :

H = panjang blok

B = lebar blok

ΔL = panjang segmen tiang

Besarnya daya dukung kelompok tiang diambil nilai terkecil dari kedua persamaan di atas.

2.5 Penurunan Tiang Tunggal

Menurut Vesic (1977) , penurunan pondasi tiang tunggal dapat dihitung sebagai berikut :

$$S = S_s + S_p + S_{ps} \dots\dots\dots (2.9)$$

dengan :

S = penurunan total pondasi tiang tunggal (cm)

S_s = penurunan akibat deformasi aksial tiang tunggal (cm)

S_p = penurunan dari ujung tiang (cm)

S_{ps} = penurunan tiang akibat beban yang dialihkan sepanjang tiang (cm)

Penurunan akibat deformasi aksial tiang (S_s) adalah

$$S_s = \frac{(Q_p + \alpha Q_s) L}{A_p \cdot E_p} \dots\dots\dots (2.10)$$

dengan :

Q_p = beban yang didukung ujung tiang (Ton)

Q_s = beban yang didukung selimut tiang (Ton)

α = koefisien yang tergantung pada distribusi gesekan selimut sepanjang tiang, $\alpha = 0,5$ untuk distribusi gesekan seragam dan $\alpha = 0,33$ untuk distribusi segitiga

A_p = luas penampang tiang (cm^2)

E_p = modulus elastis tiang (Kg/cm^2)

Penurunan dari ujung tiang (S_p) adalah

$$S_p = \frac{C_p \cdot Q_p}{d \cdot q_p} \dots\dots\dots (2.11)$$

dengan :

C_p = koefisien empiris (lihat tabel 2.1)

Q_p = perlawanan ujung di bawah beban kerja (Ton)

q_p = daya dukung batas ujung (Kg/cm^2)

d = diameter tiang (cm)

Tabel 2.1 Nilai Koefisien C_p

Jenis Tanah	Tiang Pancang	Tiang Bor
Pasir	0,02 – 0,04	0,09 – 0,18
Lempung	0,02 – 0,03	0,03 – 0,06
Lanau (Silt)	0,03 – 0,05	0,09 – 0,12

Sumber : Vesic (1977)

Penurunan akibat pengalihan beban sepanjang tiang dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$S_{ps} = \frac{C_s \cdot Q_s}{L \cdot q_p} \dots\dots\dots (2.12)$$

dengan :

$$C_s = [0,93 + 0,16 \sqrt{(L/d)}] \cdot C_p$$

Q_s = beban yang didukung selimut tiang (Ton)

L = panjang tiang (m)

d = diameter tiang (cm)

2.6 Penurunan Kelompok Tiang

Penurunan kelompok tiang umumnya lebih besar daripada pondasi tiang tunggal karena pengaruh tegangan pada daerah yang lebih luas dan lebih dalam. Vesic (1977) memberikan persamaan penurunan kelompok tiang sebagai berikut :

$$S_g = S \sqrt{\frac{B_g}{d}} \dots\dots\dots (2.13)$$

dengan :

S = penurunan tiang tunggal (cm)

S_g = penurunan kelompok tiang (cm)

B_g = lebar kelompok tiang (cm)

d = diameter tiang tunggal (cm)

2.7 Tiang Dengan Beban Lateral

Beban lateral dan momen dapat bekerja pada pondasi tiang akibat gaya gempa, gaya angin pada struktur atas, beban statik seperti misalnya tekanan tanah aktif pada "abutment" jembatan atau pada "soldier pile", tumbukan kapal dan lainnya.

Beban lateral yang diijinkan pada pondasi tiang diperoleh berdasarkan salah satu dari 2 kriteria :

- beban lateral ijin ditentukan dengan membagi beban ultimit dengan suatu faktor keamanan.
- Beban lateral ditentukan berdasarkan defleksi maksimum yang diijinkan.

2.7.1 Penentuan tiang pendek dan panjang

Kriteria penentuan tiang pendek dan tiang panjang didasarkan pada kekakuan relatif antara pondasi tiang dengan tanah.

Pada tanah lempung "over consolidated", digunakan faktor kekakuan R untuk menentukan tiang pendek dan panjang

$$R = \sqrt[4]{\frac{EI}{Kd}} \dots\dots\dots (2.14)$$

Sedangkan pada tanah lempung terkonsolidasi normal dan tanah berbutir kasar, digunakan :

$$T = \sqrt[5]{\frac{EI}{\eta_h}} \dots\dots\dots (2.15)$$

dengan :

E = modulus tiang

I = inersia tiang

η_h = modulus variasi

K = modulus subgrade tanah, $K = k_s / 1,5$

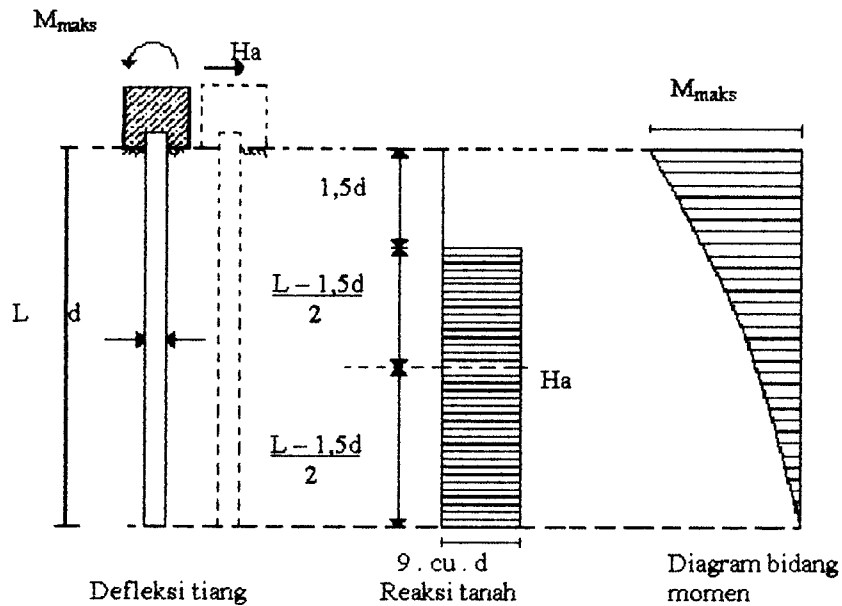
$k_s = 67 C_v/d$

d = diameter tiang

2.7.2 Tiang pada tanah kohesif

Jika tiang dipancang pada tanah kohesif, maka perlawanan ultimit tanah bertambah dari permukaan sebesar 2 cu menjadi 8 –12 cu pada kedalaman sekitar 3d di bawah permukaan tanah. Dalam hal ini cu adalah tegangan geser tanpa drainasi dan d adalah diameter tiang. Broms beranggapan bahwa penyederhanaan distribusi perlawanan tanah adalah nol pada permukaan tanah sampai pada kedalaman 1,5 d dari permukaan tanah, serta memiliki nilai konstan sebesar 9 cu pada kedalaman berikutnya. Dengan anggapan tersebut, diharapkan akan menimbulkan reaksi yang akan menahan gaya-gaya yang dapat menimbulkan kerusakan struktur tanah pada daerah kritis. Perhitungan selanjutnya adalah membedakan jenis tiang pendek dan tiang panjang.

a. Tiang pendek ($L/T \leq 2$ dan $L/R \leq 2$)



Gambar 2.2 Tiang pendek, ujung terjepit pada tanah kohesif
(Sumber : Poulos, 1987)

Akibat gaya horisontal (H_a) tiang seakan-akan tergeser ke samping, sedangkan kondisi tiang adalah seimbang (stabil) maka timbul momen untuk mengembalikan ke posisi tersebut.

$$H_a = 9 \cdot c_u \cdot d (L - 1,5d) \dots\dots\dots (2.16)$$

$$M_{maks} = H_a \cdot (I') \Rightarrow I' = 0,5 \cdot L + 0,75 \cdot d \dots\dots\dots (2.17)$$

$$M_{maks} = 4,5 \cdot c_u \cdot d \cdot (L^2 - 2,25 \cdot d^2) \dots\dots\dots (2.18)$$

dengan :

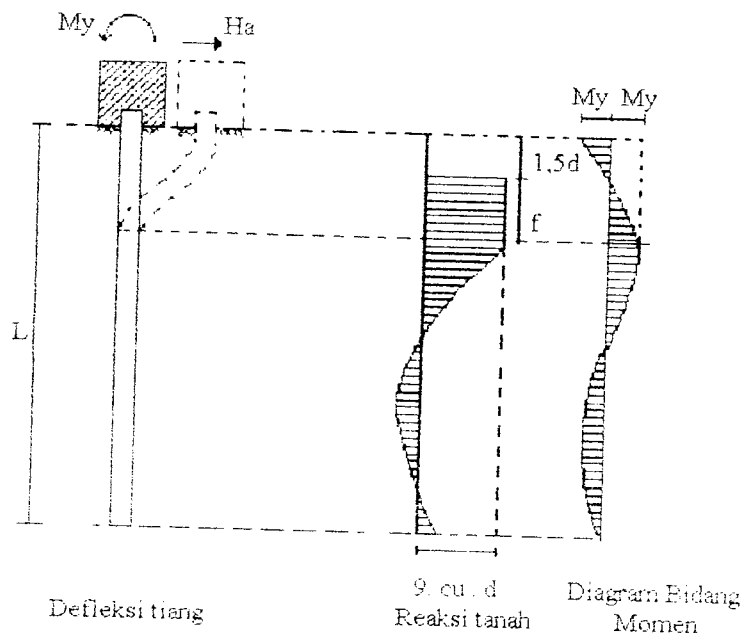
H_a = gaya lateral ultimit (ton)

M_{maks} = momen maksimal pada puncak tiang (ton.m)

I' = lengan momen (m)

- d = diameter tiang (m)
- cu = tegangan geser tanpa drainasi (t/m^2)
- L = panjang tiang

b. Tiang panjang ($L/T \geq 4$ dan $L/R \geq 3.5$)



Gambar 2.3 Tiang panjang, ujung terjepit pada tanah kohesif (Sumber : Poulos, 1987)

Pada jenis tiang ini, panjang seluruh tiang tidak mengalami defleksi seperti tiang pendek. Defleksi terjadi hanya sepanjang $(f + 1,5d)$ dan M_y sebagai momen puncak yang terjadi pada ujung tiang.

$$H_a = \frac{2 M_y}{(1,5 d + 0,5 \cdot f)} \dots\dots\dots (2.19)$$

$$f = \frac{H_a}{9 \cdot cu \cdot d} \dots\dots\dots (2.20)$$

dengan :

f = kedalaman tanah yang diijinkan untuk menahan defleksi

Jika kedua persamaan tersebut disubstitusikan, maka nilai H_a dicari dengan cara "trial and error".

2.7.3 Tiang pada tanah non kohesif

Berdasarkan analisis yang dilakukan Broms (1964) untuk jenis tanah non kohesif digunakan anggapan-anggapan sebagai berikut :

1. tekanan tanah aktif yang bekerja pada tiang (di belakang tiang diabaikan),
2. distribusi tekanan tanah pasif sepanjang bidang tiang bagian depan (p_u) adalah sama dengan 3 kali besarnya tekanan tanah menurut teori Rankine (σ_v' , K_p , dengan σ_v' = tekanan tanah efektif, K_p = koefisien tanah pasif). Asumsi ini didasarkan pada batas empiris dari perbandingan antara beban ultimit yang diperkirakan dengan beban ultimit dari hasil observasi lapangan yang dilakukan oleh Broms(1964), sehingga diambil rasio perbandingan sebesar 3,
3. Bentuk tampang tiang tidak mempengaruhi distribusi tekanan tanah ultimit atau perlawanan tanah lateral ultimit.

Untuk perhitungannya, dibedakan berdasarkan ukuran panjang tiang seperti pada perhitungan untuk jenis tanah non kohesif.

a. Tiang panjang

Untuk menentukan besarnya reaksi akibat gaya lateral, digunakan rumus sebagai berikut

$$H_a = 1,5 \cdot \gamma \cdot t^2 \cdot d \cdot K_p \dots\dots\dots (2.21)$$

$$f = 0,82 \frac{\sqrt{H_a}}{\gamma \cdot d \cdot K_p} \quad (2.22)$$

$$2 M_y = H_a (e + 2/3 f) \quad (2.23)$$

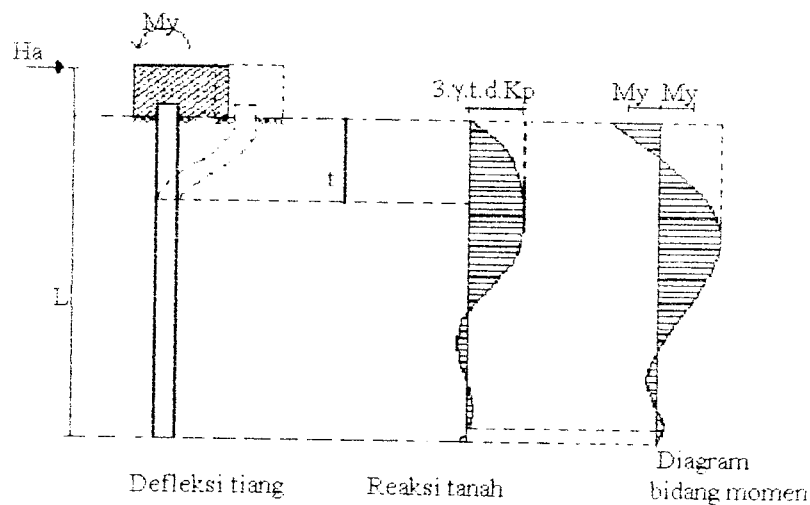
$$H_a = \frac{2 M}{e + 0,55 \sqrt{\frac{H_a}{\gamma \cdot d \cdot K_p}}} \quad (2.24)$$

dengan :

M_y = momen pada puncak pondasi tiang

K_p = koefisien tanah pasif

γ = berat jenis tanah



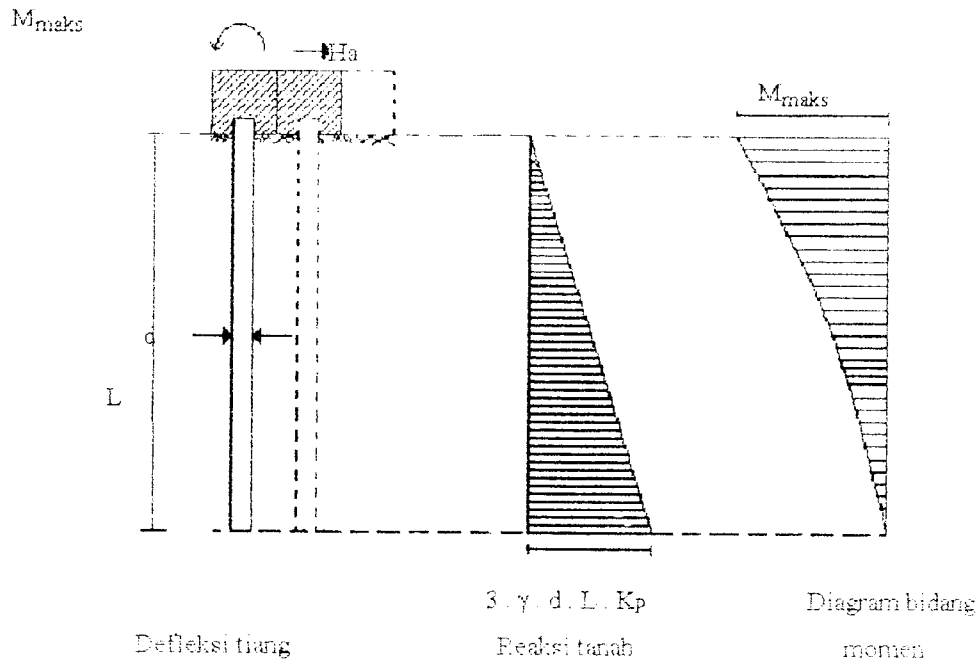
Gambar 2.4 Tiang panjang, ujung terjepit pada tanah non kohesif
(Sumber : Poulus,1987)

b. Tiang pendek

Pada keadaan stabil : $\Sigma H = 0$ dan $\Sigma M = 0$

diperoleh $H_a = 1,5 \cdot \gamma \cdot L^2 \cdot d \cdot K_p \quad (2.25)$

$$M_{maks} = \frac{2}{3} \cdot H_a \cdot L \quad \dots\dots\dots (2.26)$$



Gambar 2.5 Tiang pendek, ujung terjepit pada tanah non kohesif
(Sumber : Poulos, 1987)

2.8 Perencanaan tiang pancang beton prategang

Pertimbangan utama dalam desain pondasi tiang pancang beton prategang adalah tegangan-tegangan yang timbul selama penanganan dan pemancangan yang sifatnya sementara, dan tegangan-tegangan yang disebabkan oleh beban permanen (beban hidup dan beban mati), dan beban tidak tetap seperti angin, gempa bumi dan lain-lainnya.

Tegangan-tegangan yang diijinkan pada beton dan baja untuk kondisi beban yang berlainan ditetapkan oleh komite PCI ("Prestressed Concrete Institute") pada pemancangan tiang beton prategang disusun dalam tabel 2.2.

Tabel 2.2 Tegangan ijin beton dan baja

Tegangan Beton		
1.	Tekanan aksial merata untuk tiang pancang yang tertanam penuh dalam tanah yang memberikan dukungan lateral	$0,33 f'_c - 0,27 f_{pu}$
2.	Tarikan aksial merata : - Permanen dan berulang - Tidak tetap	0 $0,5 (f'_c)^{1/2}$
3.	Tekanan akibat lenturan : - Normal - Pekerjaan di laut dan jembatan	$0,45 f'_c$ $0,40 f'_c$
4.	Tarikan akibat lenturan : - Permanen dan berulang - Tidak tetap	$0,34 (f'_c)^{1/2}$ atau nol dilingkungan mudah berkarat $0,5 (f'_c)^{1/2}$
6.	Prategang efektif - Untuk tiang pancang 12 – 52 m - Untuk tiang pancang > 12 m	4,9 – 8,4 N/mm 2,8 – 4,9 N/mm
Tegangan Baja		
1.	Tegangan sementara : - Akibat gaya dongkrak sementara, tetapi tidak lebih besar dari nilai maksimum yang direkomendasikan oleh produsen baja - Tendon pratarik segera setelah transfer atau tendon pascatarik segera setelah pengangkatan. - Tarikan akibat beban tak tetap	$0,8 f_{pu}$ $0,70 f_{pu}$ Beton yang menentukan
2.	Prategang efektif	$0,60 f_{pu}$ atau $0,8 f_{py}$ (diambil yang terkecil)
3.	Baja prategang yang tak ditegangkan	$0,5 f_{py}$ (maksimum 210 N/mm)

Sumber : N. Khrisna Raju (1989)

2.8.1 Luas baja prategang

Luas baja prategang (A_{ps}) yang diperlukan, dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut,

$$A_{ps} = \frac{P_e}{f_{pre}} \quad \dots\dots\dots (2.27)$$

dengan :

f_{pre} = tegangan baja prategang efektif (Mpa)

P_e = gaya prategang efektif (N)

$$= f_{pe} \cdot A_c$$

f_{pe} = tegangan pada seluruh penampang akibat gaya prategang efektif / Nilai prategang efektif (Mpa)

A_{br} = Luas bruto penampang (mm^2)

Hal lain yang perlu diperhatikan adalah merencanakan jumlah tulangan prategang adalah batas minimal dari nilai prategang efektif (f_{pe}), sehingga gaya prategang yang memenuhi persyaratan adalah,

$$P_{e \text{ min}} = f_{pe \text{ min}} \cdot A_{br} \quad \dots\dots\dots (2.28)$$

dan luas baja prategang yang diperlukan adalah,

$$A_{ps \text{ perlu}} = \frac{P_{e \text{ min}}}{f_{pre}} = \frac{f_{pe \text{ min}} \cdot A_{br}}{f_{pre}} \quad \dots\dots\dots (2.29)$$

Selain ketentuan diatas, Gerwick (1971) menganjurkan suatu luasan baja prategang minimum yang tidak kurang dari 0,5% penampang bruto berdasarkan teori dan pengalaman, maka

$$A_{ps \text{ min}} = 0,005 A_{br} \quad \dots\dots\dots (2.30)$$

2.8.2 Kapasitas tiang pancang beton prategang

Jika kekuatan silinder beton adalah f_c , maka kekuatan batas beton pada tiang pancang secara aman dapat diambil sebesar $0,85 \cdot f_c$. Pada beban batas, besar gaya prategang yang tinggal dalam tendon adalah sekitar 60% dari gaya prategang efektif. Kekuatan batas dapat dihitung dengan rumus:

$$P_u = (0,85 \cdot f_c - 0,6 \cdot f_{pe}) \cdot A_{br} \quad \dots\dots\dots (2.31)$$

Standar-standar yang ditetapkan oleh "Prestressed Concrete Institute" menyatakan bahwa tekan maksimum (P) yang diijinkan pada tiang pancang beton prategang tidak boleh melebihi nilai kapasitas dukung aksial sebagai berikut

$$P = (0,33 \cdot f_c - 0,27 \cdot f_{pe}) \cdot A_{br} \quad \dots\dots\dots (2.32)$$

sehingga didapat suatu faktor keamanan sebesar,

$$SF = \frac{P_u}{P} \quad \dots\dots\dots (2.33)$$

Momen yang diijinkan pada penampang tiang pancang beton prategang didapat dengan cara meninjau tegangan yang terjadi akibat gaya prategang efektif, maupun akibat momen yang terjadi saat pengangkatan.

$$M = (f_{cu} + f_{pe}) \frac{I_c}{C} \quad \dots\dots\dots (2.34)$$

Kombinasi antara beban aksial dan momen yang diijinkan pada penampang tiang pancang beton prategang bisa didapat dengan cara meninjau tegangan yang terjadi akibat gaya prategang yang efektif, beban konsentris (P), ataupun akibat momen

eksternal (M), maka tegangan pada serat terluar penampang dapat dihitung dengan cara elastis sehingga didapat rumus

$$f_c = f_{pe} - \frac{P}{A_t} \pm \frac{M \cdot C}{I_t} \quad \dots\dots\dots (2.35)$$

Dengan:

f_{pe} = tegangan beton prategang efektif persatuan luas penampang (N/mm² atau Mpa)

A_t = luas penampang transformasi tiang (mm²)

I_t = momen inersia penampang transformasi (mm⁴)

C = jarak antara sumbu netral penampang terhadap serat terluar (mm)

Tegangan yang terjadi tersebut harus lebih kecil daripada tegangan tekan ijin (f_{ccu}) = 0,45 . f_c , maupun tegangan tarik ijin (f_{ctu})= 0,34 . $\sqrt{f_c}$, sehingga momen batas (M) dapat ditentukan.

1. Untuk serat tarik

$$f_c < f_{ctu}$$

$$M < (f_{ctu} + f_{pe} + \frac{P}{A_t}) \cdot \frac{I_t}{C} \quad \dots\dots\dots (2.36)$$

2. Untuk serat tekan

$$f_c < f_{ccu}$$



$$M < (f_{ccu} - f_{pe} - \frac{P}{A_t}) \frac{I_t}{C} \quad \dots\dots\dots (2.37)$$

dengan :

f_c = kekuatan silinder beton (Mpa)

f_{ccu} = tegangan tekan ijin (Mpa)

f_{ctu} = tegangan tarik ijin (Mpa)

f_{pe} = tegangan beton prategang efektif persatuan luas penampang (N/mm²
atau Mpa)

A_t = luas penampang transformasi tiang (mm²)

I_t = momen inersia penampang transformasi (mm⁴)

C = jarak antara sumbu netral penampang terhadap serat terluar (mm)

P = beban konsentris (Ton)

Untuk momen ijin dipakai hasil yang terkecil diantara kedua momen diatas.

2.9 Penyambungan Tiang Pancang

Tiang pracetak atau tiang yang dibuat di pabrik memerlukan penyambungan di lapangan, bila panjangnya lebih dari 12 m. Hal ini dikarenakan akibat bermacam-macam keterbatasan dalam proses pembuatan di pabrik, maupun dalam masalah pengangkutan di darat.

Menurut Suyono Sosrodarsono (1983), penyambungan tiang pancang di lapangan dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

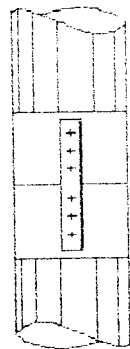
1. sambungan dengan paku keling,

2. sambungan dengan las titik,
3. sambungan dengan baut,
4. sambungan dengan las luner.

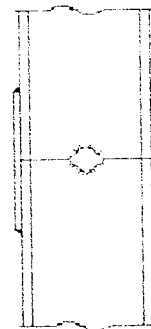
Bruce dan Hebert (1974) memberikan beberapa macam jenis sambungan yang berkembang dan dipergunakan di beberapa negara, antara lain

1. las ("welded"),
2. baut ("bolted"),
3. mekanikal ("locking"),
4. ring penghubung ("ring conector"),
5. baji ("wedge"),
6. klep ("sleeve"),
7. pasak ("dowel"),
8. "posttensioned".

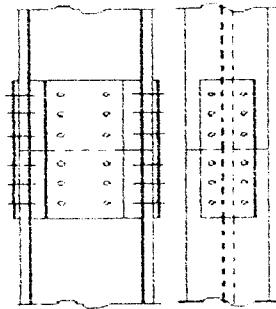
Berikut ini adalah gambar jenis-jenis sambungan tiang pancang :



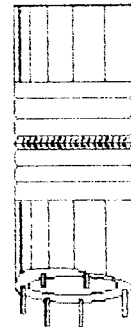
(a) Sambungan paku keling
(K.Basah Suryolelono, 1994)



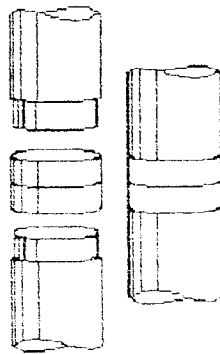
(b) Sambungan las
(Bowles, 1986)



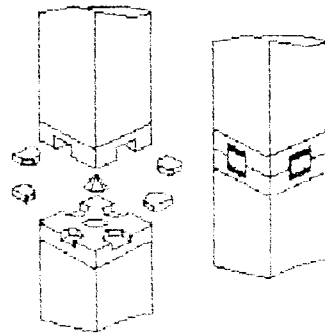
(c) Sambungan baut
(Bowles, 1986)



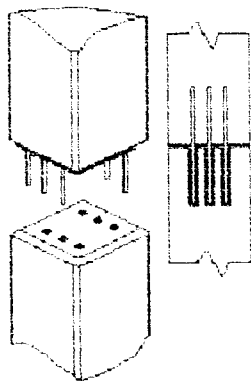
(d) Sambungan las
(Prakash-Sharma, 1990)



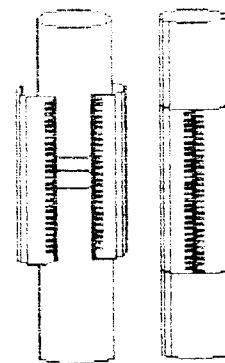
(e) Conector ring
(Prakash-Sharma, 1990)



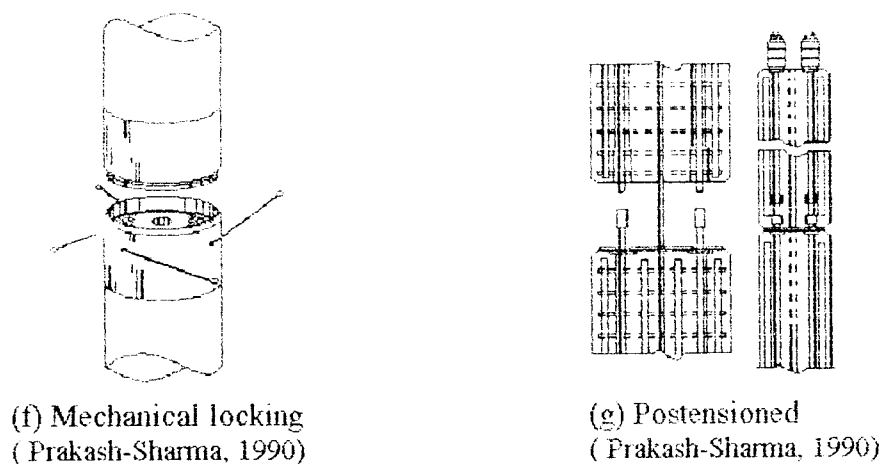
(f) Sambungan baji
(Prakash-Sharma, 1990)



(g) Sambungan pasak
(Prakash-Sharma, 1990)



(h) Sambungan klep
(Prakash-Sharma, 1990)



Gambar 2.6 Macam sambungan tiang pancang

2.10 Las

Jenis pengelasan yang paling umum digunakan dalam pekerjaan konstruksi adalah dengan menggunakan elektroda las. Menurut Welding Handbook (1976) proses pengelasan adalah proses penyambungan bahan yang menghasilkan peleburan bahan dengan memanasi hingga suhu yang tepat dengan atau tanpa pemberian tekanan dan dengan atau tanpa pemakaian bahan pengisi. Proses pengelasan yang umum, terutama untuk mengelas baja struktural, memakai energi listrik sebagai sumber panas adalah busur listrik. Arus listrik dialirkan melalui batang elektroda pada batang yang akan disambung, karena hubungan pendek yang terjadi mengakibatkan elektroda dan batang yang akan disambung meleleh bersama-sama menjadi menyatu.

Keuntungan sambungan las antara lain:

1. Sambungan ini lebih bersih tampaknya sehingga memberi kesan lebih sederhana dibanding dengan menggunakan baut.
2. Memberikan keleluasaan kepada perencana untuk memilih penampang bentukan dikarenakan sambungan las lebih mudah diterapkan
3. Tidak memerlukan lubang pada batang kecuali untuk tujuan pemasangan karena lubang akan membatasi perencanaan batang tarik
4. Menghasilkan batang dengan penampang lintang yang kecil
5. Sambungan las juga dapat mengurangi biaya konstruksi di lapangan, karena batang-batang dapat disesuaikan untuk menanggulangi kesalahan yang kecil dalam fabrikasi atau pemasangan.

2.10.1 Jenis Las

Jenis las yang biasa digunakan terdiri dari empat jenis yaitu las tumpul, sudut, biji (slot), dan pasak (plug). Secara kasar, persentase pemakaian keempat jenis tersebut untuk konstruksi las adalah sebagai berikut : las tumpul, 15%; las susut, 80%; dan sisanya 5% terdiri dari las baji, las pasak dan las khusus lainnya.

a. Las tumpul

Las tumpul ("groove weld") terutama dipakai untuk menyambung batang struktural yang bertemu dalam satu bidang, karena las tumpul biasanya ditujukan untuk menyalurkan semua beban batang yang disambungnya, las ini harus memiliki kekuatan yang sama seperti potongan yang disambungnya. Las tumpul seperti ini disebut las tumpul penetrasi sempurna. Bila sambungan direncanakan sedemikian rupa sehingga las

tumpul tidak diberikan sepanjang ketebalan potongan yang disambung, maka las ini disebut las tumpul penetrasi parsial.

b. Las sudut

Las sudut ("fillet weld") bersifat ekonomis secara keseluruhan, mudah dibuat, dan mampu beradaptasi, serta merupakan jenis yang paling banyak dipakai dibandingkan dengan jenis las dasar yang lain. Las sudut memerlukan sedikit presisi dalam pemasangan karena potongannya saling bertumpang ("overlap"), sedang las tumpul perlu kesejajaran yang tepat dan alur tertentu antara potongan. Las sudut menguntungkan untuk pengelasan di lapangan dan untuk menyesuaikan kembali batang atau sambungan yang difabrikasi dengan toleransi tertentu tapi tidak cocok dengan yang dikehendaki.

c. Las baji dan pasak

Manfaat utama las baji dan pasak adalah menyalurkan gaya geser pada sambungan lewatan bila ukuran sambungan membatasi panjang yang tersedia untuk las sudut atau las sisi lainnya. Selain itu juga berguna untuk mencegah terjadinya tekuk pada bagian yang saling bertumpang.

2.10.2 Tegangan ijin

Tegangan ijin untuk las tumpul penetrasi sempurna sama dengan tegangan ijin bahan dasar, tetapi logam las sepadan harus dipakai untuk yang mengalami tarikan, sedangkan untuk tekanan dapat dipakai kekuatan yang lebih rendah. American Welding Society (AWS) mengharuskan kekuatan tarik kurang dari 10 ksi (70 Mpa) di bawah harga las sepadan.

Tegangan ijin untuk geser pada bidang efektif semua las dan tegangan tarik tegak lurus sumbu bidang efektif pada las tumpul penetrasi sempurna sama dengan 0,3 kali kekuatan tarik elektroda. Tegangan bahan dasar tidak boleh lebih dari 0,6 Fy untuk tarikan dan 0,4Fy untuk geseran. Tegangan ijin ditunjukkan dalam tabel 2.3.

Tabel 2.3 Tegangan ijin pada bidang las efektif

Jenis Tegangan pada Bidang Efektif	Tegangan Ijin	Tingkat Kekuatan Las yang Dibutuhkan
Las Tumpul Penetrasi Sempurna		
Tarik tegak lurus bidang efektif	Sama seperti logam dasar	Logam las sepadan harus digunakan
tekan tegak lurus bidang efektif	Sama seperti logam dasar	Logam las dengan tingkat kekuatan sama atau lebih kecil dari logam las sepadan boleh digunakan
Tekan atau tarik sejajar sumbu las	Sama seperti logam dasar	
Geser pada bidang efektif	0,3 x kekuatan tarik nominal logam dasar tetapi tegangan geser pada logam dasar tidak boleh melampaui 0,4 tegangan leleh logam dasar	
Las Tumpul Penetrasi Parsial		
Tekan tegak lurus bidang efektif	Sama seperti logam dasar untuk sambungan yang direncanakan mendukung	Logam las dengan tingkat kekuatan sama atau lebih kecil dari logam las sepadan boleh digunakan
Tarik atau tekan sejajar sumbu las	Sama seperti logam dasar	
Geser sejajar sumbu las	0,3 x kekuatan tarik nominal logam dasar tetapi tegangan geser dasar tidak boleh melampaui 0,4 x tegangan leleh logam dasar.	
Tarik tegak lurus bidang efektif	0,3 x kekuatan tarik nominal logam dasar tetapi tegangan geser dasar tidak boleh melampaui 0,6 x tegangan leleh logam dasar	

Las Sudut		
Geser pada bidang efektif	0,3 x kekuatan tarik nominal logam dasar tetapi tegangan geser dasar tidak boleh melampaui 0,4 x tegangan leleh logam dasar	Logam las dengan tingkat kekuatan sama atau lebih kecil dari logam las sepadan boleh digunakan
Tarik atau tekan sejajar sumbu las	Sama seperti logam dasar	
Las Pasak dan Baji		
Geser sejajar permukaan sorong (pada bidang efektif)	0,3 x kekuatan tarik nominal logam dasar tetapi tegangan geser dasar tidak boleh melampaui 0,4 x tegangan leleh logam dasar	Logam las dengan tingkat kekuatan sama atau lebih kecil dari logam las sepadan boleh digunakan

Sumber : AISC Tabel 1.5.3

2.10.3 Gaya geser dan lentur

Gaya geser dan lentur dihitung dengan menjumlahkan tegangan nominal geser dan lentur secara vektor. Berdasarkan persamaan yang diberikan AISC, besarnya tegangan geser dan lentur akibat beban vertikal dan horisontal adalah sebagai berikut

$$\text{Tegangan geser vertikal nominal } (f_y) = \frac{P}{S} = \frac{P}{\pi (r^2 - r_1^2)} \dots\dots\dots (2.38)$$

$$\text{Tegangan horisontal akibat lentur } (f_x) = \frac{M}{S} = \frac{M}{\pi/4r (r^4 - r_1^4)} \dots\dots\dots (2.39)$$

$$\text{Resultan tegangan } (f_r) = \sqrt{(f_y^2 + f_x^2)} \dots\dots\dots (2.40)$$

dimana :

P = gaya aksial (Ton)

A = luas bidang vertikal (cm²)

r = jari-jari luar lingkaran (cm)

r_1 = jari-jari dalam lingkaran (cm)

M = momen lentur (Ton-m)

S = modulus penampang (cm³)

Dalam merencanakan las, dimensi tebal efektif las (t_e) biasanya tidak diketahui dan harus dicari. Dengan menganggap $t_e=1$, maka sesuai persyaratan dari AISC adalah sebagai berikut :

$$\text{Tebal efektif } (t_e) \leq \frac{f_r}{0,3 \text{ tegangan ijin}} \dots\dots\dots (2.41)$$

dengan f_r adalah satuan tegangan (ksi atau Mpa)

BAB III

PERENCANAAN PONDASI TIANG

Pada bab ini akan diberikan suatu aplikasi perencanaan pondasi tiang pancang beton prategang untuk mendukung salah satu kolom dari suatu struktur bangunan gedung. Pembahasan yang akan dilakukan meliputi perhitungan kapasitas dukung tiang dan penampang tiang serta penurunan yang terjadi.

Perhitungan kapasitas dukung tiang dimaksudkan untuk mendapatkan panjang tiang yang akan menghasilkan daya dukung tiang yang optimum. Dimensi penampang direncanakan berbentuk lingkaran dengan dicoba beberapa diameter tiang yaitu 35 cm, 40 cm, 45 cm, 50 cm dan 60 cm. Langkah-langkah perencanaan pondasi akan diuraikan sebagai berikut ini.

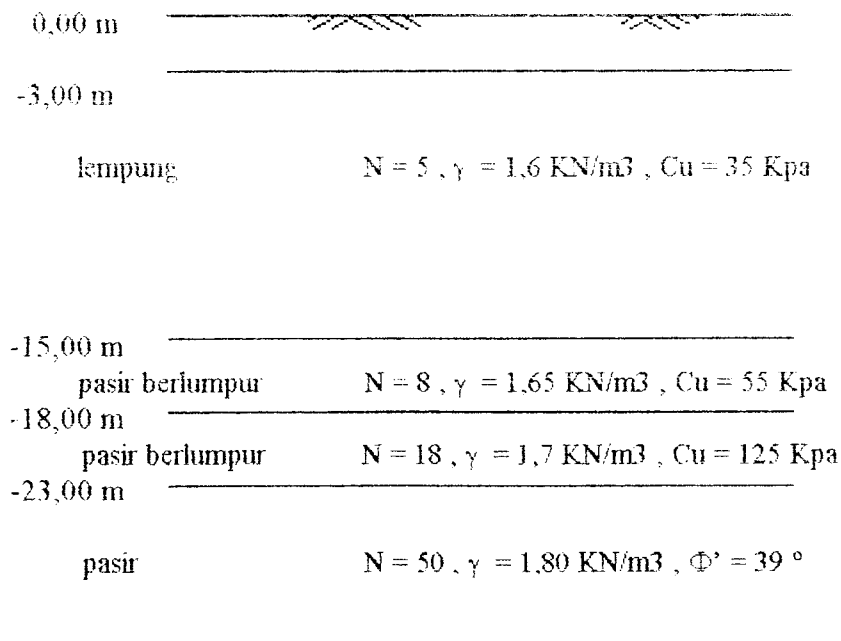
3.1 Gaya-gaya yang Bekerja pada Tiang Pancang

Gaya-gaya yang terjadi pada dasarnya merupakan gaya-gaya yang disalurkan oleh kolom dasar suatu struktur bangunan ke pondasi tiang. Besarnya gaya yang terjadi diperoleh melalui perhitungan mekanika struktur bangunan tersebut. Pada perhitungan ini gaya yang bekerja berupa beban aksial kolom (V) dengan mengambil beban sebesar 300 Ton (T).

3.2 Data-data Perencanaan

Data-data karakteristik tanah dalam perencanaan ini, diambil dari penyelidikan tanah di lapangan pada proyek hotel Clarion Jakarta. Susunan lapisan tanah dan grafik sondir dapat dilihat pada lampiran. Data-data penyelidikan tanah adalah sebagai berikut,

1. kohesi undrained (c_u) : 35 kpa = 0,35 kg/cm² (pada kedalaman 0 s/d 15 m)
: 55 kpa = 0,55 kg/cm² (pada kedalaman 15 s/d 18 m)
2. tahanan ujung tiang (q_c) : 8d diatas ujung tiang dan 0,7d -- 4d dibawah ujung tiang
(Schmertmann-Nottingham,1975). $q_c = 42 \text{ kg/cm}^2$
3. tahanan gesek total (t_f) : 2260 kg/cm



Gambar 3.1 Lapisan tanah

3.3 Perhitungan Kapasitas Dukung Tiang

Perhitungan daya dukung tiang dilakukan dengan memandang daya dukung satu tiang dan daya dukung kelompok tiang.

3.3.1 Daya dukung satu tiang

Daya dukung satu tiang dihitung berdasarkan pada besarnya daya dukung tahanan ujung dan tahanan gesek tiang. Dengan menggunakan data sondir pada lampiran, maka tiang dipancang sampai kedalaman 18 m. Besarnya daya dukung satu tiang dengan diameter tiang sebesar 35 cm adalah sebagai berikut ini.

a. Daya dukung tahanan ujung (Q_p)

Menurut Schmertmann-Nottingham (1975), besarnya tahanan ujung tiang pada hasil sondir pada kedalaman 18 m adalah sebagai berikut ini.

- 1) Nilai tahanan ujung rata-rata 0,7d (24,5 cm) di bawah ujung tiang (q_{c1}) = 150 kg/cm²
- 2) Nilai tahanan ujung rata-rata 8d (280 cm) di atas ujung tiang (q_{c2}) = 42 kg/cm².

Tahanan ujung rata-rata (q_c) adalah :

$$q_c = \frac{q_{c1} + q_{c2}}{2} = \frac{150 + 42}{2} = 96 \text{ kg/cm}^2$$

Besarnya daya dukung tahanan ujung tiang (Q_p) dengan diameter (d) 35 cm adalah :

$$Q_p = \frac{q_c \cdot A_p}{SF1} = \frac{96 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 35^2}{3} = 30772 \text{ kg} = 30,772 \text{ T}$$

b. Daya dukung tahanan gesek (Q_s)

Hasil pembacaan grafik sondir, didapatkan tahanan gesek total (tf) sebesar 2260 kg/cm. Besarnya daya dukung ujung tiang (Q_p) dengan diameter (d) 35 cm adalah sebagai berikut

$$Q_s = \frac{O \cdot tf}{SF_2} = \frac{\pi \cdot d \cdot tf}{5} = \frac{\pi \cdot 35 \cdot 2260}{5} = 49674,8 \text{ kg} = 49,6748 \text{ T}$$

Daya dukung satu tiang total (Q_a) adalah

$$Q_a = Q_p + Q_s = 30,772 + 49,6748 = 80,4468 \text{ T}$$

Hasil analisa daya dukung tiang tunggal untuk tiang 40 cm, 45 cm, 50 cm, dan 60 cm, dapat dilihat pada tabel 3.1

Tabel 3.1 Hasil perhitungan daya dukung tiang tunggal

D (m)	A (m ²)	O (m)	P (Ton)	Qc (kg/cm ²)	tf (kg/cm)	Qp (Ton)	Qs (Ton)	Qa (Ton)
0,35	0,0961	1,090	300	96	2260	30,7720	49,6748	80,4468
0,40	0,1256	1,256	300	88	2260	36,8427	56,7712	93,6139
0,45	0,1589	1,413	300	88	2260	46,6290	63,8676	110,4966
0,50	0,1962	1,570	300	85	2260	55,6042	70,9640	126,5682
0,60	0,2826	1,884	300	85	2260	30,0700	85,1588	165,2268

3.3.2 Daya dukung kelompok tiang

Peninjauan daya dukung kelompok tiang pada tanah lempung berdasarkan pada aksi blok dari kelompok tiang tersebut. Banyaknya tiang pancang dengan diameter (d) tiang sebesar 35 cm dalam satu kelompok tiang untuk mendukung beban aksial kolom adalah :

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tiang} &= \frac{\text{Beban aksial kolom}}{\text{Daya dukung satu tiang}} \\ &= \frac{300}{80,446} = 3,72 \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas digunakan (n) 4 buah tiang pancang dengan jarak antar tiang (s) sebesar 2,5 kali diameter dan jarak ke tepi as = 0,5 m. Tebal poer = 0,5 m.

Daya dukung kelompok tiang (Q_g) didasarkan pada aksi blok dari kelompok tiang adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Q_g &= B \cdot H \cdot C_u \cdot 9 + \sum 2 (B + H) \cdot C_u \cdot \Delta L \\ &= 1,225 \cdot 1,225 \cdot ((3,5 \cdot 15) + (5,5 \cdot 3)) / 18 \cdot 9 + 2 (1,225 + 1,225) \cdot ((3,5 \cdot 15) + (5,5 \cdot 3)) / 18 \cdot 18 \\ &= 398,8377 \text{ ton} \end{aligned}$$

Hasil analisis daya dukung kelompok tiang untuk tiang 40 cm, 45 cm, 50 cm, dan 60 cm dapat dilihat pada tabel 3.2

Tabel 3.2 Daya dukung kelompok tiang

d (m)	N (buah)	s (m)	Bg (m)	Lg (m)	H (m)	Cu (T/m ²)	Qg (Ton)
0,35	4	0,8750	1,2250	1,2250	18	3,8333	389,8682
0,40	4	1,0000	1,4000	1,4000	18	3,8333	454,0161
0,45	4	1,1250	1,5750	1,5750	18	3,8333	520,2770
0,50	4	1,2500	1,7500	1,7500	18	3,8333	588,6511
0,60	4	1,5000	2,1000	2,1000	18	3,8333	731,7386

3.4 Distribusi Gaya pada Tiang Pancang

Gaya-gaya yang bekerja berupa beban aksial kolom dan berat poer didistribusikan ke masing-masing tiang, sedangkan gaya horisontal diabaikan. Beban aksial kolom dalam hal ini direncanakan berupa beban aksial sentris terhadap titik berat kelompok tiang.

Besarnya titik berat pada kelompok tiang dalam susunan tiang di bawah ini seperti pada gambar 3.2 adalah sebagai berikut :

$$n \cdot y_0 = n_1 \cdot y_1 + n_2 \cdot y_2 + n_3 \cdot y_3 + n_4 \cdot y_4$$

$$4 \cdot y_0 = 1 \cdot 0,5 + 1 \cdot 0,5 + 1 \cdot 1,375 + 1 \cdot 1,375$$

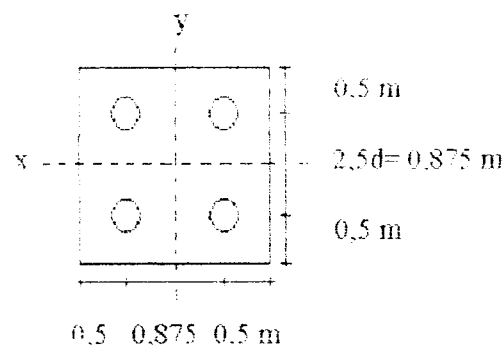
$$y_0 = 3,75/4 = 0,9375 \text{ m (dari tepi kiri)}$$

$$n \cdot x_0 = n_1 \cdot x_1 + n_2 \cdot x_2 + n_3 \cdot x_3 + n_4 \cdot x_4$$

$$4 \cdot x_0 = 1 \cdot 0,5 + 1 \cdot 0,5 + 1 \cdot 1,375 + 1 \cdot 1,375$$

$$x_0 = 3,75/4 = 0,9375 \text{ m (dari tepi kiri)}$$

Koordinat titik berat kelompok tiang sebesar (0,9375 ; 0,9375) dari tepi kiri poer.



Gambar 3.2 Formasi kelompok tiang

Berat satu tiang adalah

$$P \text{ tiang} = 4 \cdot \pi \cdot (0,35^2 - 0,21^2) \cdot 18 \cdot 2,4 = 2,6587 \text{ ton}$$

Momen yang terjadi akibat beban aksial kolom pada arah sumbu - x adalah

$$M_x = P \cdot n_x \cdot x = 2,6587 \cdot 2 \cdot 0,4375 = 2,3264 \text{ ton-m}$$

Momen yang terjadi pada arah sumbu-y adalah

$$M_y = P \cdot n_y \cdot y = 2,6587 \cdot 2 \cdot 0,4375 = 2,3264 \text{ ton-m}$$

Gaya aksial maksimum yang diterima oleh masing-masing tiang (P_i) adalah

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

$$= 300 + 0,5 \cdot 1,875 \cdot 1,875 \cdot 2,4 = 304,2188 \text{ ton}$$

$$\Sigma x^2 = n_x \cdot x_1^2 = 2 \cdot 0,4375^2 = 0,3828 \text{ m}^2$$

$$\Sigma y^2 = n_y \cdot y_1^2 = 2 \cdot 0,4375^2 = 0,3828 \text{ m}^2$$

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

$$P_i \text{ tiang} = \frac{304,2188}{4} + \frac{2,3264 \cdot 0,4375}{2 \cdot 0,3828} + \frac{2,3264 \cdot 0,4375}{2 \cdot 0,3828} = 78,7134 \text{ ton}$$

Gaya aksial maksimum yang bekerja pada kelompok tiang adalah

$$P_k = 4 \cdot 78,7134 = 314,8536 \text{ T} < 389,8682 \text{ T} \quad (Q_k)$$

Selanjutnya besar distribusi gaya aksial maksimum untuk tiang dengan diameter 40 cm,

45 cm, 50 cm dan 60 cm dapat dilihat pada tabel 3.3.

Tabel 3.3 Distribusi gaya pada masing-masing tiang

D (m)	n (buah)	P poer (Ton)	Paksial (Ton)	Xo (m)	Yo (m)	V (Ton)	Mx (Tm)	My (Tm)	Pmaks (Ton)
0,35	4	4,2188	300	0,9375	0,9375	304,2188	2,3264	2,3264	78,7134
0,40	4	4,8000	300	1,5000	1,5000	304,8000	3,3064	3,3064	79,5064
0,45	3	5,4188	300	2,0850	2,0850	305,4188	4,5171	4,5171	80,3697
0,50	3	6,0750	300	2,2500	2,2500	306,0750	6,2568	6,2568	81,5242
0,60	2	7,5000	300	2,6000	2,6000	307,5000	10,173	10,173	83,6574

3.5 Penurunan Tiang Pancang

3.5.1 Penurunan tiang pancang tunggal

Perencanaan penurunan pondasi tiang tunggal (S), menurut Vesic (1977) dihitung dengan memperhatikan akibat deformasi aksial, penurunan ujung tiang dan akibat beban yang dialihkan. Besarnya penurunan sesuai dengan metode yang diberikan Vesic (1977) adalah sebagai berikut :

$$S = S_s + S_p + S_{ps}$$

Dengan penurunan akibat deformasi aksial tiang tunggal (S_s) sebesar :

$$S_s = \frac{(Q_p + \alpha Q_s) \times L}{E_p \times A_p}$$

$$= \frac{(30772 + 0,5 \times 49674) \times 1800}{4700 \sqrt{60} \cdot \frac{1}{4} \pi \cdot 35^2} = 0,2859 \text{ cm}$$

Penurunan pada ujung tiang (S_p) sebesar :

$$S_p = \frac{C_p \times Q_p}{d \times q_c} = \frac{0,03 \times 30772}{35 \times 96} = 0,2748 \text{ cm}$$

Penurunan tiang akibat beban yang dialihkan sepanjang tiang (S_{ps}) sebesar :

$$S_{ps} = \frac{(0,93 + 0,16 \sqrt{L/d}) \times C_p \times Q_c}{L \times q_c}$$

$$= \frac{(0,93 + 0,16 \sqrt{1800/35}) \times 0,03 \times 49674}{1800 \times 96} = 0,0179 \text{ cm}$$

Penurunan satu tiang (S) = $0,2859 + 0,2748 + 0,0179 = 0,5786 \text{ cm}$

3.5.2 Penurunan Kelompok tiang

Menurut Vesic(1977), besarnya penurunan kelompok tiang yang dihitung berdasarkan penurunan seketika dari kelompok adalah sebagai berikut :

$$S_g = S \sqrt{B/d}$$

$$= 0,5786 \sqrt{122,5/35} = 1,0824 \text{ cm}$$

Hasil perhitungan penurunan tiang pancang tunggal dan tiang pancang kelompok dengan diameter 40 cm, 45 cm, 50 cm dan 60 dapat dilihat pada tabel 3.4.

Tabel 3.4 Penurunan tiang pancang tunggal dan kelompok

d (m)	Ss (cm)	Sp (cm)	Sps (cm)	S (cm)	Sg (cm)
0,35	0,2859	0,2748	0,0179	0,5786	1,0824
0,40	0,2568	0,3140	0,0215	0,5923	1,1081
0,45	0,2444	0,3533	0,0235	0,6211	1,1620
0,50	0,2295	0,3925	0,0263	0,6483	1,2128
0,60	0,2146	0,4710	0,0302	0,7157	1,3390

Untuk perhitungan penurunan yang terjadi akibat proses konsolidasi tanah tidak diperhitungkan.

3.6 Perencanaan Penampang Tiang Pancang Beton Prategang

3.6.1 Data struktur

Data-data struktur beton dan baja prategang berdasarkan AISC adalah sebagai berikut :

1. Beton

$$\text{Tegangan ijin beton } (f'_c) = 60 \text{ Mpa} = 6000 \text{ T/m}^2$$

$$\text{Regangan tekan ultimit beton } (\epsilon_{cu}) = 0,003$$

$$\text{Modulus elastitas beton } (E_c) = 4700\sqrt{f'_c} = 36406,0434 \text{ Mpa} = 3640604,34 \text{ T/m}^2$$

2. Baja prategang ("PC Wire")

$$\text{Kekuatan tarik tendon } (f_{pu}) = 1700 \text{ Mpa} = 170000 \text{ T/m}^2$$

$$\text{Kekuatan tarik baja tulangan } (f_{py}) = 1500 \text{ Mpa} = 150000 \text{ T/m}^2$$

$$\text{Regangan baja } (\epsilon_{py}) = 0,01$$

$$\text{Modulus elastisitas baja } (E_s) = 200000 \text{ Mpa} = 20000000 \text{ T/m}^2$$

Poisson ratio (η) :

$$\eta = E_s/E_c = 6,018$$

"Propertis " penampang brutto tiang berbentuk lingkaran dengan diameter (d) 350 mm dan tebal (t) 80 mm sesuai dengan gambar 3.2 adalah sebagai berikut :

$$\text{Luas beton } (A_c) = \frac{\pi \cdot (d^2 - d_1^2)}{4} = \frac{\pi \cdot (350^2 - 210^2)}{4} = 61575,2160 \text{ mm}^2$$

$$\text{Momen inersia } (I_c) = \frac{\pi \cdot (d^4 - d_1^4)}{64} = \frac{\pi \cdot (350^4 - 210^4)}{64} = 641151936,7 \text{ mm}^4$$

3.6.2 Rasio kelangsingan tiang

Rasio kelangsingan tiang pancang dengan panjang tiang (L) sebesar 18 m adalah sebagai berikut :

$$\text{Jari-jari putaran (r)} = \sqrt{I/A} = \sqrt{(641151936,7 / 61575,216)} = 102,0417 \text{ mm}$$

$$\text{Angka kelangsingan efektif} = \frac{kL}{r} = \frac{0,75 \cdot 18000}{102,0417} = 132,2988$$

3.6.3 Gaya-gaya yang diterima tiang pancang

Beban aksial yang diterima saat layan

Beban aksial yang diterima tiang pancang pada saat layan (P_s) terdiri dari :

- Beban aksial eksternal terfaktor = 78,7134 T
- Berat sendiri tiang = $\frac{1}{4} \pi \cdot (0,35^2 - 0,21^2) \cdot 18 \cdot 2,4 = \underline{2,6587 \text{ T}} + 81,3721 \text{ T}$

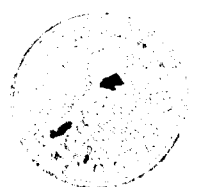
Momen yang terjadi pada saat layan sesuai dengan SKSNI T-15-1991-03 pasal 3.3.11 ayat 5.5 didasarkan pada eksentrisitas minimum (e_{\min}) sebesar $(15 + 0,03 h)$ mm, dan dikalikan dengan faktor perbesaran momen (δ).

$$\begin{aligned} \text{Eksentrisitas minimum (} e_{\min} \text{)} &= 15 + (0,03 \cdot h) \\ &= 15 + (0,03 \cdot 350) = 25,5 \text{ mm} = 0,0255 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{Momen yang terjadi (M)} = P \cdot e_{\min} = 81,3721 \cdot 0,0255 = 2,0750 \text{ T-m}$$

Faktor momen aktual dan momen merata ekuivalen (c_m) adalah

$$c_m = 0,6 + 0,4 \cdot (M_1/M_2) = 0,6 + 0,4 \cdot 1 = 1$$



$$\text{Beban kritis } (P_{cr}) = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_c'}{(k \cdot L)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 36406.0434 \cdot 641151936,7}{(0,75 \cdot 18000)^2}$$

$$= 12621350 \text{ N} = 126,2135 \text{ T}$$

$$\text{Faktor pembesaran momen } (\delta) = \frac{c_m}{1 - (P_a / \phi \cdot P_{cr})}$$

$$= \frac{1}{1 - (81,3721 / (0,7 \cdot 126,3721))} = 12,6623$$

$$\text{Momen terfaktor } (M_c) = \delta \cdot M = 12,6623 \cdot 2,0750$$

$$= 26,2741 \text{ T-m}$$

Besarnya gaya yang bekerja pada tiang dan momen terfaktor untuk tiang pancang berdiameter 40 cm, 45 cm, 50 cm dan 60 cm dapat dilihat pada tabel 3.5

Tabel 3.5 Gaya dan momen terfaktor pada tiang pancang

d (m)	d' (m)	Ac' (m ²)	Ic' (m ⁴)	Kl/r	Pa (Ton)	Qbs (T/m)	Pcr (Ton)	Mc (T-m)
0,35	0,21	0,0616	0,000641	132,3	81,3721	0,1477	126,2135	26,274
0,40	0,25	0,0766	0,001064	114,5	82,8128	0,1837	209,6281	5,1325
0,45	0,29	0,0929	0,001665	100,9	84,3851	0,2231	327,9010	3,8032
0,50	0,32	0,1159	0,002553	90,9	86,5296	0,2781	502,6170	3,4425
0,60	0,40	0,1571	0,005105	74,9	90,4398	0,3768	1004,9588	3,4248

3.6.4 Tegangan-tegangan yang diijinkan

Tegangan-tegangan yang diijinkan menurut SKSNI T-15-1991-03 pasal 3.11.4 ayat 2 untuk tiang pancang beton prategang pada kondisi beban kerja adalah sebagai berikut :

1. Tegangan tekan ijin (f_{ccu})

$$f_{ccu} = 0,45 \cdot f'_c = 0,45 \cdot 60 = 27 \text{ Mpa} = 2700 \text{ T/m}^2$$

2. Tegangan tarik ijin (akibat lenturan)

$$f_{ctu} = 0,34 \cdot \sqrt{f'_c} = 0,34 \cdot \sqrt{60} = 2,6336 \text{ Mpa} = 2700 \text{ T/m}^2$$

3. Tegangan prategang efektif

a. Nilai prategang efektif (f_{pe}) minimum untuk tiang pancang dengan panjang 18 m

(12 – 52 m) adalah antara 4,9 – 8,4 Mpa

b. Tegangan prategang efektif pada baja (f_{pae}) maksimum adalah

$$f_{pae1} = 0,6 \cdot f_{pu} = 0,6 \cdot 1700 = 1020 \text{ Mpa} = 102000 \text{ T/m}^2$$

$$f_{pae2} = 0,8 \cdot f_{py} = 0,8 \cdot 1500 = 1200 \text{ Mpa} = 120000 \text{ T/m}^2$$

Tegangan prategang efektif pada baja diambil yang terkecil yaitu 1020 Mpa.

3.6.5 Perencanaan tulangan prategang

Besarnya tulangan prategang yang diperlukan menurut SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.11.8 adalah nilai terbesar antara luas tulangan prategang minimum dengan luas tulangan prategang perlu.

Luas tulangan prategang minimum

$$\begin{aligned} A_{pa \text{ min}} &= 0,005 \cdot A_c = 0,005 \cdot 61575,2160 \\ &= 307,8761 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luas tulangan prategang perlu :

$$A_{ps \text{ perlu}} = \frac{P_{e \text{ min}}}{f_{pae}} = \frac{f_{pe \text{ min}} \cdot A_c}{f_{pae}}$$

$$= \frac{8,4 \cdot 61575,2160}{1020} = 507,0890 \text{ mm}^2 > 307,8761 \text{ mm}^2$$

Jadi, luas tulangan baja prategang yang diperlukan adalah $507,0890 \text{ mm}^2$.

Digunakan baja prategang jenis jenis "pretensioning concrete steel wire", dengan diameter 9 mm. Jumlah tulangan (n) yang dibutuhkan adalah

$$n = \frac{A_{ps \text{ perlu}}}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2} = \frac{507,0890}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 9^2} = 7,97 = 8 \text{ buah}$$

Perhitungan tulangan untuk diameter yang lain dapat dilihat pada tabel 3.6

Tabel 3.6 Hasil perhitungan tulangan

d (mm)	A _{ps min} (mm ²)	A _{ps perlu} (mm ²)	d tulangan (mm)	n (buah)
350	307,8761	507,0900	9	8
400	382,8816	630,6285	9	10
450	464,9557	765,8094	10	10
500	579,6238	954,6748	10	13
600	785,3982	1293,5970	10	17

3.6.6 Propertis penampang transformasi

Perhitungan properties penampang transformasi dan nilai tegangan efektif yang diperlukan berdasarkan SK SNI T-15-1991-03 adalah sebagai berikut :

$$\text{Luas tulangan } (A_{ps}) = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 9^2 = 63,6173 \text{ mm}^2$$

$$A_{ps \text{ total}} = \Sigma A_{ps} = 8 \cdot 63,6173 = 508,9384 \text{ mm}^2$$

$$\text{Luas penampang transformasi } (A_t) = A_c + (\eta - 1) \cdot A_{ps \text{ total}}$$

$$= 61575,2160 + (7 - 1) \cdot 508,9384$$

$$= 64128,66 \text{ mm}^2$$

Momen inersia penampang transformasi (I_t) = $I_c + (\eta-1) \cdot A_{ps} \cdot y^2$

$$I_t = 641151936,7 + (7-1) \cdot 508,9384 \cdot 105^2$$

$$= 674818211,9 \text{ mm}^4$$

Nilai prategang efektif (f_{pe}) = $\frac{P_e \cdot A_{ps} \cdot f_{pae}}{A_c \cdot A_c}$

$$f_{pe} = \frac{508,9384 \cdot 1020}{61575,2160} = 8,4306 \text{ Mpa} = 843,06 \text{ T/m}^2$$

Kontrol kapasitas tiang terhadap beban yang bekerja saat layan (P') adalah

$$P' = (0,33 f'_c - 0,27 f_{pe}) \cdot A_c$$

$$= (0,33 \cdot 60 - 0,27 \cdot 8,4306) \cdot 61575,2160$$

$$= 107,9028 \text{ T} > P_a$$

Tabel 3.6 Hasil perhitungan propertis penampang tranformasi

D tulangan (m)	A _{ps} (m ²)10 ⁻⁶	A _{ps} total (m ²) 10 ⁻⁶	A _t (m ²)	I _t (m ²)	f _{pe} (T/m ²)	P' (Ton)
0,35	63,6173	508,9384	0,0641	0,0006748	843,06	107,9028
0,40	63,6173	636,1725	0,0804	0,0011245	847,38	134,1009
0,45	78,5398	785,3982	0,0977	0,0017648	861,49	162,4926
0,50	78,5398	1021,0176	0,1221	0,0027101	898,37	201,4122
0,60	78,5398	1335,1769	0,1651	0,0054255	867,00	274,2469

Kapasitas momen yang diijinkan

1. Serat tarik

$$M' = (f_{ctu} + f_{pe} + \frac{P_a}{A_t}) \cdot \frac{I_t}{C}$$

$$M' = (2,6336 + 8,4306 + \frac{813721}{64128,66}) \cdot \frac{674818211,9}{175}$$

$$= 9,1527 \text{ T-m}$$

2. Serat tekan

$$M' < (f_{ccu} - f_{pc} - \frac{Pa}{A_t}) \frac{I_t}{C}$$

$$M' = (27 - 8,4306 - \frac{813721}{64128,66}) \cdot \frac{674818211,9}{175}$$

$$= 2,3911 \text{ T-m}$$

Dari kedua hasil momen diatas diambil yang terkecil sebagai kapasitas momen

Tabel 3.7 Hasil perhitungan kapasitas momen

D tulangan (m)	At (m ²)	It (m ²)	fpc (T/m ²)	Pa (Ton)	M' (T-m)
0,35	0,0641	0,0006748	843,06	81,3721	2,3911
0,40	0,0804	0,0011245	847,38	82,8128	4,8136
0,45	0,0977	0,0017648	861,49	84,3851	8,0574
0,50	0,1221	0,0027101	898,37	86,5296	12,8956
0,60	0,1651	0,0054255	867,00	90,4398	25,4048

BAB IV

ANALISIS SAMBUNGAN TIANG PANCANG

4.1 Gaya Lateral

Gaya lateral yang ditinjau adalah gaya yang bekerja akibat dari tekanan tanah ke samping sepanjang tiang. Di dalam menganalisis gaya lateral yang bekerja pada tiang, tiang dibedakan perilakunya atas tiang pendek dan tiang panjang.

Data-data tiang pancang :

$$\text{Mutu beton (fc')} = 60 \text{ Mpa} = 6000 \text{ T/m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Modulus elastisitas beton (Ep)} &= 4700 \sqrt{fc'} = 4700 \sqrt{60} = 36406,0434 \text{ Mpa} \\ &= 3640604,34 \text{ T/m}^2 \end{aligned}$$

4.2 Penentuan Kriteria Tiang

Kriteria penentuan tiang pendek dan tiang panjang didasarkan pada kekakuan relatif antara pondasi tiang dengan tanah. Berdasarkan metode Broms (1964) tiang dikatakan pendek apabila $L/R \leq 2$ dan tiang dikatakan panjang apabila $L/R \geq 3,5$ dengan L adalah panjang tiang.

Kriteria tiang berdiameter 35 cm dan mempunyai panjang 18 m adalah sebagai berikut:

$$\text{Faktor kekakuan relatif (R)} = \sqrt[4]{\frac{EI}{K \cdot d}}$$

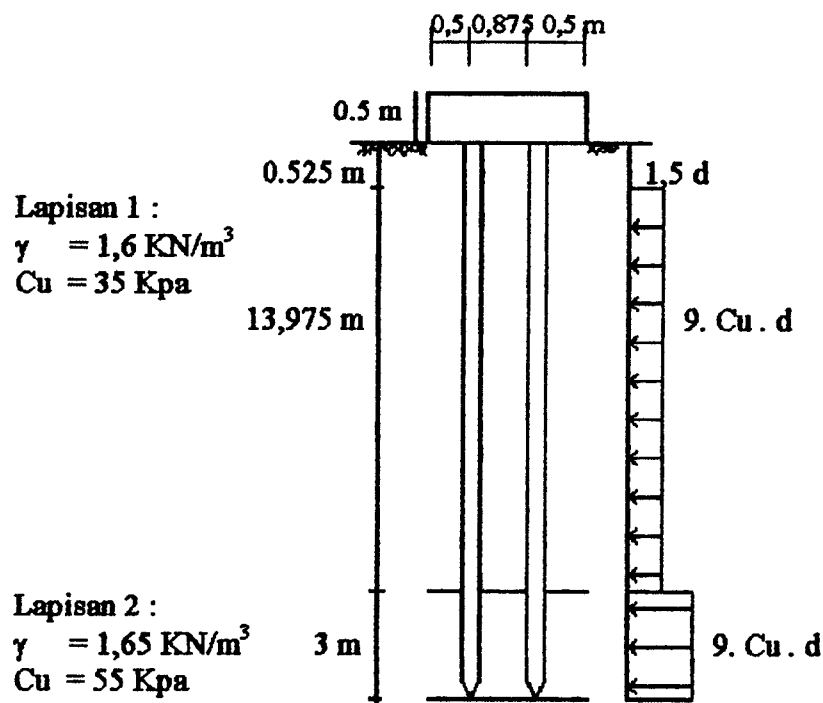
$$K = \frac{67 C_u}{1,5 d} = \frac{67 \times 0,35}{1,5 \times 35} = 0,4467$$

$$R = \sqrt[4]{\frac{36406,0434 \times 1/64 \cdot \pi \cdot 35^4}{0,4467 \times 35}} = 114,4413 \text{ mm}$$

$$L/R = 1800/114,4413 = 15,7286 \rightarrow \text{Tiang panjang}$$

4.3 Analisa gaya lateral dan momen lentur tiang

Gaya lateral yang bekerja berupa tekanan tanah ke samping. Diagram tekanan tanah kesamping berupa tanah kohesif dapat dilihat pada gambar 4.1



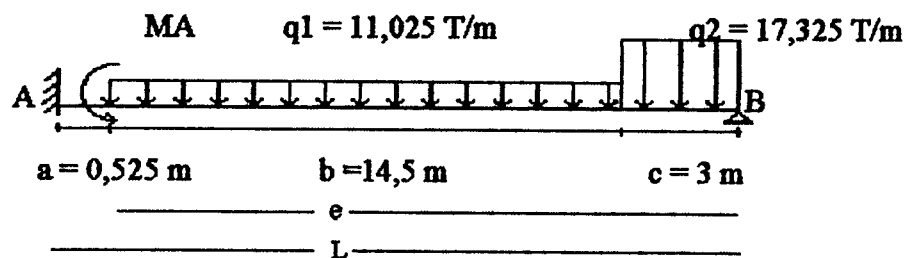
Gambar 4.1 Diagram tekanan tanah

Jarak antar tiang pancang diameter 35 cm adalah 0,875 m dengan jumlah tiang 4 buah. Tiang pancang tertanam seluruhnya di dalam tanah, karena tanah berupa tanah kohesif maka tekanan tanah efektif yang terjadi :

$$\text{Lapisan 1} = 9 \times 3,5 \times 0,35 = 11,025 \text{ T/m}$$

$$\text{Lapisan 2} = 9 \times 5,5 \times 0,35 = 17,325 \text{ T/m}$$

Didalam menganalisis gaya lateral dan momen lentur akibat tekanan tanah efektif, dukungan pada tiang diasumsikan sebagai dukungan jepit-sendi pada statis tak tentu. Kepala tiang diasumsikan terjepit oleh poer sedangkan ujung tiang diasumsikan sebagai sendi, seperti terlihat pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 Dukungan jepit - sendi

Penyelesaian bentuk statis tak tentu dengan dukungan jepit sendi tersebut diatas digunakan metode Clayperon dengan persamaan sebagai berikut :

$$\frac{1}{24} \frac{q \cdot b \cdot (e^2 - c^2)(2L - c^2 - e^2) \cdot L}{EI \cdot L^2 b} - \frac{1}{24} \frac{q \cdot c^2 (2 - m^2) \cdot L}{EI} + \frac{MA \cdot L}{3EI} + \frac{MB \cdot L}{6EI} = 0$$

, dukungan di B merupakan sendi, sehingga $MB = 0$

$$\frac{MA \cdot L}{3EI} = \frac{1}{24} \frac{q \cdot b \cdot (e^2 - c^2)(2L - c^2 - e^2) \cdot L}{EIL^2 b} + \frac{1}{24} \frac{q \cdot c^2 (2 - m^2) \cdot L}{EI}$$

$$MA = \frac{11,025 \cdot (16,975^2 - 3^2)(2 \cdot 17,5^2 - 3^2 - 16,975^2)}{8 \cdot 17,5^2} + \frac{17,325 \cdot 3^2 \cdot (2 - (3/17,5)^2)}{8}$$

$$MA = 434,960 \text{ T-m}$$

“Free – body” :

$$\Sigma M_B = 0$$

$$R_A = \frac{(11,025 \cdot 13,975 \cdot 9,9875) + (17,325 \cdot 3 \cdot 1,50)}{17,50} = 92,3875 \text{ T.}$$

$$R_B = 113,662 \text{ T.}$$

$$\text{Momen maksimum} = R_A \cdot X - 0,5 \cdot q_1 \cdot X^2$$

$$\text{M maks terjadi bila, } \frac{dMx}{dx} = 0$$

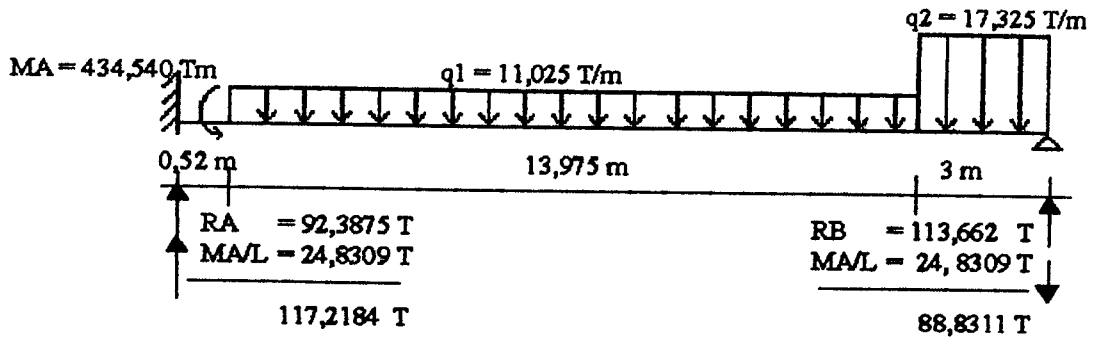
$$\frac{dMx}{dx} = 92,3875 - 11,025 \cdot X = 0$$

$$11,025 \cdot X = 92,3875$$

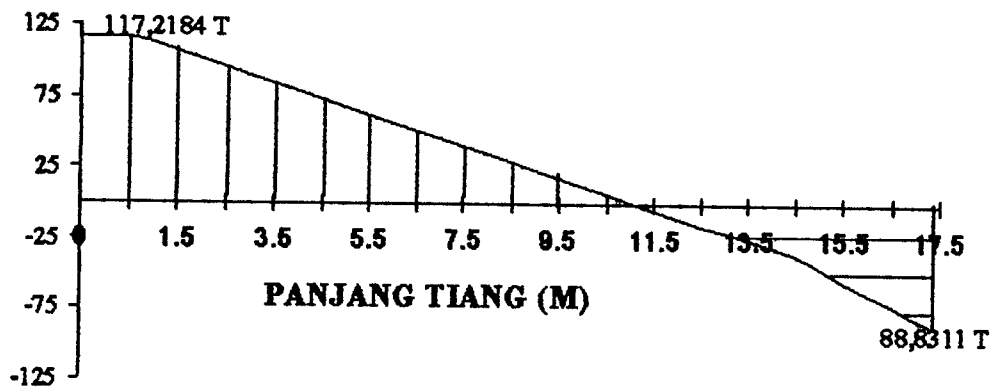
$$X = 8,3798 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{M maksimum} &= (92,3875 \cdot 8,3798) - (0,5 \cdot 11,025 \cdot 8,3798^2) \\ &= 387,0952 \text{ T-m} \end{aligned}$$

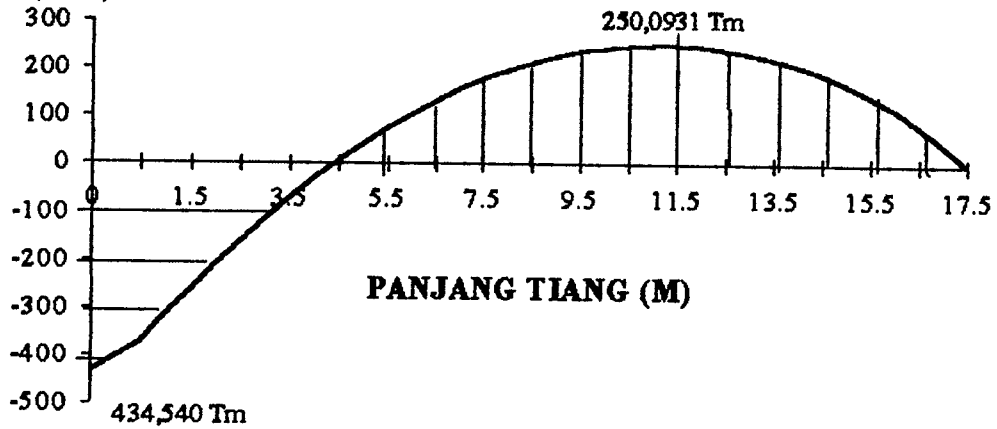
Dari perhitungan “free body” disuperposisikan dengan perhitungan statis tak tertentu di atas, dan didapatkan perhitungan sebagai berikut :



SFD (T)



BMD (T-M)



Gambar 4.3 Diagram gaya batang dan momen lentur

$$\begin{aligned}
 Mx' &= R_B \cdot x' - q_2 \cdot 3 \cdot (x' - 1,50) - 0,5 \cdot q_1 \cdot (x' - 3)^2 \\
 &= 88,8311 \cdot x' - 17,325 \cdot 3 \cdot (x' - 1,50) - 0,5 \cdot 11,025 \cdot (x' - 3)^2
 \end{aligned}$$

Momen akibat superposisi (Mx') akan menjadi maksimum bila memenuhi syarat sebagai berikut :

$$\frac{d Mx'}{dx'} = 0$$

Sehingga momen maksimum (Mx' maks) pada perhitungan diatas menjadi :

$$Mx' \text{ maks} = 88,8311 - 51,975 - 11,025x' + 33,075 = 0$$

$$11,025x' = 88,8311 - 51,975 + 33,075 = 0$$

$$x' = 6,3424 \text{ m (dari ujung tiang)}$$

Hasil penyelesaian diatas disubstitusikan kedalam persamaan momen hasil superposisi, menjadi :

$$\begin{aligned}
 Mx' \text{ maks} &= 88,8311 \cdot (6,3424) - 17,325 \cdot 3 \cdot (6,3424 - 1,5) - 0,5 \cdot 11,025 \\
 &\quad (6,3424 - 3)^2 \\
 &= 250,0931 \text{ Tm}
 \end{aligned}$$

Momen maksimum akibat adanya gaya leteral tanah yang terjadi pada tiang berdiameter 35 cm adalah sebesar 250,0931 T-m pada kedalaman 11,1577 m. Hasil perhitungan gaya lateral dan momen lentur per segmen pada tiang diameter 35 cm, 40 cm, 45 cm, 50 cm dan 60 cm secara lengkap, dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Gaya geser dan momen

H	Diameter 35 cm		Diameter 40 cm		Diameter 45 cm		Diameter 50 cm		Diameter 60 cm	
	SFD (T)	BMD (T-m)	SFD (T)	BMD (T-m)	SFD (T)	BMD (T-m)	SFD (T)	BMD (T-m)	SFD (T)	BMD (T-m)
0.00	117.220	-434.540	133.960	-498.620	150.710	-558.700	167.460	-620.780	200.950	-744.930
0.25	117.220	-403.770	133.960	-461.460	150.710	-519.140	167.460	-576.820	200.950	-692.180
0.50	117.220	-373.000	133.960	-426.290	150.710	-479.580	167.460	-532.860	200.950	-639.430
1.00	111.720	-315.870	127.680	-361.000	143.630	-406.120	159.590	-451.250	191.510	-541.500
1.50	108.210	-261.490	121.390	-298.840	136.560	-336.200	151.730	-373.550	182.080	-448.260
2.00	100.710	-209.850	115.100	-239.830	129.480	-269.810	143.870	-299.780	172.650	-359.740
2.50	95.208	-160.960	108.810	-183.950	122.410	-206.940	136.010	-229.940	163.210	-275.930
3.00	89.705	-114.810	102.520	-131.210	115.340	-147.610	128.150	-164.020	153.780	-196.820
3.50	84.203	-71.412	96.232	-81.613	108.260	-91.815	120.290	-102.020	144.350	-122.420
4.00	78.700	-30.759	89.943	-35.153	101.190	-39.547	112.430	-43.941	134.910	-52.729
4.50	73.197	7.148	83.654	8.169	94.111	9.190	104.570	10.211	125.480	12.253
5.00	67.695	42.308	77.365	48.352	87.036	54.396	96.706	60.440	116.050	72.528
5.50	62.192	74.721	71.077	85.398	79.961	96.070	88.846	106.750	106.610	128.090
6.00	56.689	104.390	64.788	119.300	72.886	134.210	80.985	149.130	97.182	178.950
6.50	51.187	131.310	58.499	150.070	65.811	168.830	73.124	187.580	87.748	225.100
7.00	45.684	155.480	52.210	177.700	58.737	199.910	65.263	222.120	78.315	266.540
7.50	40.181	176.910	45.922	202.190	51.662	227.460	57.402	252.730	68.882	303.260
8.00	34.679	195.590	39.633	223.540	44.587	251.480	49.541	279.420	59.449	335.300
8.50	29.176	211.530	33.344	241.750	37.512	271.970	41.680	302.180	50.016	362.620
9.00	23.673	224.720	27.055	256.820	30.437	288.920	33.819	321.020	40.583	385.230
9.50	18.171	235.160	20.767	268.750	23.362	302.350	25.958	335.940	31.150	403.130
10.00	12.668	242.860	14.478	277.550	16.287	312.240	18.097	346.940	21.717	416.320
10.50	7.165	247.810	8.189	283.210	9.213	318.610	10.236	354.010	12.283	424.810
11.00	1.663	250.010	1.900	285.720	2.138	321.440	2.375	357.150	2.850	428.590
11.50	-3.840	249.460	-4.389	285.100	-4.937	320.740	-5.488	356.380	-6.583	427.650
12.00	-9.343	246.180	-10.677	281.340	-12.012	316.510	-13.347	351.680	-16.016	422.010
12.50	-14.845	240.140	-16.966	274.440	-19.087	308.750	-21.208	343.060	-25.449	411.670
13.00	-20.348	231.360	-23.255	264.410	-26.162	297.460	-29.069	330.510	-34.882	396.610
13.50	-25.851	219.830	-29.543	251.230	-33.236	282.640	-36.929	314.040	-44.315	376.850
14.00	-31.353	205.550	-35.832	234.920	-40.311	264.280	-44.790	293.650	-53.748	352.370
14.50	-36.856	188.530	-42.121	215.460	-47.386	242.400	-52.651	269.330	-63.182	323.190
15.00	-45.518	167.940	-52.021	191.930	-58.523	215.920	-65.026	239.910	-78.032	287.890
15.50	-54.181	143.010	-61.921	163.440	-69.661	183.870	-77.401	204.300	-92.882	245.160
16.00	-62.843	113.760	-71.821	130.010	-80.798	146.260	-89.776	162.510	-107.730	195.010
16.50	-71.506	80.168	-81.721	91.621	-91.936	103.070	-102.150	114.530	-122.580	137.430
17.00	-80.168	42.250	-91.621	48.286	-103.070	54.321	-114.530	60.357	-137.430	72.428
17.50	-88.831	0.000	-101.520	0.000	-114.210	0.000	-126.900	0.000	-152.280	0.000

4.4 Sambungan Tiang Pancang

Kekuatan sambungan didesain mempunyai kekuatan yang lebih besar atau minimal sama dengan kekuatan tiang, karena pada daerah titik sambungan merupakan titik kritis dari tiang. Penyambungan tiang pancang dilakukan dengan menghubungkan antar kepala tiang yang terbuat dari pelat baja dengan menggunakan las.

4.4.1 Data-data sambungan

Data-data pelat baja seperti pada lampiran adalah sebagai berikut :

- a. Baja A514, dengan kuat leleh (f_y) = 100 ksi = 690 Mpa = 69000 T/m².
- b. Kekuatan tarik (f_u) = 110 ksi = 760 Mpa = 76000 T/m²

sedangkan data las yang dipergunakan mempunyai mutu yang "sepadan" dengan mutu pelat sambung baja, yaitu:

- a. Jenis las E110XX
- b. Tegangan leleh (f_y) = 98 ksi = 675 Mpa = 67500 T/m²
- c. Kekuatan tarik (f_u) = 110 ksi = 760 Mpa = 76000 T/m²
- d. Pengelasan busur logam terlindung (SMAW)
- e. Jenis las tumpul ("groove weld") dengan sudut ikatan 60°.

4.4.2. Perhitungan pelat sambung

Berdasarkan hasil perhitungan pada tabel 4.1, gaya geser dan momen yang bekerja pada kedalaman 9 m sebesar 23,179 T dan 224,51 T-m. Kuat leleh baja (f_y) yang digunakan sebesar 100 Ksi. Tegangan ijin baja (f_b) yang terjadi sebesar :

$$f_b = 0,66 f_y$$

$$= 0,66 \cdot 100 = 66 \text{ ksi} = 455 \text{ Mpa} = 45500 \text{ T/m}^2$$

Perhitungan dimensi pelat sambung berbentuk cincin yang digunakan untuk diameter tiang $d = 0,35$ m berdasarkan persamaan yang diberikan AISC adalah sebagai berikut

$$\frac{M}{S} \leq fb$$

$$\frac{224,51}{\frac{\pi}{32D_1}(D_1^4 - d^4)} = fb$$

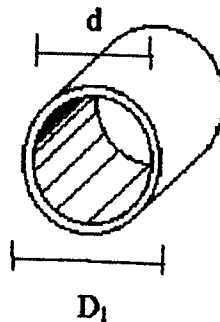
$$\frac{224,51 \cdot 32 \cdot D_1}{\pi \cdot (D_1^4 - 0,35^4)} = 45500$$

$$45500 \cdot D_1^4 - 2288 \cdot D_1 = 682,784375$$

$$D_1 = 0,4389 \text{ m}$$

Tebal pelat sambung adalah

$$t = \frac{D_1 - d}{2} = \frac{0,4389 - 0,35}{2} = 0,0444 \text{ m}$$



Gambar 4.4 Penampang pelat sambung

Untuk tebal pelat pada diameter yang lain dapat dilihat pada tabel berikut ini

Tabel 4.2 Tebal pelat sambung baja pada penyambungan tiang type A

Titik 1 (kedalaman 9 m)

D (m)	PGeser (Ton)	M (T-m)	Fb (T/m ²)	D ₁ (m)	t (m)
0.35	23.673	224.72	45500	0.4389	0.0444
0.40	27.055	226.82	45500	0.4719	0.0359
0.45	30.437	288.92	45500	0.5231	0.0365
0.50	33.819	321.02	45500	0.5669	0.0334
0.60	40.585	385.23	45500	0.6570	0.0285

Tabel 4.3 Tebal pelat sambung baja pada penyambungan tiang type B

a) Titik 1 (kedalaman 6 m)

d (m)	PGeser (Ton)	M (T-m)	Fb (T/m ²)	D ₁ (m)	t (m)
0.35	56.689	104.39	45500	0.3945	0.0223
0.40	64.788	119.3	45500	0.4396	0.0198
0.45	72.886	134.21	45500	0.4856	0.0178
0.50	80.985	149.13	45500	0.5323	0.0161
0.60	97.1825	178.95	45500	0.6272	0.0136

b) Titik 2 (kedalaman 12 m)

d (m)	PGeser (Ton)	M (T-m)	Fb (T/m ²)	D ₁ (m)	t (m)
0.35	9.343	246.18	45500	0.4461	0.0481
0.40	10.677	281.34	45500	0.4871	0.0436
0.45	12.012	316.51	45500	0.5294	0.0397
0.50	13.347	351.68	45500	0.5728	0.0364
0.60	16.016	422.01	45500	0.6621	0.0311

Tabel 4.4 Tebal pelat sambung baja pada penyambungan tiang type C

a) Titik 1 (kedalaman 4,5 m)

d (m)	PGeser (Ton)	M (T-m)	Fb (T/m ²)	D ₁ (m)	t (m)
0.35	73.197	7.148	45500	0.3533	0.0016
0.40	83.654	8.169	45500	0.4029	0.0014
0.45	94.111	9.19	45500	0.4525	0.0013
0.50	104.57	10.211	45500	0.5023	0.0011
0.60	125.48	12.253	45500	0.6019	0.0010

b) Titik 2 (kedalaman 9 m)

d (m)	PGeser (Ton)	M (T-m)	Fb (T/m ²)	D ₁ (m)	t (m)
0.35	23.673	224.72	45500	0.4389	0.0444
0.40	27.055	226.82	45500	0.4719	0.0359
0.45	30.437	288.92	45500	0.5231	0.0365
0.50	33.819	321.02	45500	0.5669	0.0334
0.60	40.585	385.23	45500	0.6570	0.0285

c) Titik 3 (kedalaman 13,5 m)

d (m)	PGeser (Ton)	M (T-m)	Fb (T/m ²)	D ₁ (m)	t (m)
0.35	23.673	224.72	45500	0.4372	0.0436
0.40	27.055	226.82	45500	0.4788	0.0394
0.45	30.437	288.92	45500	0.5216	0.0358
0.50	33.819	321.02	45500	0.5655	0.0328
0.60	40.585	385.23	45500	0.6558	0.0279

4.4.3 Perhitungan las

Perhitungan sambungan dengan menggunakan elektrode las E110XX diterapkan dalam susunan tiang yang dibagi menjadi 3 type yaitu :

- Type A : Tiang sepanjang 18 m dibagi menjadi 2 potongan masing-masing sepanjang 9 m
- Type B : Tiang sepanjang 18 m dibagi menjadi 3 potongan masing-masing sepanjang 6 m
- Type C : Tiang sepanjang 18 m dibagi menjadi 4 potongan masing-masing sepanjang 4,5 m

Pada susunan tiang type A untuk tiang berdiameter 35 cm gaya geser yang bekerja sebesar 23,779 ton dan momen yang terjadi sebesar 224,51 Ton-m. Besarnya tegangan las (fr) yang terjadi untuk tebal las efektif 4 cm adalah sebagai berikut :

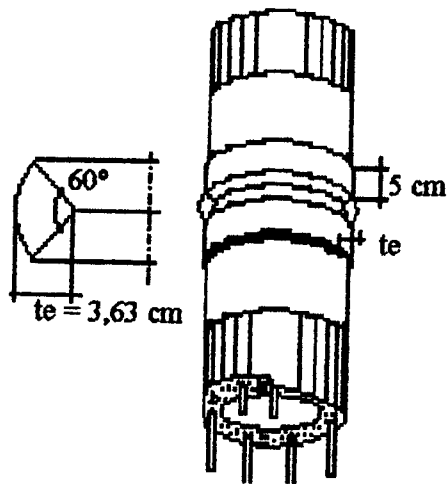
$$\begin{aligned} \text{Tegangan geser las (f1)} &= \frac{P}{A} = \frac{P}{\pi(r^2 - r_1^2)} \\ &= \frac{23,779}{\pi(17,5^2 - 13,5^2)} \\ &= 0,06104 \text{ T/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tegangan lentur las (f2)} &= \frac{M}{S} = \frac{M}{\frac{\pi}{32D}(D^4 - D_1^4)} \\ &= \frac{22451}{\frac{\pi}{32 \cdot 35}(35^4 - 27^4)} \\ &= 8,2584 \text{ T/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Resultan tegangan (fr)} &= \sqrt{(F1)^2 + (F2)^2} \\ &= \sqrt{(0,06104^2 + 8,2584^2)} \\ &= 8,2586 \text{ T/cm}^2 \end{aligned}$$

Tebal las yang diperlukan untuk menghubungkan pelat baja pada kepala tiang adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Tebal las perlu (te)} &= \frac{fr}{0,3 \text{ tegangan ijin}} \\ &= \frac{8,2586}{0,3 \cdot 7,6} \\ &= 3,63 \text{ cm} \end{aligned}$$



Gambar 4.5 Penampang las

Hasil perhitungan secara lengkap untuk tiang berdiameter 35 cm, 40 cm, 45 cm, 50 cm dan 60 cm pada sambungan type A, B, dan C dapat dilihat pada tabel 4.5, tabel 4.6 dan tabel 4.7

Tabel 4.5 Tebal sambungan las pada penyambungan tiang type A

d (cm)	r (cm)	rl (cm)	A (cm ²)	S (cm ³)	P (Ton)	M (T-cm)	f1 (T/cm ²)	f2 (T/cm ²)	Fr (T/cm ²)	te (cm)
35	17.5	13.5	389.360	2717.177	23.673	22472	0.061	8.268	8.268	3.63
40	20.0	16.0	452.160	3707.712	27.055	22682	0.060	6.116	6.116	2.68
45	22.5	18.5	514.960	4854.928	30.437	28892	0.059	5.949	5.949	2.61
50	25.0	21.0	577.760	6158.922	33.819	32102	0.059	5.211	5.211	2.29
60	30.0	26.0	703.360	9237.461	40.583	38523	0.058	4.169	4.169	1.83

Tabel 4.6 Tebal sambungan las pada penyambungan tiang type B

a) Titik 1 (kedalaman 6 m)

d (cm)	r (cm)	rl (cm)	A (cm ²)	S (cm ³)	P (Ton)	M (T-cm)	f1 (T/cm ²)	f2 (T/cm ²)	Fr (T/cm ²)	te (cm)
35	17.5	13.5	389.360	2717.177	56.689	10439	0.146	3.841	3.843	1.69
40	20.0	16.0	452.160	3707.712	64.788	11930	0.143	3.217	3.220	1.41
45	22.5	18.5	514.960	4854.928	72.888	13421	0.141	2.764	2.767	1.21
50	25.0	21.0	577.760	6158.922	80.985	14913	0.140	2.421	2.425	1.06
60	30.0	26.0	703.360	9237.461	97.182	17895	0.138	1.937	1.942	0.85

b) Titik 2 (kedalaman 12 m)

d (cm)	r (cm)	rl (cm)	A (cm ²)	S (cm ³)	P (Ton)	M (T-cm)	f1 (T/cm ²)	f2 (T/cm ²)	fr (T/cm ²)	te (cm)
35	17.5	13.5	389.360	2717.177	9.343	24618	0.024	9.057	9.057	3.97
40	20.0	16.0	452.160	3707.712	10.677	28134	0.024	7.586	7.586	3.33
45	22.5	18.5	514.960	4854.928	12.012	31651	0.023	6.517	6.517	2.86
50	25.0	21.0	577.760	6158.922	13.347	35168	0.023	5.708	5.708	2.50
60	30.0	26.0	703.360	9237.461	16.016	42201	0.023	4.567	4.567	2.00

Tabel 4.7 Tebal sambungan las pada penyambungan tiang type C

a) Titik 1 (kedalaman 4,5 m)

d (cm)	r (cm)	rl (cm)	A (cm ²)	S (cm ³)	P (Ton)	M (T-cm)	F1 (T/cm ²)	f2 (T/cm ²)	fr (T/cm ²)	te (cm)
35	17.5	13.5	389.360	2717.177	73.197	714.8	0.188	0.263	0.323	0.14
40	20.0	16.0	452.160	3707.712	83.654	816.9	0.185	0.220	0.288	0.13
45	22.5	18.5	514.960	4854.928	94.111	919	0.183	0.189	0.263	0.12
50	25.0	21.0	577.760	6158.922	104.57	1021.1	0.181	0.166	0.245	0.11
60	30.0	26.0	703.360	9237.461	125.48	1225.3	0.178	0.133	0.222	0.10

b) Titik 2 (kedalaman 9 m)

d (cm)	r (cm)	rl (cm)	A (cm ²)	S (cm ³)	P (Ton)	M (T-cm)	F1 (T/cm ²)	f2 (T/cm ²)	fr (T/cm ²)	te (cm)
35	17.5	13.50	389.484	2718.042	23.673	22472	0.061	8.268	8.268	3.63
40	20.0	16.00	452.304	3708.893	27.055	22682	0.060	6.116	6.116	2.68
45	22.5	18.50	515.124	4856.475	30.437	28892	0.059	5.949	5.949	2.01
50	25.0	21.00	577.944	6160.883	33.819	32102	0.059	5.211	5.211	2.29
60	30.0	26.00	703.584	9240.403	40.585	38523	0.058	4.169	4.169	1.83

c) Titik 3 (kedalaman 13,5 m)

d (cm)	r (cm)	rl (cm)	A (cm ²)	S (cm ³)	P (Ton)	M (T-cm)	F1 (T/cm ²)	f2 (T/cm ²)	fr (T/cm ²)	te (cm)
35	17.5	13.50	389.484	2718.042	25.851	21983	0.066	8.088	8.088	3.55
40	20.0	16.00	452.304	3708.893	29.543	25123	0.065	6.774	6.774	2.97
45	22.5	18.50	515.124	4856.475	33.236	28264	0.065	5.820	5.820	2.55
50	25.0	21.00	577.944	6160.883	36.929	31404	0.064	5.097	5.098	2.24
60	30.0	26.00	703.584	9240.403	4.315	37685	0.063	4.078	4.079	1.79

BAB V

PEMBAHASAN

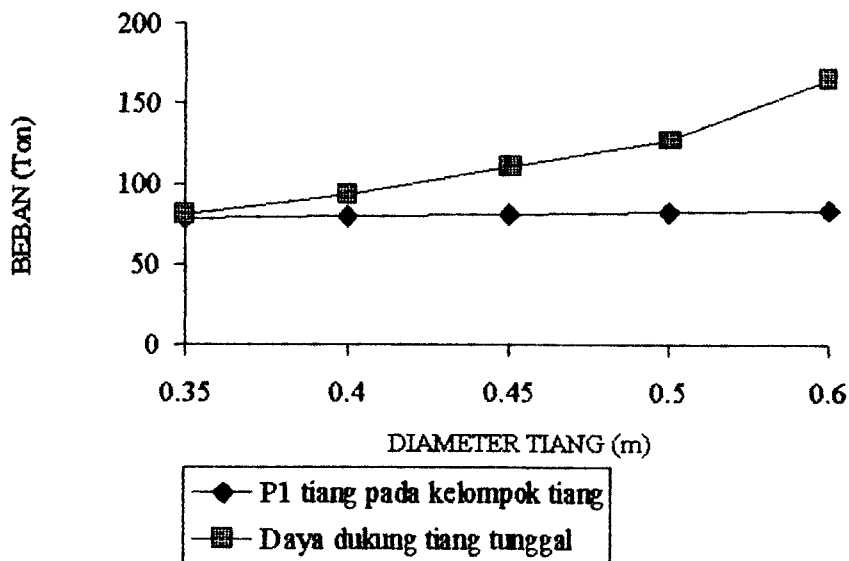
Beberapa hal yang dapat diperoleh dari perhitungan analisis sambungan tiang pancang beton prategang adalah daya dukung tiang, kekuatan penampang tiang dan kekuatan sambungan las terhadap gaya lateral tanah. Hal ini dapat dijadikan referensi dalam merencanakan tiang pancang beton prategang yang tertanam seluruhnya di dalam tanah terhadap kekuatan lentur dan geser akibat gaya lateral . Dengan demikian dalam perencanaan selanjutnya dapat dihasilkan suatu dimensi tiang pancang dan ukuran las yang lebih ekonomis.

5.1 Daya Dukung Tiang dan Penurunan Tiang

Kekuatan daya dukung tiang dan penurunan yang terjadi untuk beberapa ukuran diameter bervariasi. Semakin besar diameter tiang yang dipakai akan semakin besar kekuatan daya dukung yang dihasilkan. Dalam pemilihan tiang tidak saja dilihat besarnya diameter tiang untuk mampu menahan beban di atasnya, tetapi yang terpenting lagi adalah besar kecilnya penurunan yang terjadi. Besarnya daya dukung tiang dan penurunan yang terjadi merupakan suatu syarat mutlak didalam merencanakan suatu pondasi, dalam hal ini tiang pancang. Daya dukung tiang yang baik tanpa peninjauan terhadap besarnya penurunan akan mengakibatkan ketidakstabilan struktur bangunan dan akan mengakibatkan ketidaknyamanan terhadap pengguna struktur di atasnya dan yang lebih fatal lagi keruntuhan struktur tersebut, sehingga dapat dikatakan suatu

struktur pondasi tiang aman dan nyaman apabila tiang tersebut mempunyai daya dukung yang besar terhadap struktur di atasnya dan penurunan tiang kecil.

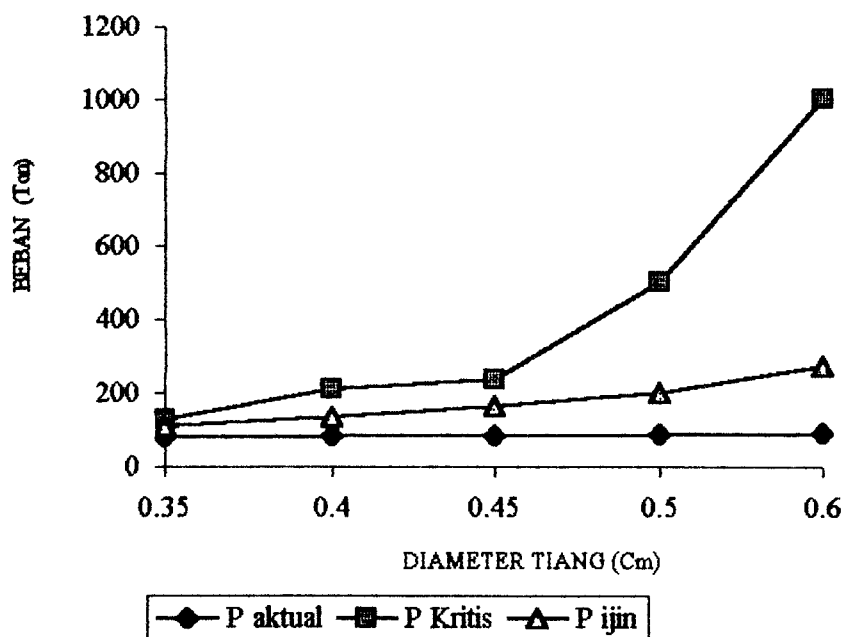
Pada perhitungan di bab sebelumnya, dengan menggunakan data tanah dari salah satu proyek di Jakarta, dihasilkan daya dukung dan penurunan tiang tunggal maupun tiang kelompok dalam kondisi tanah lempung. Daya dukung tiang tunggal yang dihasilkan ternyata mempunyai harga dibawah beban aksial kolom. Untuk mengatasi hal tersebut dibutuhkan beberapa tiang yang disusun dalam kelompok tiang. Penggunaan kelompok tiang dimaksudkan apabila tiang tunggal tidak mampu menahan beban yang lebih besar. Beban yang di terima oleh kelompok tiang didistribusikan ke masing-masing tiang dengan besar yang bervariasi sesuai dengan jarak tiang. Beban yang diterima oleh masing-masing tiang harus lebih besar atau sama dengan oleh daya dukung tiang tunggal.



Grafik 5.1 Hubungan daya dukung tiang tunggal dengan kekuatan 1 tiang dalam kelompok tiang

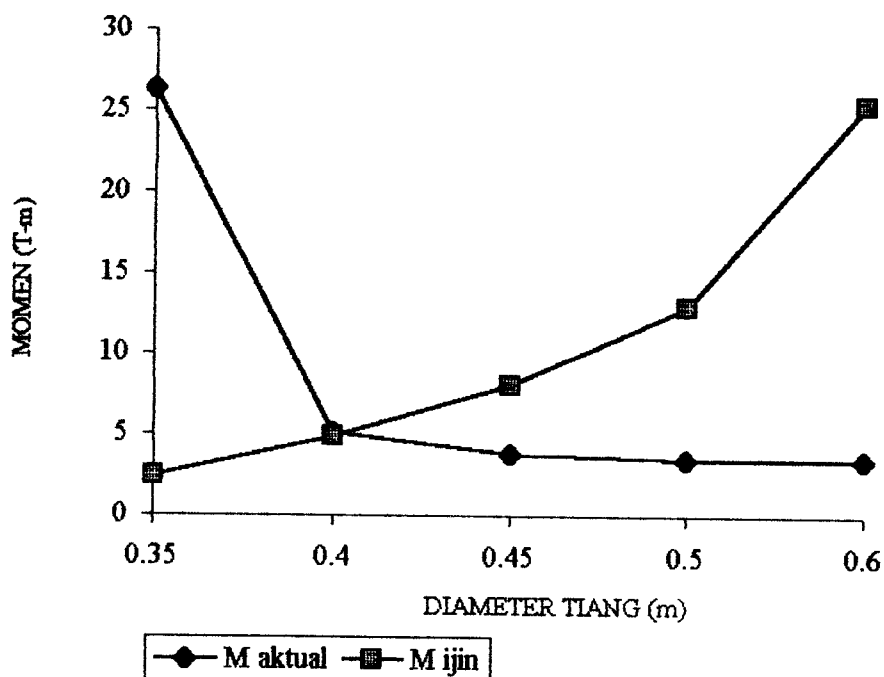
5.2 Kekuatan Penampang Tiang

Dari perhitungan kapasitas penampang terhadap beban aksial konsentris dan momen retak, dapat dihasilkan dimensi penampang tiang pancang yang efektif. Penampang tiang pancang direncanakan mampu menahan beban aksial, momen maupun kombinasi antara keduanya. Berdasarkan perhitungan didapat beban aktual terfaktor (P_a) sebagai penjumlahan antara beban yang diterima setiap tiang dengan berat sendiri tiang dan beban kritis (P_c) sebagai akibat adanya kelangsingan tiang, sedangkan beban ijin berdasarkan kemampuan bahan tiang (P'). Beban aktual terfaktor mempunyai harga dibawah beban kritis dan beban ijin, sehingga dalam hal ini perencanaan tiang dapat dikatakan aman seperti diperlihatkan pada grafik 5.2.



Grafik 5.2 Hubungan antara beban aktual, beban kritis dan beban ijin tiang

Untuk perhitungan gaya momen, didapat momen aktual terfaktor akibat faktor pembesaran momen (M_a) dan momen ijin penampang tiang pancang (M'). Momen aktual dihitung berdasarkan beban aksial eksternal terfaktor dan berat sendiri tiang berdasarkan kemampuan tiang menahan berat. Momen layan yang dihasilkan harus mempunyai nilai di bawah momen ijin. Grafik 5.3 memperlihatkan bahwa momen aktual terfaktor yang dihasilkan pada tiang pancang diameter 35 cm mempunyai nilai di atas momen ijin dibandingkan dengan diameter 40 cm, 45 cm, 50 cm dan 60cm sehingga tiang berdiameter tersebut tidak aman digunakan.



Grafik 5.3 Hubungan momen aktual yang bekerja pada tiang dengan momen ijin tiang

5.2 Analisis sambungan

Perhitungan sambungan tiang dilakukan dengan membagi tiang menjadi 3 type titik sambungan yang letaknya berlainan. Setiap titik sambungan pada masing-masing type dihitung berdasarkan resultan gaya dari gaya geser dan momen lentur yang terjadi.

Penyambungan antar tiang pada tiap titik sambung dihubungkan dengan pelat sambung yang terbuat dari pelat baja berbentuk cincin yang mempunyai mutu sama atau lebih tinggi dari mutu beton. Jenis pelat baja yang dipakai adalah A514 dengan kuat leleh baja (f_y) sebesar 100 ksi dan kuat tarik baja (f_u) sebesar 110 ksi. Dimensi pelat sambung pada penyambungan dipengaruhi oleh besar kecilnya momen lentur akibat gaya lateral tanah. Semakin besar momen lentur yang terjadi pada tiang semakin besar dimensi pelat sambung yang dibutuhkan. Pelat sambung yang dibutuhkan untuk masing-masing tiang mempunyai dimensi yang berbeda-beda sesuai dengan besar kecilnya momen yang terjadi seperti pada tabel 4.2, tabel 4.3 dan tabel 4.4. Ketebalan pelat sambung yang lebih besar dari 2 cm disarankan menggunakan ketebalan 2 cm, karena pelat sambung untuk ukuran tersebut tidak dijumpai di lapangan.

Pelat sambung yang terdapat pada kepala tiang disambung dengan menggunakan las E110XX dan mempunyai mutu yang sepadan dengan mutu dari pelat sambung. Ketebalan las yang dibutuhkan, dihitung dengan berdasarkan resultan tegangan dari tegangan geser las dan tegangan lentur las dengan tegangan leleh las (f_y) sebesar 98 ksi dan kuat tarik (f_u) sebesar 110 ksi. Pengelasan menggunakan busur logam terlindung (SMAW) dan jenis las tumpul dengan sudut ikatan 60° tegak lurus dengan pelat

sambung yaitu menghubungkan pelat sambung baja atas dengan bawah. Tebal las yang dibutuhkan pada titik sambung masing-masing type sambungan mempunyai besaran yang berbeda dapat dilihat pada tabel 4.5, 4.6 dan 4.7. Ketebalan las dipengaruhi oleh besar kecilnya resultan tegangan geser dan lentur dari las. Pada kondisi harga resultan gaya geser dan lentur las akibat tekanan lateral tanah besar, tebal las yang diperlukan adalah besar.

Untuk mendapatkan suatu sambungan yang aman terhadap sistem gaya yang bekerja dalam hal ini adalah gaya geser dan momen akibat tekanan tanah, maka perlu diperhatikan besar kecil gaya geser dan momen yang terjadi. Daerah yang mempunyai momen lentur maksimum adalah daerah yang paling kritis terhadap tekuk, sehingga apabila dilakukan penyambungan pada daerah tersebut dibutuhkan ketelitian kekuatan sambungan yang dipakai.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis sambungan tiang pancang beton prategang , maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagaimana dapat diuraikan di bawah ini.

1. Besar kecilnya diameter tiang yang yang dipakai berpengaruh dengan besar kecilnya daya dukung oleh tiang dalam menahan gaya aksial struktur di atasnya.
2. Kekuatan dukung satu tiang di dalam kelompok tiang mempunyai harga lebih kecil dari daya dukung tiang tunggal.
3. Semakin besar momen lentur yang bekerja pada tiang akibat gaya lateral tanah sepanjang tiang, semakin besar ketebalan pelat baja yang diperlukan.
4. Resultan gaya geser dan lentur las akibat gaya lateral tanah yang bekerja sepanjang tiang berpengaruh terhadap ketebalan las , dengan kecenderungan semakin besar resultan gaya geser dan lentur, ketebalan las semakin kecil.
5. Penyambungan tiang pancang yang aman dapat dilakukan pada titik, dimana harga resultan tegangan dari tegangan geser dan lentur mempunyai harga yang terkecil.

6.2 Saran –saran

Untuk lebih melengkapi mengenai analisis sambungan pada tiang pancang ini hendaknya dapat ditambahkan antara lain :

1. Penentuan daya dukung tiang dengan cara dinamik
2. Perencanaan kekuatan sambungan akibat pemancangan
3. Penggunaan alat sambung selain las
4. Tinjauan gaya lateral tanah yang terjadi akibat adanya gempa
5. Digunakannya metode lain dalam menganalisis gaya lateral tanah

DAFTAR PUSTAKA

1. Amon, Rene.,1988, "Perencanaan Konstruksi Baja untuk Insinyur dan Arsitek", Pradnya Paramita, Jakarta.
2. Bowles J.E., 1986, "Analisa dan Disain Pondasi", Erlangga, Jakarta.
3. _____, 1992, "Bahan Kuliah Pengetahuan Dasar Struktur Baja", Paguyuban Dosen Baja Yogyakarta.
4. Broms, B.,1964, "The lateral Resistance of Piles in Cohesive Soils", *Journal of Mechanics and Foundation Engineering*, ASCE, Vol 90, no SM-3.
5. Chu-Kia Wang, 1992, "Analisa Struktur Lanjutan", Erlangga, Jakarta.
6. Coduto, D.P., 1994, "Foundation Design Principles and Practices" Prentice Hall Englewood, N J, 07632.
7. K.Basah Suryolelono,1994, "Teknik Pondasi bagian II", NAFIRI, Yogyakarta
8. _____, 1994, "Manual Pondasi Tiang", Pascasarjana Magister Teknik Sipil, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung
9. N. Frishna Raju,1989, "Beton Prategang", edisi kedua, Erlangga, Jakarta.
10. Prakash Shamsar dan Sharma Hari D., 1989, "Pile Foundations in Engineering Practice", John Wiley & Sons Inc, New York, USA.
11. Poulos H.G. dan Davis E.H., 1980, "Pile Foundation Analysis and Design", John Wiley & Sons Inc, New York, USA.

12. Suyono Sosrodarseno dan Kazuto Nakarawa, 1983. "Mekanika Tanah Dan Teknik Pondasi", P.T. Pradya Paramita, Jakarta.
13. Sunggono, 1984: "Mekanika Tanah", Nova, Bandung.
14. Salmon C. G. dan Johnson J.E., 1991: "Struktur Baja, Erlangga, Jakarta.
15. Tomlinson, M.J., " Foundation Design and Construction" 5th edition, Longman Scientific & Technical, England.
16. _____, "Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung", SFSNI T15 – 1991-03 Departemen Pekerjaan Umum.

LAMPYRAN



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL
Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta

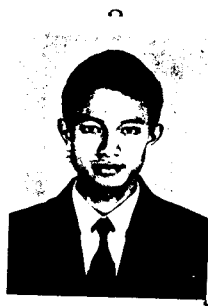
KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

No.	Nama	No. Mhs.	N.J.R.M.	Bidang Studi
1.	SIGIT TJAHYONO	92 310 121		STRUKTUR
2.	WACHID ARI HARIJANTO	92 310 045		STRUKTUR

DUL TUGAS AKHIR : ANALISIS SAMBUNGAN TIANG PANCANG.....

Edy Purwanto
 29/9/98

Penyusunan Pembimbing I : : DR. IR. EDY PURWANTO. CES. DEA
 Penyusunan Pembimbing II : : IR. IBNU SUDARMADJI. MS



Yogyakarta, 24 September 1998
 An. Dekan,
 Jurusan Teknik Sipil,



Tajuddin BMA
 TADJUDDIN BMA., MS

lok : Hotel
 isi : Jl. Dr. Sudarjo

Simplified Soil Parameter

0.00

0.00

Asphalt / fill Material

3.00

Silty clay - 1
 $N = 5$; $E_u = 5.0 \text{ MPa}$; $C_c = 0.70$
 $\gamma = 1.60 \text{ kN/M}^3$; $K_h = 5.0 \text{ MN/M}^3$; $C_r = 0.07$
 $C_u = 35 \text{ kPa}$; $e_0 = 1.5$

7.00

Silty clay - 2
 $N = 5$; $E_u = 5.0 \text{ MPa}$; $C_c = 0.70$
 $\gamma = 1.60 \text{ kN/M}^3$; $K_h = 5.0 \text{ MN/M}^3$; $C_r = 0.07$
 $C_u = 35 \text{ kPa}$; $e_0 = 1.5$

-11.00 (GWL)

-12.00

Sandy silt - 1
 $N = 5$; $E_u = 7.5 \text{ MPa}$; $C_c = 0.70$
 $\gamma = 1.60 \text{ kN/M}^3$; $K_h = 7.5 \text{ MN/M}^3$; $C_r = 0.07$
 $C_u = 35 \text{ kPa}$; $e_0 = 1.5$

-15.00

Sandy silt - 2
 $N = 8$; $E_u = 12 \text{ MPa}$; $C_c = 0.60$
 $\gamma = 1.65 \text{ kN/M}^3$; $K_h = 12 \text{ MN/M}^3$; $C_r = 0.06$
 $C_u = 55 \text{ kPa}$; $e_0 = 1.40$

-18.00

Sandy silt - 3
 $N = 18$; $E_u = 27 \text{ MPa}$; $C_c = 0.45$
 $\gamma = 1.70 \text{ kN/M}^3$; $K_h = 27 \text{ MN/M}^3$; $C_r = 0.045$
 $C_u = 125 \text{ kPa}$; $e_0 = 1.30$
 $\phi_u = 5^\circ$

-23.00

Sand - 1
 $N = 50$; $E = 75 \text{ MPa}$
 $\gamma = 1.80 \text{ kN/M}^3$; $K_h = 150 \text{ MN/M}^3$
 $\phi' = 39^\circ$

-32.00

Sand - 2
 $N = 22$; $E = 33 \text{ MPa}$
 $\gamma = 1.75 \text{ kN/M}^3$; $K_h = 65 \text{ MN/M}^3$
 $\phi' = 32^\circ$

UNIVERSITAS INDONESIA
 FAKULTAS TEKNIK
 LABORATORIUM MEKANIKATANAH

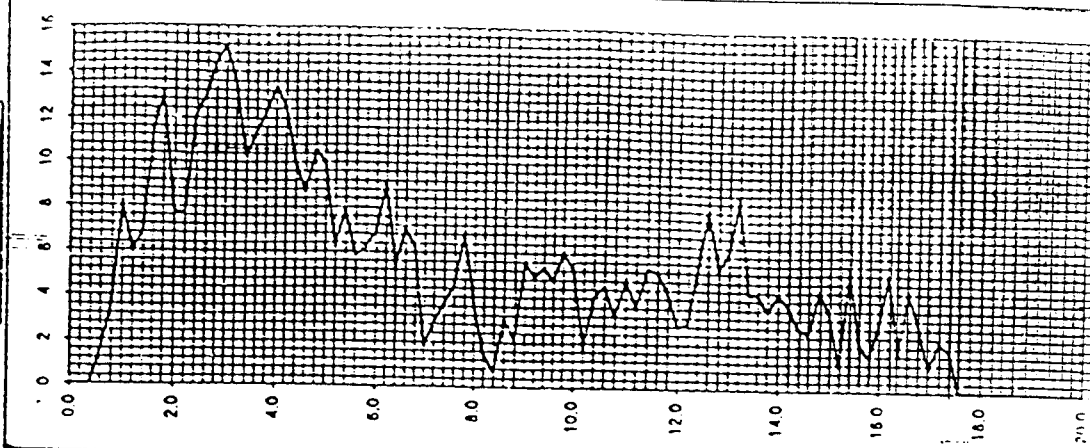
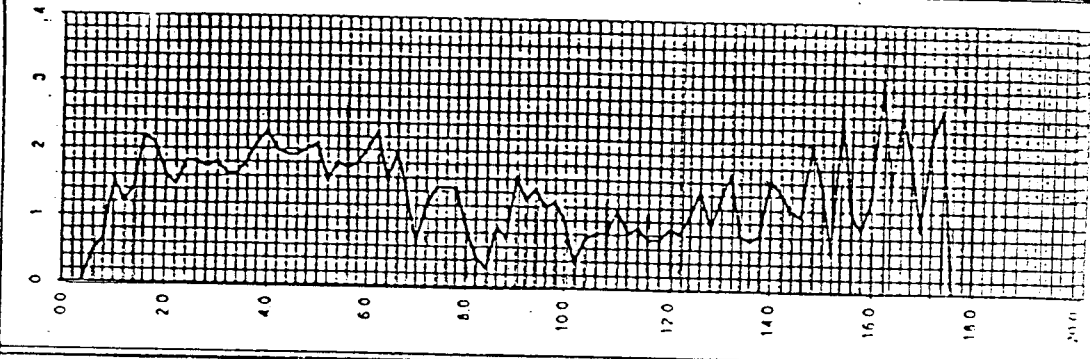
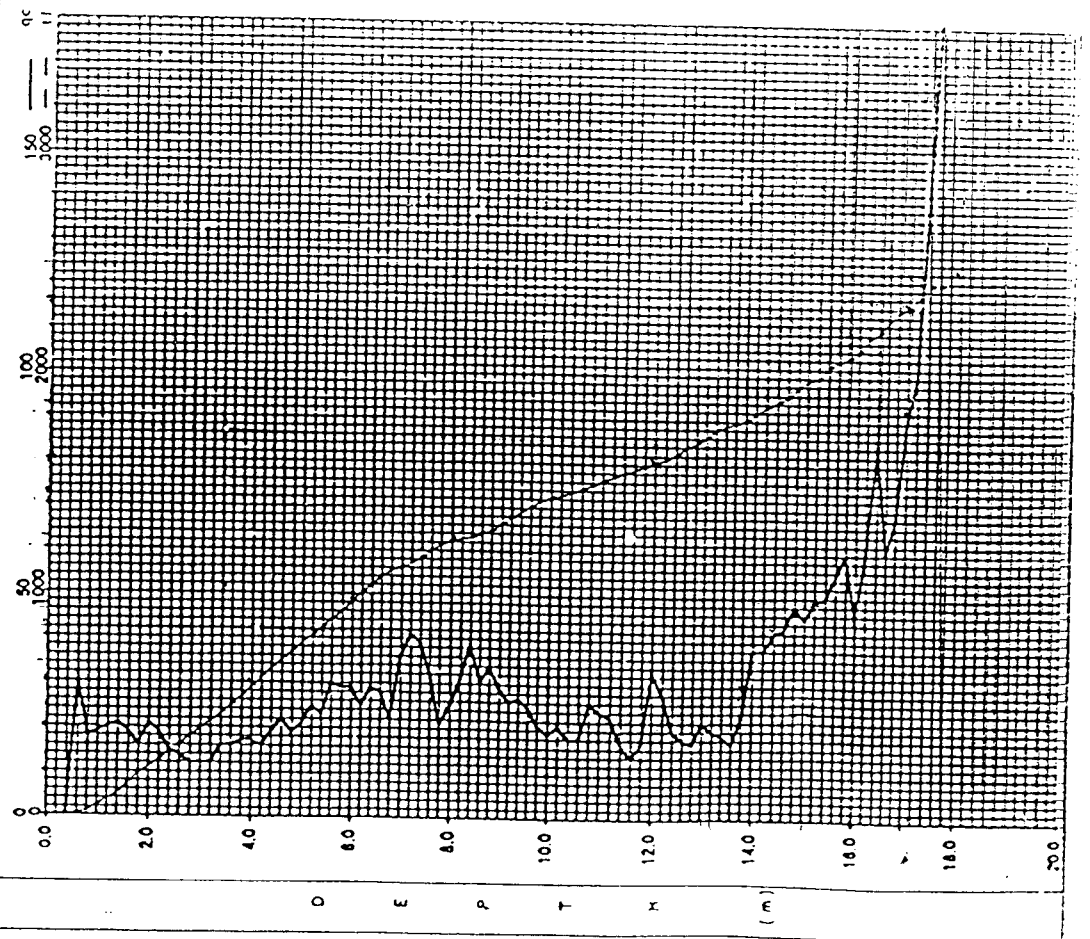
Project : Hotel CIARION
 Date : 13-09-05
 Location : Jl. Dr. Saharjo - Jakarta
 C.V.I. :
 CPT No. : S.1
 Elevation : ± 0,30 m

qc (kg/cm²)
 II (kg/cm)

II (kg/cm²)

FR = Is / qc (%)

Estimate
 Soil Type



Tabel 2.1.1 Baja yang Dipakai untuk Bangunan dan Jembatan

Identifikasi ASTM †	Mutu (jika ada)	F_y Tegangan Leleh		F_u Kekuatan Torik		Ketebalan Maksimum untuk Plat (inci)	Kelompok A6 * untuk Profil	Pemakaian yang Umum
		Minimum (ksi)	(MPa)	(ksi)	(MPa)			
A36		32	220	58-80	400-550	Lebih dari 8 Sampai 8	— Semua	Untuk segala macam struktur; dibaut atau dilas, terutama untuk gedung
		36	250	58-80	400-550			
A53	A B	30	210	48	330			Pipa yang dilas dan tanpa kampuh (seamless)
		35	240	60	415			
A242		42	290	63	435	Lebih dari 1/2 sampai 4 Lebih dari 1/2 sampai 1 1/2 Sampai 3/4	4, 5 3 1, 2	Konstruksi jembatan yang dibaut dan dilas bila tahan karat diperlukan; telah digantikan oleh A709, Mutu S0W
		46	315	67	460			
		50	345	70	485			
A440		42	290	63	435	Lebih dari 1/2 sampai 4 Lebih dari 1/2 sampai 1 1/2 Sampai 3/4	4, 5 3 1, 2	Konstruksi yang dibaut; telah digantikan oleh A572 untuk gedung; dan A709 untuk jembatan
		46	315	67	460			
		50	345	70	485			
A441		40	275	60	415	Lebih dari 4 sampai 8 Lebih dari 1/2 sampai 4 Lebih dari 3/4 sampai 1 1/2 Sampai 3/4	— 4, 5 3 1, 2	Konstruksi yang dilas; telah banyak digantikan oleh A572 untuk gedung dan A709 untuk jembatan
		42	290	63	435			
		46	315	67	460			
		50	345	70	485			
A500	A B C	33	228	45	310	Bulat		Pipa bulat dan persegi tanpa kampuh dan yang dilas dalam keadaan dingin; untuk segala macam struktur
		42	290	58	400			
		46	317	62	427			
	A B C	39	269	45	310	Profil		
		46	317	58	400			
		50	345	62	427			
A501		36	248	58	400			Pipa bulat dan persegi tanpa kampuh dan yang dilas dalam keadaan panas; untuk segala macam struktur
A514		90	620	100-130	690-895	Lebih dari 2 1/2 sampai 6 Sampai 2 1/2		Pelat baja paduan untuk konstruksi yang dilas; telah digantikan oleh A709 untuk jembatan
		100	620	110-130	760-895			
A529		42	290	60-85	414-586	Sampai 1/2		Portal kaku <i>Pra-teknik</i>
A570	A B C D E	25	170	45	310			Penampang yang dibentuk dalam keadaan dingin
		30	210	49	340			
		33	230	52	360			
		40	280	55	380			
		42	290	58	400			
A572		42	290	60	415	Sampai 6 Sampai 2 Sampai 1 1/2 Sampai 1 1/2	Semua Semua 1-2 J	Konstruksi yang dilas dan dibaut untuk gedung; jembatan yang dilas hanya untuk Mutu 42 dan 50; hakekatnya telah digantikan oleh A709, Mutu 50 untuk jembatan
		50	345	65	450			
		60	415	75	520			
		65	450	80	550			

abel 2.1.1 (Lanjutan)

Identifikasi ASTM [†]	Mutu (Jika ada)	F_y Tegangan Leleh Minimum (ksi)	(MPa)	F_u Kekuatan Tarik (ksi)	(MPa)	Ketebalan Maksimum untuk Pelat (inci)	Kelompok A6* untuk Profil	Pemakaian yang Umum
A588		42	290	63	435	Lebih dari 5 sampai 8	Semua	Baja lapuk untuk konstruksi yang dilas dan dibaut; hakikatnya telah digantikan oleh A709, Mutu 50W untuk jembatan
		46	315	67	460	Lebih dari 4 sampai 5		
		50	345	70	485	Sampai 4		
A606		45	310	65	450	(Dalam potongan dengan panjang tertentu dan digiling panas)		Baja strip dan lembaran yang digiling panas dan dingin dalam bentuk gulungan atau panjang tertentu; digunakan untuk membuat profil bentukan dingin
		50	345	70	480			
A607	45	45	310	60	410			Baja strip dan lembaran yang digiling panas dan dingin, tersedia dalam gulungan atau panjang tertentu; digunakan untuk membuat profil bentukan dingin
	50	50	345	65	450			
	55	55	380	70	480			
	60	60	415	75	520			
	65	65	450	80	550			
A611	70	70	485	85	590			Baja lembaran yang digiling dingin untuk membuat profil bentukan dingin
	A	25	170	42	290			
	B	30	205	45	310			
	C	33	230	48	330			
	D	40	275	52	360			
A618	E	80	550	82	570			Pipa persegi tanpa kampul dan yang dilas dalam keadaan panas; untuk segala macam struktur
	I	50	345	70	485			
	II	50	345	70	485			
A709	36	32	220	58	400	Lebih dari 8	Semua	Konstruksi jembatan; Mutu 36 hampir sama dengan A36; Mutu 50 dengan A441; Mutu 50W dengan A588; dan Mutu 100 dengan A514
		36	250	58-80	400-550	Sampai 8		
	50	50	345	65	450	Sampai 2		
	50W	50	345	70	485	Sampai 4		
	100 & 100W	90	635	100-130	700-915	Lebih dari 2½ sampai 4		
	100 & 100W	100	700	110-130	775-915	Sampai 2½		

*Profil giling struktural (W, M, S, HP, C, MC, dan L) dikelompokkan menurut ukuran untuk klasifikasi sifat tarik oleh ANSI/ASTM A6 (lihat Pustaka 1). Kelompok ini diberi nomor 1 sampai 5. Termasuk di dalamnya ialah semua penampang giling bersayap (flanged) yang minimal salah satu dimensi penampangnya 3 inci (75 mm) atau lebih. Kelompok tersebut ditentukan menurut tebal badan yang selaras dengan tebal maksimum untuk plat, dengan badan yang tertipis dalam Kelompok 1 dan yang tertebal dalam Kelompok 5. Untuk mengetahui penampang dalam setiap kelompok, pembaca dapat melihat pada ANSI/ASTM A6 atau AISC Manual.

† Semua baja dalam tabel diterima oleh Spesifikasi AISC 1978, kecuali A440, A570, Mutu A, B, dan C, A611, serta A709.

tabel 5.12.1 Syarat Logam Pengisi Sepadan (dari AWS Label 4.1.1) (Dipinjam dari AWS)

Kelompok	Spesifikasi Logam Baja Dasar*	Proses Pengelasan :			
		Pengelasan Busur Nyala Logam Terlindung (SMAW)	Pengelasan Busur Nyala Terbenam (SAW)	Pengelasan Busur Nyala Logam Gas (GMAW)	Pengelasan Busur Nyala Berinti Fluks (FCAW)
I	ASTM A36, A53 Mutu B, A500, A501, A529 A570 Mutu D dan E, dan A709 Mutu 36	AWS A5.1 atau A5.5 E60XX atau E70XX	AWS A5.17 atau A5.23 E6X atau E7X-EXXX	AWS A5.18 E70S-X atau E70U-1	AWS A5.20 E60T-X (kecuali EXXT-2 dan EXXT-3)
II	ASTM A242 §, A441, A572 Mutu 42-55, A588 §, dan A709 Mutu 50 dan 50W	AWS A5.1 atau A5.5, E70XX	AWS A5.17 atau A5.23 E7XX-EXXX	AWS A5.18 E70S-X atau E70U-1	AWS A5.20 E60T-X (kecuali E70T-2 dan E70T-3)
III	ASTM A572 Mutu 60 dan 65	AWS A5.5 E80XX	AWS A5.23 E8X-EXXX *	Mutu E80S ¶	Mutu E80T ¶
IV	ASTM A514 (lebih tebal dari 2½ inci) dan A709 Mutu 100 dan 100W (2½ sampai 4 inci)	AWS A5.5 E100XX	AWS A5.23 E10X-EXXX *	Mutu E100S ¶	Mutu E100T ¶
V	ASTM A514 (2½ inci dan kurang) dan A709 Mutu 100 dan 100W (2½ inci dan kurang)	AWS A5.5 E110XX	AWS A5.23 E11X-EXXX *	Mutu E110S ¶	Mutu E110T ¶

*ada sambungan dengan dua logam dasar yang kekuatan atau titik lelehnya berbeda, elektroda logam pengisi yang berlaku bagi logam dasar yang lebih rendah kekuatannya boleh dipakai; kecuali jika logam dasar yang lebih tinggi kekuatannya membutuhkan elektroda rendah-hidrogen, elektroda ini harus digunakan.

¶jika las akan dikurangi tegangannya, logam las tidak boleh mengandung vanadium lebih dari 0,05%

||lihat AWS D1.1-79, Bab 4.20 untuk syarat terak listrik dan las terak listrik

§untuk baja ASTM A242 dan A588 tanpa cat yang membutuhkan logam las tahan karat atmosfer dan karakteristik warna yang sama seperti logam dasar, elektroda kombinasi elektroda-fluks, atau mutu logam las harus sesuai dengan AWS D1.1-79, Label 4.1.1.

¶hanya jika dipakai rendah-hidrogen.

*Logam las yang dipakai harus memberi kekuatan kejut 20 ft lb (27,1 ft) pada 0°F (-18°C) bila menggunakan benda uji takik V Charpy. Syarat ini hanya berlaku bagi pendaratan.

Tabel 2.3.1 Elektroda yang Dipakai untuk Pengelasan*

Pengelasan Busur Nyala Logam Terlindung (SMAW) AWS A5.1 dan A5.5	Proses			Tegangan Leleh Minimum		Kekuatan Tarik Minimum	
	Pengelasan Busur Nyala Tenggelam (SAW) AWS A5.17 dan A5.23	Pengelasan Busur Nyala Logam Gas (GMAW) AWS A5.18	Pengelasan Busur Nyala Berinti Fluks (FCAW) AWS A5.20	(ksi)	(MPa)	(ksi)	(MPa)
E60XX	F6X-EXXX		E60T-X	50	345	67	460
				50	345	62-80	425-550
E70XX	F7X-EXXX		E70-X	50	345	62	425
				57	395	70	485
E80XX	F8X-EXXX	E70S-X	E70-X	60	415	70-95	485-655
				65	415	72	495
E100XX	F10X-EXXX	Mutu E80S	Mutu E80T	67	460	72	495
				68	470	80-100	550-690
E110XX	F11X-EXXX	Mutu E110S	Mutu E110T	65	450	80	550
				68	470	80-95	550-655
E100XX	F10X-EXXX	Mutu E110S	Mutu E100T	87	600	100	690
				88	605	100-130	690-895
E110XX	F11X-EXXX	Mutu E100S	Mutu E110T	90	620	100	690
				88	605	100-115	690-790
E110XX	F11X-EXXX	Mutu E100S	Mutu E110T	97	670	110	760
				98	675	110-130	760-895
E110XX	F11X-EXXX	Mutu E100S	Mutu E110T	98	675	110	760
				98	675	110-125	760-860

* Syarat logam pengisi ditentukan oleh AWS D1.1-79, Tabel 4.1.1 agar sepadan dengan pelbagai baja struktural.

Tabel 5.11.1 Ukuran Las Sudut Minimum dan Tebal Efektif Minimum untuk Las Tumpul Penetrasi Parsial (dari AISC-Tabel 1.17.2 dan AWS 1.1 [9], Tabel 2.7 dan 2.10.3)

Tebal Logam Dasar (T) Bagian Sambungan yang Lebih Tebal		Ukuran Las Sudut Minimum*		Tebal Efektif Minimum (t _e) untuk Las Tumpul Penetrasi Parsial	
(inci)	(mm)	(inci)	(mm)	(inci)	(mm)
T ≤ 1/4	T ≤ 6,4	1/8 [†]	3 [‡]	1/8	3
1/4 < T ≤ 1/2	6,4 < T ≤ 12,7	3/16	5	3/16	5
1/2 < T ≤ 3/4	12,7 < T ≤ 19,0	1/4	6	1/4	6
3/4 < T ≤ 1 1/2	19,0 < T ≤ 38,1	5/16	8	5/16	8
1 1/2 < T ≤ 2 1/4	38,1 < T ≤ 57,1	5/16	8	3/8	10
2 1/4 < T ≤ 6	57,1 < T ≤ 152	5/16	8	1/2	13 ✓
6 < T	152 < T	5/16	8	5/8	16

* Ukuran las adalah panjang kaki las sudut. Ukuran las tidak perlu melampaui tebal bagian sambungan yang lebih tipis. Jika melampaui, pemanasan awal yang memadai harus dilakukan agar diperoleh las yang teguh.

† Ukuran minimum untuk struktur jembatan ialah 3/16 inci.

‡ Untuk satuan metrik, las lintasan tunggal minimum harus digunakan.