



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

✓ 28476/H/07



RSS
624.15
Soe
P-1
2007

TUGAS AKHIR - PG 1380

**PERBANDINGAN PENGAMBILAN KEPUTUSAN UNTUK
PEMILIHAN PONDASI TIANG PADA TANAH LUNAK DAN
KERAS DENGAN MENGGUNAKAN METODE ANALYTICAL
HIERARCHY PROCESS (AHP)**

ACHMAD SOELISTIANTO
NRP 3102 100 065

DOSEN PEMBIMBING
Supani, ST. MT
Ir. Soewarno, M.Eng.

PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terima	22-2-2007
Terima Dari	H
No. Agenda Prp.	22717

JURUSAN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2007



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - PG 1380

**DECISION MAKING COMPARISON FOR PILE
FOUNDATION SELECTION IN SOFT AND HARD SOIL
USING THE ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS
METHOD (AHP)**

ACHMAD SOELISTIANTO
NRP 3102 100 065

PROMOTORS
Supani, ST. MT
Ir. Soewarno, M.Eng.

CIVIL ENGINEERING DEPARTMENT
Civil Engineering and Planning Faculty
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2007

LEMBAR PENGESAHAN

**PERBANDINGAN PENGAMBILAN KEPUTUSAN
UNTUK PEMILIHAN PONDASI TIANG PADA
TANAH LUNAK DAN KERAS DENGAN
MENGUNAKAN METODE ANALYTICAL
HIERARCHY PROCESS (AHP)**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi Manajemen Konstruksi
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Oleh :
ACHMAD SOELISTIANTO
Nrp. 3102 100 065

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

1. **Supani, ST.MT.**  (Pembimbing I)
2. **Ir. Soewarno, MEng**  (Pembimbing II)

**SURABAYA
FEBRUARI, 2007**

PERBANDINGAN PENGAMBILAN KEPUTUSAN UNTUK PEMILIHAN PONDASI TIANG PADA TANAH LUNAK DAN KERAS DENGAN MENGUNAKAN METODE ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS (AHP)

Nama Mahasiswa : Achmad Soelistianto
NRP : 3102 100 065
Jurusan : Teknik Sipil FTSP – ITS
Dosen Pembimbing : Supani ST,MT
Ir. Soewarno MEng

ABSTRAK

Sistem struktur bawah pada proyek konstruksi gedung pasti akan menggunakan sistem pondasi, tidak terkecuali pada proyek Hi-Tech Center (HTC). Salah satu sistem pondasi yang sering digunakan adalah sistem pondasi tiang. Biasanya pondasi tiang ini digunakan pada daerah-daerah yang memiliki tanah dasar yang lunak dan tanah kerasnya berada pada kedalaman yang cukup dalam, seperti pada daerah kota Surabaya. Pondasi tiang yang paling sering digunakan pada proyek konstruksi ada dua jenis yaitu tiang pancang prestress dan tiang bor. Namun dalam pemilihan pondasi tiang tersebut, terdapat berbagai kriteria yang harus dipertimbangkan.

Salah satu metode pengambilan keputusan yang dapat digunakan dalam pemilihan pondasi tiang adalah dengan menggunakan metode Analytical Hierarchy Process (AHP). AHP adalah salah satu metode pengambilan keputusan yang sanggup menyelesaikan suatu permasalahan yang memiliki banyak kriteria dalam penyelesaiannya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pemilihan alternatif pondasi tiang yang sesuai untuk proyek HTC ini bila dibangun pada tanah keras dan tanah lunak dengan menggunakan metode AHP. Kriteria-kriteria yang digunakan adalah jumlah kebutuhan tiang, metode pelaksanaan, kondisi tanah, biaya pekerjaan, lama waktu pekerjaan,

ketersediaan, kebutuhan alat, kebutuhan SDM, kebisingan, kenyamanan, lokasi proyek dan jarak dengan lingkungan sekitarnya.

Hasil dari analisa dengan menggunakan metode AHP didapatkan bahwa prosentase bobot alternatif dari masing-masing pondasi tiang pada tanah keras untuk pondasi tiang pancang prestress adalah 53,9 % dan tiang bor sebesar 46,1 %. Sedangkan untuk tanah lunak, prosentase bobot alternatif pondasi tiang pancang prestress adalah sebesar 59,5 % dan tiang bor sebesar 40,5 %. Sehingga diperoleh pemilihan alternatif pada kedua kondisi tanah adalah tiang pancang prestress. Hasil pada analisa sensitifitas juga menunjukkan bahwa pemilihan alternatif pada tanah keras sensitif terhadap perubahan bobot kriteria sedangkan pada tanah lunak tidak sensitif.

Kata kunci : *AHP, pondasi tiang, pengambilan keputusan*

DECISION MAKING COMPARISON FOR PILE FOUNDATION SELECTION IN SOFT AND HARD SOIL USING THE ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS METHOD (AHP)

Student Name	: Achmad Soelistianto
NRP	: 3102 100 065
Department	: Teknik Sipil FTSP – ITS
Promotors	: Supani ST,MT Ir. Soewarno MEng

ABSTRACT

In sub structure system of building construction always uses a foundation system, including in Hi-Tech Center project. One of foundation systems that is oftenly used is pile foundation system. Pile foundation is especially used in either area where consists of soft soil or area where consists of hard soil, such as in Surabaya. Pile foundation that is mostly used in construction projects are prestress concrete driven pile and bored pile. However, in selecting process of pile foundation, there are various criterias that have to be considered.

One of the decision making method which can be used in pile foundation selection is using the Analytical Hierarchy Process (AHP). AHP is a decision making method which is able to solve a problem that has some criterias in the completion. This research aim to know about the decision making process to the most suitable pile foundation system in HTC project when it is built on soft soil or hard soil using AHP method. In this pile foundation selection, the criterias that are used are quantity of pile need, implementation method, work cost, time work duration, readiness, tools need, human resources need, noise, comfort, project location, and distance of surrounding.

The result of analysis through AHP calculation, it is obtained that the alternative weight percentage of each pile foundation types in hard soil for prestress concrete driven pile is

53,9% and bore pile is 46,1%, while in the soft soil, the alternative weight percentage of prestress concrete driven pile is 59,5% and bore pile is 40,5%. So in this decision making resulted prestress concrete driven pile as the selected alternative for both soil conditions. Otherwise, result in sensitivity analysis shows that alternative selection of hard soil is sensitive to the change of criteria weight and alternative selection of soft soil is not sensitive

Keywords : AHP, Pile foundation, Decision making

KATA PENGANTAR

Pertama kami panjatkan segala puji syukur kehadiran Allah SWT, atas berkat, rahmat dan karunianya, kami dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Adapun pembuatan Tugas Akhir ini yaitu untuk memenuhi persyaratan akademik dalam rangka penyelesaian studi di Jurusan Teknik Sipil, FTSP-ITS. Dalam membuat Tugas Akhir ini, kami memperoleh banyak bantuan, arahan, bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, kami ingin mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Prof. Ir. Indarasurya B. Mochtar, MSc, PhD selaku ketua jurusan Teknik Sipil ITS Surabaya.
2. Bapak Supani, ST, MT dan Ir Soewarno MEng selaku dosen pembimbing Tugas Akhir.
3. Bapak Catur Arif, ST, MT selaku dosen wali.
4. Orang tuaku dan adek-adeku, terima kasih atas segala dukungan dan doanya, *my best family ever*.
5. Rossy, terima kasih sudah memberiku semangat untuk pantang menyerah, *wish us the best dear*.
6. Teman-teman seangkatanku, terima kasih atas segala bantuannya selama ini, *ur the best guys*.
7. Semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan tugas akhir ini.

Apabila ada didalam Tugas Akhir ini suatu kesalahan atau terdapat suatu tulisan yang sekiranya menyinggung perasaan, penyusun memohon maaf yang sebesar-besarnya, semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat di kemudian hari. Atas perhatiannya kami sampaikan terima kasih.

Surabaya, Februari 2007

Penyusun

KATA PENGANTAR

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

Penyusunan buku ini merupakan salah satu usaha untuk meningkatkan mutu pendidikan dan kependidikan. Buku ini diharapkan dapat memberikan informasi yang berguna bagi para pembaca, khususnya bagi para pendidik dan tenaga kependidikan. Buku ini juga diharapkan dapat memberikan informasi yang berguna bagi para pembaca, khususnya bagi para pendidik dan tenaga kependidikan.

1. Dapur, 1981, 100 halaman, Rp. 1.000,00.
2. Dapur, 1981, 100 halaman, Rp. 1.000,00.
3. Dapur, 1981, 100 halaman, Rp. 1.000,00.
4. Dapur, 1981, 100 halaman, Rp. 1.000,00.
5. Dapur, 1981, 100 halaman, Rp. 1.000,00.
6. Dapur, 1981, 100 halaman, Rp. 1.000,00.
7. Dapur, 1981, 100 halaman, Rp. 1.000,00.

Surabaya, Februari 1981

DAFTAR ISI

Abstrak	i
Abstract (English version)	iii
Kata Pengantar	v
Daftar Isi	vii
Daftar Tabel	xiii
Daftar Gambar	xvii
Daftar Lampiran	xix
Bab I : PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Permasalahan	3
1.3. Tujuan Penulisan	3
1.4. Lingkup Pembahasan	3
Bab II : TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Analisa Keputusan	5
2.1.1. Definisi Keputusan	5
2.1.2. Dasar Pengambilan Keputusan	8
2.1.3. Fungsi Pengambilan Keputusan	8
2.1.4. Jenis-jenis Keputusan	8
2.1.4.1. Berdasarkan level manajemen	8
2.1.4.2. Berdasarkan tersedianya pemecahan masalah	9
2.1.4.3. Berdasarkan Kepastian hasil	10
2.1.4.4. Berdasarkan Landasan yang dipakai	10
2.1.5. Situasi Pengambilan keputusan	11
2.1.6. Proses Pengambilan keputusan	11
2.1.7. Model pengambilan keputusan	15
2.2. Analisa Keputusan Multi Kriteria	16
2.2.1. Definisi analisa keputusan multi kriteria	16
2.2.2. Proses analisa keputusan multi kriteria	17
2.2.3. Metode penyelesaian analisa keputusan multi kriteria	17
2.3. <i>Analytical Hierarchy Process (AHP)</i>	20
2.3.1. Pendahuluan	20

2.3.2. Kelebihan dan kelemahan AHP	21
2.3.3. Prinsip-prinsip penyusunan AHP	24
2.3.4. Langkah-langkah dan prosedur AHP	25
2.3.4.1. Penyusunan struktur hierarki	26
2.3.4.2. Skala Perbandingan	28
2.3.5. Proses penyelesaian AHP	29
2.3.5.1. Matriks Perbandingan berpasangan	29
2.3.5.2. Perhitungan bobot elemen	31
2.3.5.3. <i>Eigenvector</i> dan <i>eigenvalue</i>	32
2.3.5.4. Pengujian konsistensi	33
2.3.5.5. Keputusan Kelompok	35
2.4. Sistem Pondasi	36
2.4.1. Definisi Pondasi	36
2.4.2. Tanah sebagai penopang pondasi	36
2.4.2.1. Definisi Tanah	36
2.4.2.2. Klasifikasi tanah	37
2.4.3. Pemilihan pondasi	38
2.4.4. Jenis-jenis pondasi	40
2.4.5. Pondasi tiang	44
2.4.5.1. maksud penggunaan pondasi tiang	44
2.4.5.2. Jenis-jenis pondasi tiang	44
2.4.5.3. Karakteristik pondasi tiang	45
2.4.5.4. Pondasi tiang pancang <i>prestress</i>	47
2.4.5.5. Pondasi tiang bor	49
Bab III : METODOLOGI	
3.1. Studi literatur	53
3.2. Pengumpulan data	53
3.3. Penentuan kriteria	55
3.4. Pembuatan kuisioner	55
3.5. Perhitungan <i>Analytical Hierarchy Process</i> (AHP)	56
3.6. Evaluasi perhitungan	57
Bab IV : PENENTUAN KRITERIA	
4.1. Data proyek	59
4.2. Pendahuluan	60
4.3. Jumlah Kebutuhan Tiang	63

4.3.1. Data perencanaan	63
4.3.2. Kebutuhan untuk pondasi tiang pancang	64
4.3.2.1. Perhitungan pondasi tiang pancang pada tanah keras	64
4.3.2.1.1. Daya dukung tiang pancang	64
4.3.2.1.2. Jumlah kebutuhan tiang pancang	65
4.3.2.2. Perhitungan pondasi tiang pancang pada tanah lunak	67
4.3.2.2.1. Daya dukung tiang pancang	67
4.3.2.2.2. Jumlah kebutuhan tiang pancang	68
4.3.3. Kebutuhan untuk pondasi tiang bor	69
4.3.3.1. Perhitungan pondasi tiang bor pada tanah keras	69
4.3.3.2. Perhitungan pondasi tiang bor pada tanah lunak	72
4.4. Metode pelaksanaan	74
4.4.1. Metode pelaksanaan tiang pancang	74
4.4.2. Metode pelaksanaan untuk pondasi tiang bor	75
4.5. Kondisi tanah	75
4.6. Biaya pekerjaan	75
4.7. Lama waktu pekerjaan	76
4.8. Ketersediaan	76
4.9. Kebutuhan alat	76
4.10. Kebutuhan SDM	76
4.11. Kebisingan	76
4.12. Kenyamanan	76
4.13. Lokasi proyek	76
4.14. Jarak terhadap lingkungan sekitarnya	76
Bab V : ANALISA PENGAMBILAN KEPUTUSAN	
5.1. Jumlah responden	77
5.2. Rata-rata geometrik untuk penilaian berkelompok	78
5.3. Matriks perbandingan berpasangan untuk setiap kriteria pada tanah keras	78
5.4. Normalisasi bobot kriteria pada tanah keras	81
5.5. Uji konsistensi bobot kriteria pada tanah keras	81

5.6. Perhitungan bobot alternatif jenis pondasi dan uji konsistensi untuk setiap penilaian pihak pengambil keputusan pada tanah keras	86
5.6.1. Penilaian untuk kriteria jumlah kebutuhan tiang	86
5.6.2. Penilaian untuk kriteria metode pelaksanaan	87
5.6.3. Penilaian untuk kriteria kondisi tanah	88
5.6.4. Penilaian untuk kriteria biaya pekerjaan	89
5.6.5. Penilaian untuk kriteria lama waktu pekerjaan	90
5.6.6. Penilaian untuk kriteria ketersediaan	91
5.6.7. Penilaian untuk kriteria kebutuhan alat	92
5.6.8. Penilaian untuk kriteria kebutuhan SDM	93
5.6.9. Penilaian untuk kriteria metode kebisingan	94
5.6.10. Penilaian untuk kriteria metode kenyamanan	95
5.6.11. Penilaian untuk kriteria lokasi proyek	96
5.6.12. Penilaian untuk kriteria jarak dengan lingkungan sekitar	97
5.7. Sintesis alternatif pada tanah keras	98
5.8. Matriks perbandingan berpasangan untuk setiap kriteria pada tanah keras	100
5.9. Normalisasi bobot kriteria pada tanah keras	102
5.10. Uji konsistensi bobot kriteria pada tanah keras	102
5.11. Perhitungan bobot alternatif jenis pondasi dan uji konsistensi untuk setiap penilaian pihak pengambil keputusan pada tanah keras	107
5.11.1. Penilaian untuk kriteria jumlah kebutuhan tiang	107
5.11.2. Penilaian untuk kriteria metode pelaksanaan	108
5.11.3. Penilaian untuk kriteria kondisi tanah	109
5.11.4. Penilaian untuk kriteria biaya pekerjaan	110
5.11.5. Penilaian untuk kriteria lama waktu pekerjaan	111
5.11.6. Penilaian untuk kriteria ketersediaan	112
5.11.7. Penilaian untuk kriteria kebutuhan alat	113
5.11.8. Penilaian untuk kriteria kebutuhan SDM	114
5.11.9. Penilaian untuk kriteria metode kebisingan	115

5.11.10. Penilaian untuk kriteria metode kenyamanan.....	116
5.11.11. Penilaian untuk kriteria lokasi proyek.....	117
5.11.12. Penilaian untuk kriteria jarak dengan lingkungan sekitar.....	118
5.12. Sintesis alternatif pada tanah keras	119
5.13. Evaluasi hasil perhitungan.....	121
5.14. Analisa sensitifitas.....	124
5.14.1. Analisa sensitifitas pada tanah keras	125
5.14.2. Analisa sensitifitas pada tanah lunak.....	126
Bab VI : KESIMPULAN DAN SARAN	
6.1. Kesimpulan	129
6.2. Saran	130
DAFTAR PUSTAKA	131
LAMPIRAN	133

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Contoh Decision Matrix Approach pada pemilihan kontraktor	18
Tabel 2.2 Skala perbandingan	29
Tabel 2.3 Contoh tabel perbandingan berpasangan	31
Tabel 2.4 Contoh tabel perhitungan bobot elemen	32
Tabel 2.5 Tabel Random Index	34
Tabel 2.6 Tabel karakteristik pondasi tiang	45
Tabel 2.7 Korelasi N	48
Tabel 4.1 Klasifikasi masing-masing tiang pancang	63
Tabel 5.1 Matriks perbandingan berpasangan untuk tanah keras	80
Tabel 5.2 Penjumlahan matriks perbandingan berpasangan untuk tanah keras	83
Tabel 5.3 Normalisasi matriks perbandingan berpasangan untuk tanah keras	84
Tabel 5.4 Pembobotan untuk uji konsistensi matriks perbandingan berpasangan untuk tanah keras	85
Tabel 5.5 Matrik perbandingan berpasangan untuk kriteria jumlah kebutuhan tiang pada tanah keras.....	86
Tabel 5.6 Normalisasi dari kriteria jumlah kebutuhan tiang pada tanah keras.....	86
Tabel 5.7 Matrik perbandingan berpasangan untuk kriteria metode pelaksanaan pada tanah keras.....	87
Tabel 5.8 Normalisasi dari kriteria metode pelaksanaan pada tanah keras.....	87
Tabel 5.9 Matriks perbandingan berpasangan untuk kriteria kondisi tanah pada tanah keras	88
Tabel 5.10 Normalisasi dari kriteria kondisi tanah pada tanah keras	88
Tabel 5.11 Matriks perbandingan berpasangan untuk kriteria biaya pekerjaan pada tanah keras.....	89

Tabel 5.12	Normalisasi dari kriteria biaya pekerjaan pada tanah keras	89
Tabel 5.13	Matriks perbandingan berpasangan untuk kriteria lama waktu pekerjaan pada tanah keras.....	90
Tabel 5.14	Normalisasi dari kriteria lama waktu pekerjaan pada tanah keras.....	90
Tabel 5.15	Matriks perbandingan berpasangan untuk kriteria ketersediaan pada tanah keras.....	91
Tabel 5.16	Normalisasi dari kriteria ketersediaan pada tanah keras	91
Tabel 5.17	Matriks perbandingan berpasangan untuk kriteria kebutuhan alat pada tanah keras	92
Tabel 5.18	Normalisasi dari kriteria kebutuhan alat pada tanah keras	92
Tabel 5.19	Matriks perbandingan berpasangan untuk kriteria kebutuhan SDM pada tanah keras.....	93
Tabel 5.20	Normalisasi dari kriteria kebutuhan SDM pada tanah keras	93
Tabel 5.21	Matriks perbandingan berpasangan untuk kriteria kebisingan pada tanah keras	94
Tabel 5.22	Normalisasi dari kriteria kebisingan pada tanah lunak.....	94
Tabel 5.23	Matriks perbandingan berpasangan untuk kriteria kenyamanan pada tanah keras.....	95
Tabel 5.24	Normalisasi dari kriteria kenyamanan pada tanah keras	95
Tabel 5.25	Matriks perbandingan berpasangan untuk kriteria lokasi proyek pada tanah keras	96
Tabel 5.26	Normalisasi dari kriteria lokasi proyek pada tanah keras	96
Tabel 5.27	Matriks perbandingan berpasangan untuk kriteria jarak dengan lingkungan sekitar pada tanah keras	97

Tabel 5.28	Normalisasi dari kriteria jarak dengan lingkungan sekitar pada tanah keras	97
Tabel 5.29	Hasil sintesis dan pemilihan alternatif pondasi untuk tanah keras	99
Tabel 5.30	Matriks perbandingan berpasangan untuk tanah lunak	101
Tabel 5.31	Penjumlahan matriks perbandingan berpasangan untuk tanah lunak	104
Tabel 5.32	Normalisasi matriks perbandingan berpasangan untuk tanah lunak	105
Tabel 5.33	Pembobotan untuk uji konsistensi matriks perbandingan berpasangan untuk tanah lunak	106
Tabel 5.34	Matriks perbandingan berpasangan untuk kriteria jumlah kebutuhan tiang pada tanah lunak	107
Tabel 5.35	Normalisasi dari kriteria jumlah kebutuhan tiang pada tanah lunak	107
Tabel 5.36	Matriks perbandingan berpasangan untuk kriteria metode pelaksanaan pada tanah lunak	108
Tabel 5.37	Normalisasi dari kriteria metode pelaksanaan pada tanah lunak	108
Tabel 5.38	Matriks perbandingan berpasangan untuk kriteria kondisi tanah pada tanah lunak	109
Tabel 5.39	Normalisasi dari kriteria kondisi tanah pada tanah lunak	109
Tabel 5.40	Matriks perbandingan berpasangan untuk kriteria biaya pekerjaan pada tanah lunak	110
Tabel 5.41	Normalisasi dari kriteria biaya pekerjaan pada tanah lunak	110
Tabel 5.42	Matriks perbandingan berpasangan untuk kriteria lama waktu pekerjaan pada tanah lunak	111

Tabel 5.43	Normalisasi dari kriteria lama waktu pekerjaan pada tanah lunak	111
Tabel 5.44	Matriks perbandingan berpasangan untuk kriteria ketersediaan pada tanah lunak	112
Tabel 5.45	Normalisasi dari kriteria ketersediaan pada tanah lunak	112
Tabel 5.46	Matriks perbandingan berpasangan untuk kriteria kebutuhan alat pada tanah lunak	113
Tabel 5.47	Normalisasi dari kriteria kebutuhan alat pada tanah lunak	113
Tabel 5.48	Matriks perbandingan berpasangan untuk kriteria kebutuhan SDM pada tanah lunak	114
Tabel 5.49	Normalisasi dari kriteria kebutuhan SDM pada tanah lunak	114
Tabel 5.50	Matriks perbandingan berpasangan untuk kriteria kebisingan pada tanah lunak	115
Tabel 5.51	Normalisasi dari kriteria kebisingan pada tanah lunak	115
Tabel 5.52	Matriks perbandingan berpasangan untuk kriteria kenyamanan pada tanah lunak	116
Tabel 5.53	Normalisasi dari kriteria kenyamanan pada tanah lunak	116
Tabel 5.54	Matriks perbandingan berpasangan untuk kriteria lokasi proyek pada tanah lunak	117
Tabel 5.55	Normalisasi dari kriteria lokasi proyek pada tanah lunak	117
Tabel 5.56	Matriks perbandingan berpasangan untuk kriteria jarak dengan lingkungan sekitar pada tanah lunak	118
Tabel 5.57	Normalisasi dari kriteria jarak dengan lingkungan sekitar pada tanah lunak	118
Tabel 5.58	Hasil sintesis dan pemilihan alternatif pondasi untuk tanah lunak	120

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Gambar proses pengambilan keputusan MCDA .	17
Gambar 2.2. Berbagai keuntungan <i>Analytical Hierarchy Process</i>	23
Gambar 2.3. Diagram Hierarki <i>Analytical Hierarchy Process</i>	27
Gambar 2.4 Matriks perbandingan berpasangan	30
Gambar 2.5 Gambar jenis-jenis pondasi telapak	41
Gambar 2.6 Gambar jenis-jenis pondasi rakit	43
Gambar 2.7 Tiang Pancang <i>prestress</i>	48
Gambar 2.8 Penampang tiang bor	51
Gambar 3.1 Bagan pengolahan data	55
Gambar 3.2 Bagan alir perhitungan AHP	56
Gambar 3.3 Bagan alir metodologi.....	58
Gambar 4.1 Layout proyek HTC.....	60
Gambar 4.2 Hierarki untuk pondasi yang paling sesuai pada proyek HTC	62
Gambar 4.3 Grafik kebutuhan tiang pancang pada tanah keras.....	66
Gambar 4.4 Grafik kebutuhan tiang pancang pada tanah lunak	69
Gambar 4.5 Grafik kebutuhan tiang bor pada tanah keras.....	71
Gambar 4.6 Grafik kebutuhan tiang bor pada tanah lunak	73
Gambar 5.1 Diagram lingkaran prosentase pembobotan kriteria pemilihan pada tanah keras	121
Gambar 5.2 Diagram lingkaran prosentase bobot rasio alternatif jenis pondasi pada tanah keras	122
Gambar 5.3 Diagram lingkaran prosentase pembobotan kriteria pemilihan pada tanah lunak	123
Gambar 5.4 Diagram lingkaran prosentase bobot rasio alternatif jenis pondasi pada tanah lunak	124
Gambar 5.5 Grafik analisa sensitifitas untuk skenario 1 pada tanah keras.....	125

Gambar 5.6 Grafik analisa sensitifitas untuk skenario 2 pada tanah keras.....	126
Gambar 5.7 Grafik analisa sensitifitas untuk skenario 1 pada tanah lunak.....	126
Gambar 5.8 Grafik analisa sensitifitas untuk skenario 2 pada tanah lunak.....	127

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	: Gambar Layout Hi-Tech Center	133
Lampiran 2	: Gambar hasil SAP	134
Lampiran 3	: Tabel rata-rata geometrik setiap kriteria pada tanah keras	135
Lampiran 4	: Tabel rata-rata geometrik setiap kriteria pada tanah lunak	144
Lampiran 5	: Contoh kuisisioner dan pengisiannya oleh salah satu responden	153
Lampiran 6	: Gambar hierarki dan pembobotan pada tanah keras	173
Lampiran 7	: Gambar hierarki dan pembobotan pada tanah lunak	174
Lampiran 8	: Brosur dari tiang pancang	175
Lampiran 9	: Tabel rekapitulasi tiang pancang pada tanah keras	177
Lampiran 10	: Tabel rekapitulasi tiang pancang pada tanah lunak	180
Lampiran 11	: Tabel rekapitulasi tiang bor pada tanah keras	183
Lampiran 12	: Tabel rekapitulasi tiang bor pada tanah lunak	189

DAFTAR LAMPIRAN

133	.....	Lampiran 1
134	.....	Lampiran 2
135	.....	Lampiran 3
144	.....	Lampiran 4
147	.....	Lampiran 5
151	.....	Lampiran 6
152	.....	Lampiran 7
153	.....	Lampiran 8
177	.....	Lampiran 9
177	.....	Lampiran 10
181	.....	Lampiran 11
181	.....	Lampiran 12
180	.....	Lampiran 13

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG

Seiring dengan semakin membaiknya perekonomian di negara kita maka pertumbuhan di berbagai sektor yang dulu sempat mengalami penurunan yang tajam, saat ini perlahan-lahan sudah mulai mengalami peningkatan. Tidak terkecuali pada sektor konstruksi yang juga turut mengalami peningkatan, saat ini di seluruh kota banyak bermunculan proyek-proyek gedung, jalan, jembatan, sistem drainase dan lain sebagainya, baik oleh pemerintah maupun oleh swasta

Surabaya termasuk sebagai salah satu kota yang mengalami kemajuan di sektor konstruksi yang cukup mencolok, terutama adalah banyaknya proyek-proyek gedung yang bermunculan, ada yang berupa pusat perbelanjaan, pusat perkantoran, rumah sakit, maupun apartemen. Oleh karena itu, pada setiap proyek gedung tersebut sangat diperlukan pemilihan sistem pondasi yang paling cocok digunakan pada kondisi-kondisi tanah di Surabaya, tidak terkecuali pada pembangunan Hi-Tech Center Surabaya.

Namun sebenarnya pilihan sistem pondasi yang dapat mengatasi masalah tanah di kota Surabaya tersebut saat ini cukup beragam, tetapi di Indonesia saat ini atau Surabaya pada khususnya terbatas pada beberapa sistem pondasi saja. Sistem pondasi yang banyak digunakan adalah sistem yang banyak diproduksi oleh beberapa perusahaan yang bergerak khusus di bidang sistem pondasi, diantaranya adalah penggunaan sistem pondasi tiang yaitu tiang bor dan tiang pancang.

Walaupun dengan adanya keterbatasan dalam pemilihan sistem pondasi tersebut seringkali baik dalam perencanaan maupun pembangunan suatu gedung, kontraktor dan konsultan perencanaan sering dihadapkan pada situasi yang kompleks dalam pengambilan keputusan menentukan sistem pondasi apakah yang paling tepat digunakan pada gedung tersebut. Sebab dalam

memilih suatu sistem pondasi banyak kriteria-kriteria yang harus diperhatikan yang saling terkait satu dengan yang lainnya. Karena sistem pondasi merupakan penopang utama struktur gedung tersebut, sehingga pemilihannya merupakan kegiatan yang sangat penting. Kesalahan dalam pemilihan sistem pondasi dapat berakibat fatal bagi kelangsungan proyek itu sendiri.

Oleh karena itu, dalam pengambilan keputusan tersebut diperlukan suatu metode pengambilan keputusan (*decision making method*) sehingga hasilnya dapat lebih cermat dan terjamin. Banyak sekali metode yang dapat digunakan diantaranya ialah metode matriks, metode Delphi dan lain sebagainya. Dari sekian banyak metode pengambilan keputusan, *Analytical Hierarchy Process* atau AHP termasuk salah satu metode yang masih tergolong baru dikembangkan dan mudah diaplikasikan.

Metode AHP ini dapat menyelesaikan masalah-masalah yang kompleks dengan banyaknya kriteria-kriteria penyelesaiannya, dan memiliki beragam alternatif dengan lebih mudah, cermat, valid dan mendalam. AHP ini merupakan metode pengambilan keputusan dengan cara memberikan penilaian pada setiap kriteria penyelesaian yang dilakukan oleh para staf teknik yang berkompeten di bidang pondasi dengan menggunakan intuisi, logika dan pengalamannya.

Oleh karena itu, diperlukan suatu simulasi untuk mengetahui hasil pengambilan keputusan dari sejumlah staf ahli yang terdapat pada beberapa kontraktor dan konsultan perencana yang saat ini masih terlibat dalam sebuah proyek di Surabaya, dalam menentukan sistem pondasi tiang manakah yang paling tepat pada kondisi tanah keras dan tanah lunak pada kota Surabaya. Sebagai contoh kasus proyek maka akan digunakan proyek gedung Hi-Tech Mall yang terdapat di jalan Tunjungan karena salah satu proyek gedung di Surabaya ini memiliki tingkat pengerjaan yang rumit, baik dari segi struktur atas (*super structure*) maupun struktur bawahnya (*sub structure*).

1.2. PERMASALAHAN

Berdasarkan atas latar belakang yang telah dijabarkan sebelumnya maka permasalahan yang ingin dibahas pada Tugas Akhir ini adalah :

1. Bagaimana menyusun model pengambilan keputusan AHP melalui perumusan hierarki mengenai jenis pondasi tiang yang tepat digunakan pada proyek Hi Tech Center ini..
2. Bagaimana menentukan prioritas kriteria dan alternatif jenis pondasi tiang yang digunakan pada proyek HI-Tech Center
3. Bagaimana memilih alternatif pondasi tiang yang tepat bila Hi-Tech Center dibangun pada tanah keras dan tanah lunak

1.3. TUJUAN PENULISAN

Adapun tujuan yang ingin dicapai pada penulisan Tugas Akhir ini adalah :

1. Menyusun model pengambilan keputusan AHP melalui perumusan hierarki mengenai jenis pondasi tiang yang tepat digunakan pada proyek Hi-Tech Center ini.
2. Menentukan prioritas kriteria dan alternatif jenis pondasi tiang yang digunakan pada proyek Hi-Tech Center.
3. Menentukan alternatif pondasi tiang yang tepat bila Hi-Tech Center ini dibangun pada tanah keras dan tanah lunak di Surabaya menurut konsultan perencana dan kontraktor.

1.4. LINGKUP PEMBAHASAN

Agar pembahasan Tugas Akhir ini dapat lebih terkonsentrasi dan tepat sasaran maka perlu adanya suatu lingkup pembahasan yaitu sebagai berikut :

1. Obyek yang dijadikan model penelitian adalah proyek Hi-Tech Mall Surabaya.
2. Jenis pondasi yang dianalisa adalah jenis pondasi tiang yaitu tiang pancang dan tiang bor.

3. Konsultan perencana dan kontraktor yang disurvei hanya kontraktor yang bertempat di Surabaya saja.
4. Tidak menghitung biaya dari masing-masing jenis alternatif pondasi.
5. Tidak memperhitungkan analisa struktur dan penjadwalan dari masing-masing jenis pondasi tiang tersebut.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA



2.1 ANALISA KEPUTUSAN

2.1.1. Definisi Keputusan

Dalam setiap kehidupan manusia pasti akan mengalami suatu situasi dimana harus memilih antara dua atau lebih pilihan dengan menggunakan logika, intuisi dan pengalaman-pengalaman yang akan mempengaruhi keadaan selanjutnya, itulah yang dinamakan oleh keputusan. Keputusan sangat berpengaruh kepada tindakan manusia selanjutnya oleh sebab itu dalam mengambil suatu keputusan harus dilakukan secara hati-hati dan cermat, karena pada suatu situasi dimana terjadi kesalahan dalam pengambilan keputusan maka akan berakibat fatal.

Menurut Marshall dan Oliver (1995), analisa keputusan adalah suatu cara untuk menganalisa suatu keputusan secara kuantitatif dengan factor-faktor ketidakpastian dan multi obyek yang mempengaruhinya. Cara ini terutama berguna pada data-data yang relevan dan terbatas sehingga pertimbangan para ahli memainkan peranan penting dalam pengambilan keputusan.

Ada beberapa definisi lain dari analisa keputusan menurut para ahli yang dirangkum oleh Belton dan Stewart (2002) yaitu sebagai berikut :

1. Menurut Zeleny
Cara pengambilan keputusan melalui proses pembelajaran, pemahaman, proses informasi, penilaian, dan mendefinisikan masalah dan keadaannya.
2. Menurut Phillips
Analisa keputusan membantu untuk memberikan struktur berpikir, bahasa untuk mengekspresikan persoalan sebuah grup dan cara untuk menggabungkan pandangan yang berbeda-beda.
3. Menurut Keeney dan Raiffa
Proses yang dimaksudkan untuk membuat seseorang berpikir keras untuk mengatasi masalah dengan cara-cara

yaitu menghasilkan alternatif-alternatif, mengantisipasi kemungkinan-kemungkinan di masa depan, mempelajari tentang akibat-akibat yang ditimbulkan.

Sedangkan, Hasan (2002) juga mendefinisikan keputusan sebagai suatu pemecahan masalah yang merupakan suatu hukum situasi yang dilakukan melalui pemilihan suatu alternatif. Definisi tersebut merupakan kesimpulan dari beberapa pengertian keputusan yang dikemukakan oleh para ahli, yaitu sebagai berikut:

1. Menurut Ralp C. Davis

Keputusan merupakan hasil pemecahan masalah yang dihadapinya dengan tegas. Suatu keputusan merupakan jawaban yang pasti terhadap suatu pertanyaan dan keputusan tersebut harus berupa tindakan terhadap pelaksanaan yang menyimpang dari rencana semula.

2. Menurut Marry Follet

Yang dimaksud dengan keputusan adalah suatu hukum situasi, dimana semua fakta dapat diperoleh tidak sama dengan mentaati perintah dan wewenang yang hanya perlu dijalankan tetapi juga merupakan wewenang dari hukum situasi.

3. Menurut James A.F Stoner

Keputusan adalah pemilihan dari beberapa alternatif. Definisi ini dapat diartikan

sebagai berikut :

- a. Terdapat pilihan dasar logika atau suatu pertimbangan
- b. Terdapat beberapa alternatif yang harus dipilih, yaitu satu pilihan yang terbaik.
- c. Terdapat tujuan yang ingin dicapai, dan keputusan yang diambil lebih dekat dengan tujuan tersebut.

4. Menurut Prof. Dr. Atmosudirjo, SH

Keputusan adalah suatu akhir dari proses pemikiran tentang masalah atau problem untuk menjawab pertanyaan apa yang harus diperbuat guna mengatasi masalah tersebut dengan menjatuhkan pilihan pada suatu alternatif.

Untuk analisa keputusan yang paling sering digunakan adalah analisa keputusan multi kriteria karena faktor-faktor pemilihan sangat berpengaruh dalam pengambilan keputusan seseorang, sebagai contoh untuk memilih suatu rumah atau apartemen, maka seseorang akan memilih berdasarkan harga, jauh dekat dengan pusat perkotaan, keadaan lingkungan sekitar dan lain-lain.

2.1.2. Dasar pengambilan keputusan

Proses pengambilan keputusan menurut Simon dalam Radford (1981) berdasarkan dari tiga hal yang dapat terincikan sebagai berikut :

1. **Intelegensia**
Lingkungan intern dan ekstern dari pengambil keputusan diselidiki untuk menemukan kondisi yang memerlukan keputusan, lalu dikumpulkan informasi tentang aneka kondisi tersebut.
2. **Desain**
Berbagai macam tindakan yang tersedia pada para pengambil keputusan itu ditetapkan lalu dianalisis setelah berhasil melacak problematika pemecahan potensial bagi masing-masing masalah keputusan.
3. **Pilihan**
Salah satu langkah tindakan itu dipilih untuk dilaksanakan atas dasar penilaian tentang keefektifannya guna mencapai sasaran.

Sedangkan menurut Saaty (1993), dalam pengambilan suatu keputusan maka manusia akan menggunkan tiga hal yaitu :

1. Logika.
2. Intuisi.
3. Pengalaman.

Sedangkan Hasan (2000) yang merumuskan teori dari George R Terry mengemukakan bahwa dasar-dasar pengambilan keputusan adalah sebagai berikut :

1. Intuisi
Adalah pengambilan keputusan yang menggunakan hati atau perasaan yang bersifat subyektif, sehingga sering mudah terpengaruh.
2. Pengalaman
Sangat bermanfaat dalam pengambilan keputusan yang bersifat praktis dan cepat.
3. Fakta
Pengambilan keputusan yang berdasarkan fakta akan menghasilkan suatu keputusan yang sehat, solid dan baik.
4. Wewenang
Biasanya pengambilan keputusan yang dilakukan oleh orang yang memiliki kedudukan yang tinggi.
5. Rasional
Pengambilan keputusan yang berdasarkan dengan rasional maka akan menghasilkan suatu keputusan yang obyektif, logis, terbuka dan konsisten.

2.1.3. Fungsi pengambilan keputusan

Menurut Soeharto (1990), pengambilan keputusan yang dilakukan dalam memilih dan menentukan langkah memiliki fungsi yaitu :

1. Sarana komunikasi bagi pihak penyelenggara proyek
2. Dasar pengaturan alokasi sumber daya
3. Mendorong para perencana dan pelaksana untuk meyadari waktu yang sangat berharga.
4. Pegangan atau tolak ukur fungsi pengendalian.

2.1.4. Jenis-jenis keputusan

Menurut Buchara (2000) keputusan dapat dibagi-bagi menjadi beberapa kategori yaitu :

2.1.4.1 Berdasarkan level manajemen

1. **Keputusan Strategis**
Keputusan strategis adalah keputusan yang dibuat oleh manajemen puncak (*top management*). Keputusan ini berorientasi pada masalah ketidakpastian terutama yang berorientasi ke masa datang.
2. **Keputusan Taktis**
Keputusan taktis adalah keputusan yang dibuat oleh manajemen menengah (*middle management*) untuk mengimplementasikan rencana strategis dari tingkatan manajemen yang tertinggi pada level fungsional. Keputusan ini berguna untuk mengalokasikan sumber daya secara tepat.
3. **Keputusan Operasional**
Keputusan operasional adalah keputusan yang dibuat oleh manajemen paling bawah (*lower management*) untuk proses kegiatan dengan tugas yang spesifik agar dapat diimplementasikan dengan cara yang efektif dan efisien. Keputusan ini biasanya digunakan pada kegiatan-kegiatan yang terstruktur dan berulang-ulang.

2.1.4.2 Berdasarkan tersedianya pemecahan masalah

1. **Keputusan Terprogram**
Keputusan terprogram adalah keputusan yang berkaitan dengan kebiasaan atau terdapat aturan dan prosedur. Keputusan yang terprogram pada kenyataannya adalah keputusan dalam kondisi yang pasti karena semua hasil dapat diketahui.
2. **Keputusan Tidak Terprogram**
Keputusan tidak terprogram adalah keputusan yang tidak mempunyai suatu aturan baku, karena tergantung pada jenis masalahnya.
3. **Keputusan Tidak Terstruktur**
Keputusan tidak terstruktur adalah keputusan yang tidak diketahui pemecahannya, karena ketidakjelasan masalahnya.

2.1.4.3 Berdasarkan kepastian hasil

1. Keputusan dalam keadaan pasti (*Certainty Condition*)
Apabila semua informasi yang diperlukan untuk mengambil keputusan lengkap, maka keputusan dikatakan dalam keadaan pasti, sehingga dapat meramalkan secara tepat hasil dari setiap tindakan.
2. Keputusan beresiko (*Under Risk*)
Resiko terjadi kalau hasil pengambilan keputusan walaupun tak dapat diketahui dengan pasti akan tetapi diketahui nilai kemungkinannya (probabilitasnya).
3. Keputusan dalam keadaan ketidakpastian (*Uncertainty Condition*)
Ketidakpastian akan dihadapi sebagai pengambil keputusan apabila hasil keputusan sama sekali tidak tahu karena kejadian yang akan muncul belum pernah terjadi sebelumnya.
4. Keputusan dalam keadaan konflik
Situasi konflik terjadi bila kepentingan dua pengambil keputusan atau lebih saling bertentangan dalam situasi kompetitif.

2.1.4.4 Berdasarkan landasan yang digunakan

1. Keputusan berdasarkan logika
Keputusan yang dilandasi oleh hubungan sebab-akibat yang disusun oleh pengambil keputusan dalam pikirannya.
2. Keputusan berdasarkan data empirik
Keputusan yang ditarik dari bukti-bukti pendukung yang didapat dari studi, taksiran statistik, ataupun saran konsultan.
3. Keputusan berdasarkan perasaan
Keputusan berdasarkan perasaan dari pengambil keputusan dari pengalamannya dalam bidang yang relevan.

2.1.5. Situasi pengambilan keputusan

Menurut Radford (1981),dalam suatu pengambilan keputusan baik perseorangan maupun dalam suatu organisasi modern terdapat suatu kondisi-kondisi dimana kondisi tersebut berpengaruh dalam pengambilan keputusan. Kondisi-kondisi tersebut dapat didefinisikan sebagai berikut :

1. Kepastian (*certainly*)
Bila semua alternatif cara penanganan telah diketahui dan bila hanya terdapat satu konsekuensi atau hasil yang tunggal sebagai akibat cara penanganan telah dipilih.
2. Resiko (*risk*)
Bila terdapat lebih dari satu konsekuensi atau hasil pada masing-masing alternatifnya dan bila tokoh pengambil keputusan disangka mengetahui tingkat kemantapan (probabilitas atau kemungkinan) timbulnya masing-masing konsekuensi atau hasil itu.
3. Ketidakpastian (*uncertainly*)
Bila tokoh pengambil keputusan tidak dapat mengetahui aneka kemungkinan konsekuensi dan kesudahan dan tidak pula diketahuinya tingkat kemantapan timbulnya konsekuensi masing-masing itu.
4. Persaingan (*competition*)
Bila terdapat pihak penyaing yang nyata bagi tokoh pengambil keputusan, dan penyaing itu mempunyai tujuan, maksud, dan pilihan yang secara langsung atau tidak langsung berlawanan dengan tujuan, maksud dan pilihan tokoh pengambil keputusan.

2.1.6. Proses pengambilan keputusan

Menurut Radford (1981), sifat dan wujud proses pengambilan keputusan telah ditelaah secara intensif dalam beberapa tahun terakhir. Kesimpulan yang diperoleh dari masing-masing karya telaah berbeda-beda dalam sejumlah aspeknya. Namun, semua studi itu sama-sama berpendapat bahwa pengambilan keputusan merupakan suatu proses yang mencakupi

beberapa tahap yang saling terjalin dan bukanlah merupakan suatu perbuatan terpisah.

Deway merupakan salah satu pengarang pertama yang melukiskan pengambilan keputusan sebagai serangkaian tahap. Dia mengemukakan bahwa proses pengambilan keputusan dapat dipandang terdiri atas tiga tahap, yaitu sebagai jawaban atas tiga pertanyaan yaitu (Radford, 1981):

1. Apakah masalahnya ?
2. Bagaimana masing-masing alternatifnya ?
3. Alternatif yang manakah yang lebih unggul ?

Menurut Eilon dalam Radford (1981) juga merumuskan cara-cara pengambilan keputusan yang kesemuanya terdiri dari delapan tahap yaitu sebagai berikut :

1. Masukkan (input) informasi
2. Analisis dari informasi yang tersedia
3. Spesifikasi tolak ukur dan prestasi dan biaya
4. Pembuatan model tentang situasi keputusan
5. Perumusan beraneka alternatif (atau strategi) yang tersedia bagi para pengambil keputusan
6. Peramalan mengenai hasil dari masing-masing alternatif
7. Perincian kriteria pilihan diantara pelbagai alternatif
8. Penjelasan pemecahan situasi keputusan

Sedangkan menurut Anderson (1997), proses dari pengambilan keputusan terdiri dari lima tahap yaitu :

1. Mendefinisikan masalah
2. Mengidentifikasi alternatif
3. Menentukan kriteria
4. Mengevaluasi alternatif
5. Memilih alternatif

Anderson (1997) juga mengemukakan bahwa permasalahan yang bertujuan mencari solusi terbaik dengan hanya satu kriteria disebut permasalahan keputusan kriteria tunggal. Sedangkan permasalahan yang bertujuan mencari solusi

terbaik dengan lebih dari satu criteria disebut sebagai permasalahan keputusan multikriteria.

Kosasi (2002) juga menjabarkan langkah-langkah dalam proses pengambilan keputusan yaitu sebagai berikut :

1. Tahap *Intelligence*

Tahap ini merupakan suatu proses melakukan identifikasi dan merumuskan masalah dari suatu ruang lingkup problematika yang dihadapi oleh pihak manajemen. Tahap ini memerlukan pengamatan terhadap lingkungan baik secara terputus-putus maupun terus menerus. Pada tahap ini memiliki beberapa subsistem yang saling terkait, antara lain:

a. Menemukan masalah

Mencakup mengidentifikasi tujuan dan sasaran organisasi, mengklasifikasi secara jelas gejala dan masalah nyata.

b. Mengklasifikasi masalah

Mencakup masalah terprogram dan masalah tidak terprogram

c. Melakukan dekomposisi masalah

Menjabarkan dan menguraikan masalah ke dalam sub-sub masalah secara lebih spesifik.

d. Kepemilikan masalah

Sebuah masalah terjadi dalam organisasi dan bila seseorang atau sekelompok orang bersedia bertanggung jawab atas penyelesaiannya.

2. Tahap *Design*

Tahap ini merupakan suatu proses untuk mempresentasikan model sistem yang akan dibangun berdasarkan pada asumsi yang telah ditetapkan. Tahap kegiatan ini berhubungan dengan usaha pembangkitan, pengembangan dan analisis kemungkinan arah dari tindakan yang diambil. Tahap ini berhubungan dengan aktivitas pemahaman masalah dan

pengujian solusi kelayakannya. Tahap ini menggunakan topik dari model kuantitatif yang terdiri dari :

a. Komponen model

Komponen ini meliputi variabel keputusan, variabel bebas dan hasil dari variabel yang telah direpresentasikan dalam suatu model hubungan matematika.

b. Struktur model

Struktur ini berhubungan dengan kumpulan ekspresi model matematika seperti persamaan dan ketidaksamaan.

c. Kriteria evaluasi

Kriteria ini berhubungan dengan evaluasi dari alternatif. Model yang digunakan adalah model normatif dan deskriptif. Model normatif adalah alternatif yang dipilih terbaik dari semua alternatif yang mungkin, sedangkan model deskriptif berguna untuk menyelidiki konsekuensi dari berbagai alternatif tindakan terhadap konfigurasi masukan dan proses yang berbeda.

d. Pengembangan alternatif

Pengembangan alternatif ini merupakan bagian penting dalam proses pembangunan sebuah model.

e. Prediksi hasil dari setiap alternatif

Kegiatan ini dilakukan untuk mengevaluasi dan membandingkan alternatif mengenai hasil di waktu yang akan datang dari seriap alternatif.

f. Pengukuran hasil

Kegiatan ini berhubungan dengan penilaian dalam bentuk pencapaian tujuan perusahaan, namun kadang-kadang sebuah hasil secara langsung sudah merupakan suatu tujuan.

g. Pembuatan skenario

Kegiatan ini merupakan suatu pernyataan dari asumsi tentang lingkungan operasi dari sistem tertentu pada waktu tertentu. Skenario memainkan peranan penting

dalam sistem penunjang keputusan karena dapat membantu identifikasi peluang dan problem area yang potensial.

3. Tahap *Choice*

Tahap ini merupakan suatu proses melakukan pengujian dan memilih keputusan terbaik berdasarkan kriteria tertentu yang telah ditentukan. Pada tahap ini dilakukan proses pemilihan diantara berbagai alternatif tindakan yang mungkin dijalankan. Tahap ini mengandung aktivitas pencarian, evaluasi dan rekomendasi suatu model keputusan yang sesuai.

4. Tahap *Implementation*

Tahap ini merupakan proses untuk membuat keputusan yang direkomendasikan agar dapat bekerja atau terealisasikan.

2.1.7. Model pengambilan keputusan

Menurut Kosasi (2002) model merupakan penyederhanaan (*abstraction*) dari sesuatu. Model mewakili sejumlah obyek atau aktifitas tertentu dari sebuah entitas (*entity*). Adapun manfaat yang bisa diperoleh melalui penggunaan model adalah menjelaskan atau menyelesaikan suatu permasalahan seperti mempermudah pengertian, mempermudah komunikasi dan memperkirakan masa depan.

Sedangkan menurut Mangkusubroto (1997), penyusunan model keputusan adalah suatu cara untuk menggambarkan hubungan-hubungan logis yang mendasari persoalan keputusan ke dalam suatu model matematis yang mencerminkan hubungan yang terjadi antar faktor-faktor yang ada.

Mangkusubroto (1997) juga menjelaskan langkah-langkah mengenai permodelannya yaitu sebagai berikut :

1. Membatasi permasalahan
2. Mengidentifikasi alternatif (merupakan tahapan yang paling kreatif dari analisa keputusan)
3. Menetapkan hasil dari alternatif yang didapat

4. Menentukan variabel-variabel sistem, variabel ini terdiri dari variabel keputusan dan variabel status
5. Membuat model struktural berupa penentuan hubungan antar variabel
6. Menentukan nilai

Keuntungan-keuntungan dalam pembuatan model menurut Kosasi (2002) adalah :

1. Mempersingkat dan menghemat waktu operasi
2. Mempermudah melakukan manipulasi variabel keputusan dan lingkungan yang semakin beragam
3. Biaya analisis permodelan lebih murah dibanding dengan sistem nyata
4. Membantu manajer dalam menghadapi ketidakpastian informasi
5. Model dapat mendorong dan meningkatkan sistem belajar dan pelatihan

2.2. ANALISA KEPUTUSAN MULTI KRITERIA

2.2.1. Definisi analisa keputusan multi kriteria

Analisa keputusan multi kriteria atau biasa disebut *multi criteria decision analysis* (MCDA) dikembangkan pertama kali pada akhir tahun 1960-an untuk mengatasi masalah-masalah terutama pada bidang ekonomi yang semakin kompleks dan rumit. Keputusan manajemen pada perusahaan-perusahaan besar membutuhkan faktor-faktor yang menjadi pertimbangan keputusan dan cara-cara untuk menganalisisnya secara tepat dan akurat agar keputusan yang diambil dapat meminimalisasi kesalahan. (Belton dan Stewart,2002)

Pengambilan keputusan multi kriteria meliputi multi tujuan dan multi atribut,disebut multi tujuan manakala alternatif-alternatif yang diterapkan banyak sehingga diperlukan perancangan masalah dan metode matematis untuk optimasi tujuan, sedangkan multi atribut merupakan masalah pemilihan alternatif terbaik dari alternatif dalam jumlah kecil.(Utomo,2006)

2.2.2. Proses analisa keputusan multi kriteria

Untuk bisa memecahkan suatu permasalahan maka MCDA pun harus melalui suatu proses hingga dapat menghasilkan suatu keputusan manajemen. Adapun urutan proses dari MCDA menurut Belton dan Stewart (2002) akan digambarkan pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 : Proses pengambilan keputusan dalam MCDA

(Belton dan Stewart,2002)

2.2.3. Metode penyelesaian analisa keputusan multi kriteria

Jaiswal (1997) memebrikan beberapa metode-metode penyelesaian yang biasa digunakan untuk menyelesaikan analisa keputusan multi kriteria,yaitu metode Delphi, *Decision Matrix Approach*, *Forced Decision Matrix Approach*, dan *Analytical Hierarchy Process*.

1. Metode Delphi

Metode ini telah digunakan sejak pertama kali dikemukakan sekitar tahun 60-an untuk mengevaluasi hasil dari suatu sistem dengan menggunakan keputusan dari para ahli. Delphi memiliki tiga karakteristik yaitu anonim, memiliki iterasi dengan pengendalian umpan balik dan mengevaluasi tanggapan secara statistik.

Metode delphi dilakukan dalam empat putaran yaitu :

1. Putaran pertama
Pertanyaan tidak terstruktur diisi oleh responden kemudian tanggapan terhadap pertanyaan yang mungkin dijawab dengan cara berbeda oleh responden. Setelah itu dikumpulkan dan membuat batasan.
2. Putaran kedua
Pertanyaan terstruktur yang didasarkan pada tanggapan responden di ronde pertama dijawab oleh responden dengan alasan-alasan untuk jawaban mereka.
3. Ronde ketiga
Pertanyaan disajikan kepada responden, analisa statistik tanggapan dan ringkasan argumentasinya dan tanggapannya.
4. Putaran keempat
Langkah seperti ronde ketiga diulang. Median dari tanggapan di ronde keempat dipakai sebagai konsensus bagi responden.

2. *Decision Matrix Approach*

Metode pendekatan ini memperkenalkan evaluasi kuantitatif untuk sejumlah alternatif. Jaiswal (1997) memberikan suatu contoh pemakaian metode ini dalam memilih suatu kontraktor. Berikut adalah contoh perhitungan menggunakan metode ini :

Tabel 2.1 Contoh *Decision Matrix Approach* pada Pemilihan Kontraktor

Criterion	Wieght	Rating of Contractor on 10-Point Scale		
		Contractor 1	Contractor 2	Contractor 3
Contra Value	10	9	6	5
Lead Time	7	8	9	6
Competence	6	7	8	9
Dependability	8	6	7	8
Weighter Sum		236	227	210
Ranking		1	2	3

Sumber : Jaiswal (1997)

Tetapi metode ini memiliki dua kelemahan yaitu :

1. Dalam menentukan penilaian dalam metode ini dapat terjadi kemungkinan penilaian yang subyektif, bias atau dengan prasangka, dan tidak ada cara untuk mengatasinya.
2. Dalam memberikan bobot kriteria tidak ada metode sains untuk mendapatkan bobot tersebut dan seseorang mungkin memiliki intuisi, pengalaman dan keputusan yang berbeda.

3. *Forced Decision Matrix Approach*

Metode ini merupakan variasi dari metode *Decision Matrix Approach*, metode ini memperbaiki kelemahan metode *Decision Matrix Approach* dalam hal memperoleh bobot kriteria dan nilai melalui perbandingan berpasangan. Nilai yang digunakan dalam metode ini hanya dalam bentuk 0 dan 1. Penilaian dilakukan dengan cara membuat matriks perbandingan berpasangan dengan mengisikan angka 1 pada perbandingan yang dianggap lebih penting dan 0 untuk perbandingan yang dianggap kurang penting untuk setiap kriteria. Bobot diperoleh dengan menghitung jumlah nilai penilaian dibagi dengan banyaknya perbandingan. Perhitungan ini dilakukan untuk setiap alternatif maupun kriteria yang ada. Alternatif dengan nilai total dari perkalian antara bobot alternatif dan bobot kriteria yang paling tinggi pada setiap alternatif merupakan pilihan yang terbaik.

4. *Analytical Hierarchy Process (AHP)*

Pada saat *Forced Decision Matrix Approach* dalam menentukan bobot alternatif dan penilaian alternatifnya dilakukan secara kuantitatif, maka AHP merupakan metode pengambilan keputusan dengan pendapat kualitatif dari beberapa ahli diluar organisasi dan mengasimilasi pandangan mereka. Subyektifitas dan ketidaktahuan tentang beberapa aspek dalam proses pengambilan keputusan akan kecil sekali sebab para ahli dari luar yang digunakan untuk mengumpulkan data.

Ada beberapa metode lain yang dapat digunakan untuk proses pengambilan keputusan antara lain seperti yang dirangkum oleh Belton dan Stewart (2002) yaitu :

1. *The Simple Multi Atribut Rating Technique (SMART)*
Dikemukakan pertama kali pada tahun 1986, metode ini dimulai dengan menyusun model hierarki keputusan dengan gambaran kriteria maupun subkriteria yang disusun bertingkat. Fungsi nilai dan metode rating digunakan untuk mengavaluasi dan menilai bobot. Akan tetapi pada metode ini tidak terdapat uji validitas dari hasil peniaian yang telah dilakukan.
2. Metode ELECTRE
Sejak pertama kali dikemukakan pada tahun 1968, metode ini penyempurnaan-penyempurnaan hingga yang terakhir adalah ELECTRE III. Metode ini mengasumsikan semua perbedaan dikategorikan sebagai kriteria "benar" dan semua persamaan dan pilihan awal dikategorikan sebagai kriteria "semu".
3. Metode *Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation (PROMETHEE)*
Metode ini pertama kali dikemukakan pada tahun 1984, metode ini menggunakan *simple multi criteria table*, dimana skala yang ada ditentukan tanpa batasan sehingga dapat dilakukan secara visual.

2.3. Analytical Hierarchy Process (AHP)

2.3.1. Pendahuluan

Metode *Analytical Hierarchy Process (AHP)* pertama kali dikembangkan oleh Thomas L. Saaty, seorang matematikawan di University of Pittsburgh, Amerika Serikat pada awal tahun 1970-an. Metode ini pertama kali bertujuan sebagai cara pengambilan keputusan untuk masalah yang sangat kompleks dengan beragam kriteria pemilihannya, banyaknya

alternatif yang digunakan, serta pembuat keputusan yang lebih dari satu.

Dalam perkembangannya, metode AHP ini tidak saja digunakan untuk menentukan prioritas pilihan-pilihan dengan banyak kriteria atau multi kriteria, tetapi penerapannya telah meluas sebagai sebuah metode alternatif untuk menyelesaikan bermacam-macam masalah, seperti memilih portfolio yang menguntungkan, analisa manfaat biaya, dan membuat peramalan. Hal ini dimungkinkan karena metode AHP ini dapat digunakan dengan hanya mengandalkan pada intuisi, logika dan pengalaman saja, tetapi hal itu harus datang dari pembuat keputusan yang memiliki cukup informasi dan memahami masalah keputusan yang dihadapi.

Mulyono dalam Kosasi (2002) menjelaskan bahwa pada dasarnya metode AHP merupakan suatu teori umum tentang suatu konsep pengukuran. Metode ini digunakan untuk menemukan suatu skala rasio baik dari perbandingan berpasangan yang bersifat diskrit maupun kontinu. Perbandingan-perbandingan ini dapat diambil dari ukuran aktual atau dari suatu skala dasar yang mencerminkan kekuatan perasaan dan preferensi aktif.

Dalam melakukan proses penjabaran AHP terdapat beberapa faktor yang perlu diperhatikan yaitu (Suryadi & Ramdhani dalam Kosasi, 2002) :

1. Penjabaran tujuan kedalam subtujuan yang lebih rinci harus selalu memperhatikan apakah setiap tujuan yang lebih tinggi tercakup dalam subtujuan tersebut.
2. Meskipun hal tersebut dapat terpenuhi, juga perlu menghindari terjadinya pembagian yang terlampaui banyak baik dalam arah horizontal maupun vertikal.
3. Sebelum menetapkan tujuan harus dapat menjabarkan hierarki tersebut sampai dengan tujuan yang paling rendah dengan cara melakukan tes kepentingan.

2.3.2. Kelebihan dan kelemahan AHP

Penggunaan AHP dalam pengambilan keputusan memiliki banyak kelebihan, seperti yang diungkapkan oleh Suryadi & Ramdhani dalam Kosasi (2002) yaitu :

1. Struktur yang berbentuk hierarki sebagai konsekuensi dari kriteria yang dipilih sampai pada sub-kriteria yang paling dalam.
2. Memperhitungkan validitas sampai dengan batas toleransi inkonsistensi berbagai kriteria dan alternatif yang dipilih oleh para pengambil keputusan.
3. Memperhitungkan daya tahan atau ketahanan keluaran analisis sensitivitas pembuat keputusan.

Saaty (1993) pun mengemukakan kelebihan-kelebihan AHP seperti yang terdapat pada gambar 2.2



Gambar 2.2 :Berbagai keuntungan *Analytical Hierarchy Process*
(Saaty,1993)

AHP juga memiliki beberapa kelemahan, antara lain :

1. Orang yang dilibatkan adalah orang-orang yang memiliki pengetahuan ataupun banyak pengalaman yang berhubungan dengan hal yang akan dipilih dengan menggunakan metode AHP, sehingga kadangkala sukar untuk dicari.
2. Untuk melakukan perbaikan keputusan harus dimulai lagi dari tahap awal.

2.3.3. Prinsip-prinsip Penyusunan AHP

Saaty (1993) menyusun tentang prinsip-prinsip penyusunan AHP yaitu :

1. Penyusunan struktur hierarki masalah
Penyusunan hierarki suatu masalah merupakan langkah pendefinisian masalah yang rumit dan kompleks sehingga menjadi lbih jelas dan detail. Hierarki keputusan disusun berdasarkan pandangan pihak-pihak yang memiliki keahlian dan pengetahuan di bidang yang bersangkutan. Keputusan yang akan diambil dijadikan sebagai tujuan dan dijabarkan menjadi elemen-elemen yang lebih rinci hingga tercapai suatu tahapan yang terukur. Hierarki permasalahan akan mempermudah pengambil keputusan untuk menganalisis dan menarik kesimpulan terhadap permasalahan tersebut.
2. Penentuan prioritas
Prioritas elemen-elemen kriteria dapat dipandang sebagai bobot atau kontribusi elemen tersebut terhadap tujuan. Hubungan antar elemen dari setiap tingkatan hierarki dengan membandingkan elemen itu dalam pasangan. Dalam konteks ini, elemen pada tingkat yang tinggi tersebut berfungsi sebagai suatu kriteria dan disebut sifat (*property*). Hasil dari proses pembedaan ini adalah suatu vektor prioritas atau relatif pentingnya elemen terhadap setiap sifat. Langkah terakhir adalah dengan memberi bobot setiap vektor dengan prioritas sifatnya.

3. Konsistensi Logis

Konsistensi memiliki dua makna. Makna pertama adalah pada obyek-obyek serupa yang dikelompokkan sesuai dengan keseragaman dan relevansi. Sedangkan makna kedua adalah terletak pada tingkat hubungan antara obyek-obyek yang didasarkan menurut kriteria tertentu. Konsistensi jawaban para responden dalam menentukan prioritas elemen merupakan prinsip pokok yang akan menentukan validitas data dan hasil pengambilan keputusan. Secara umum, responden harus memiliki konsistensi dalam melakukan perbandingan elemen. Jika $A > B$ dan $B > C$ maka secara logis responden harus menyatakan bahwa $A > C$, berdasarkan nilai-nilai numerik yang disediakan.

2.3.4. Langkah-langkah dan prosedur AHP

Secara umum langkah-langkah yang harus dilakukan dalam menggunakan AHP untuk pengambilan keputusan adalah (Buchara, 2000):

1. Mendefinisikan permasalahan dan menentukan tujuan
Bila AHP digunakan untuk memilih alternatif atau menyusun prioritas alternatif, maka pada tahap ini dilakukan pengembangan alternatif.
2. Menyusun masalah ke dalam suatu struktur hierarki sehingga permasalahan yang kompleks dapat ditinjau dari sisi yang detail dan terukur.
Penyusunan hierarki ini harus melibatkan ahli di bidang pengambilan keputusan. Tujuan yang diinginkan dari masalah ditempatkan pada tingkat tertinggi dalam hierarki. Tingkat selanjutnya adalah penjabaran tujuan tersebut ke dalam bagian-bagian yang lebih rinci.
3. Menyusun prioritas untuk tiap elemen masalah (kriteria) pada setiap tingkat hierarki. Prioritas ini dihasilkan dari suatu matriks perbandingan berpasangan antara seluruh elemen pada tingkat hierarki yang sama.

4. Melakukan pengujian konsistensi terhadap perbandingan antar elemen yang didapatkan pada tiap tingkat hierarki. Konsistensi perbandingan ditinjau permatriks perbandingan dan keseluruhan hierarki untuk memastikan bahwa urutan prioritas yang dihasilkan didapatkan dari suatu rangkaian perbandingan yang masih berada dalam batas-batas konsistensi.

2.3.4.1. Penyusunan struktur hierarki

Hierarki masalah disusun untuk membantu proses pengambilan keputusan yang membantu proses pengambilan keputusan yang memperhatikan seluruh elemen keputusan yang terlibat dalam sistem. Sebagian besar masalah menjadi sulit untuk diselesaikan karena proses pemecahannya dilakukan tanpa melihat masalah tersebut sebagai suatu struktur tertentu.

Menurut Saaty (1993) ada dua macam dari hierarki yaitu:

1. Hierarki struktural
Sistem yang kompleks disusun ke dalam komponen-komponen pokoknya kedalam urutan menurun menurut sifat struktural mereka.
2. Hierarki fungsional
Sistem yang kompleks disusun ke dalam komponen-komponen pokoknya menurut hubungan esensialnya.

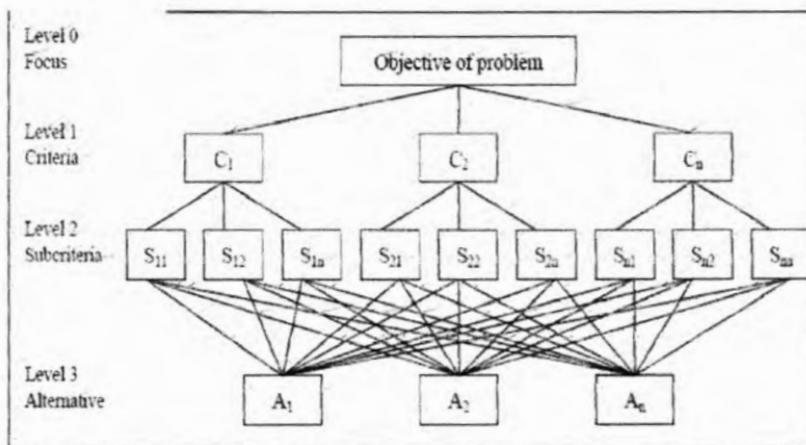
Untuk memastikan bahwa kriteria-kriteria yang dibentuk sesuai dengan tujuan permasalahan maka perlu dilihat sifat-sifat berikut (Buchara, 2000) :

1. Minimum
Maksudnya jumlah kriteria diusahakan optimal untuk mempermudah analisis.
2. Independen

Maksudnya setiap kriteria tidak saling tumpang tindih dan harus dihindarkan pengulangan kriteria untuk suatu maksud yang sama.

3. Lengkap
Maksudnya kriteria harus dapat mencakup seluruh aspek penting dalam permasalahan.
4. Operasional
Maksudnya kriteria harus dapat diukur dan dianalisis secara kualitatif maupun kuantitatif dan dapat dikomunikasikan.

Menurut Saaty (1993) karena suatu hierarki menggambarkan model bagaimana otak menganalisis kompleksitas, maka hierarki itu harus cukup luwes untuk menangani kompleksitas itu. Tingkatan-tingkatan suatu hierarki saling berhubungan bagaikan lapisan-lapisan jaringan sel untuk membentuk suatu keutuhan organik yang menjalankan fungsi tertentu. Hierarki dibuat dengan menggunakan diagram pohon (*tree diagram*) seperti pada gambar 2.3 berikut



Gambar 2.3 : Diagram hierarki dari *Analytical Hierarchy Process*
(Buchara,2000)

2.3.4.2. Skala perbandingan

Skala perbandingan ini digunakan untuk mendefinisikan dan menjelaskan relatif pentingnya suatu elemen terhadap elemen lainnya yang sejenis di setiap tingkat hierarki terhadap suatu kriteria yang berada setingkat di atasnya. Pengalaman telah membuktikan bahwa skala dengan sembilan satuan dapat diterima dan mencerminkan derajat sampai mana kita mampu membedakan intensitas tata hubungan antar elemen. Semua pertimbangan yang diterjemahkan secara numerik ini merupakan ancangan belaka, validitasnya dapat dievaluasi dengan suatu uji konsistensi.

Saaty (1993) memberikan suatu pedoman untuk memberikan penilaian dalam perbandingan berpasangan yang dapat dilihat pada tabel 2.2 berikut ini

Tabel 2.2 Skala perbandingan

Intensitas Kepentingan	Keterangan	Penjelasan
1	Kedua elemen sama pentingnya	Dua elemen yang mempunyai pengaruh yang sangat besar terhadap tujuan
3	Elemen yang satu sedikit lebih penting daripada elemen lainnya	Pengalaman dan penilaian sedikit menyokong satu elemen dibanding elemen lainnya
5	Elemen yang satu lebih penting daripada elemen lainnya	Pengalaman dan penilaian sangat kuat menyokong satu elemen lainnya
7	Satu elemen jelas lebih mutlak penting daripada elemen lainnya	Satu elemen yang kuat menyokong satu elemen dibanding elemen lainnya
9	Satu elemen mutlak penting daripada elemen lainnya	Bukti yang mendukung satu elemen terhadap elemen yang lain memiliki tingkat penguasaan tertinggi yang mungkin mengutamakan
2, 4, 6, 8	Nilai-nilai antara dua nilai pertimbangan yang berdekatan	Nilai ini diberikan bila ada dua kompromi diantara dua pilihan
Kebalikan	Jika untuk aktivitas <i>i</i> mendapatkan satu angka dibandingkan dengan aktivitas <i>j</i> maka <i>j</i> mempunyai nilai kebalikannya dibandingkan dengan nilai <i>i</i>	

Sumber : Saaty (1993)

2.3.5. Proses penyelesaian AHP

2.3.5.1 Matriks Perbandingan Berpasangan

Perbandingan berpasangan (*pairwise comparasion*) adalah membandingkan secara berpasangan seluruh elemen untuk setiap sub system hierarki. Perbandingan tersebut kemudian ditransformasikan ke dalam bentuk matriks untuk digunakan dalam analisis numerik. (Buchara, 2000)

Matriks merupakan alat yang sederhana dan biasa dipakai, dan memberi kerangka untuk menguji konsistensi,

memperoleh informasi tambahan dengan jalan membuat segala perbandingan yang mungkin dan menganalisis kepekaan prioritas menyeluruh terhadap perubahan dalam pertimbangan. (Saaty, 1993)

Untuk memulai proses perbandingan berpasangan ini, mulailah pada puncak hierarki untuk memilih kriteria (C) atau sifat yang akan digunakan untuk melakukan perbandingan yang pertama, lalu dari tingkat tepat dibawahnya, ambil elemen-elemen yang akan dibandingkan $S_1, S_2, S_3, \dots, S_n$. Dimana jumlah matriks adalah sesuai dengan jumlah sub-kriteria. Susun elemen-elemen tersebut kedalam sebuah matriks seperti pada gambar 2.4 berikut

C	S_1	S_2	S_3	...	S_n
S_1	A_{11}	A_{12}	A_{13}	...	A_{1n}
S_2	A_{21}	A_{22}	A_{23}	...	A_{2n}
S_3	A_{31}	A_{32}	A_{33}	...	A_{3n}
.
.
.
S_n	A_{n1}	A_{n2}	A_{n3}	...	A_{nn}

Gambar 2.4 : Matriks Perbandingan Berpasangan

(Saaty, 1993)

Kemudian bobot yang dicari dinyatakan dalam vektor $W = (w_1, w_2, w_3, \dots, w_n)$. Nilai W_n menyatakan bobot relatif kriteria A_n terhadap keseluruhan set kriteria pada sub sistem tersebut.

Pada situasi penilaian yang konsisten sempurna (teoritis) didapatkan hubungan

$$A_{ij} = A_{ij} A_{jk} \quad \text{untuk semua } i, j, k \quad (1)$$

Matriks yang didapatkan adalah matriks yang konsisten. Dengan demikian nilai perbandingan yang didapatkan dari partisipan berdasarkan penilaian yang terdapat pada tabel 2.2. yaitu A_{ij} dapat dinyatakan dalam vektor W sebagai :

$$A_{ij} = w_i / w_j \quad \text{untuk } i, j = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

Unsur-unsur matriks tersebut diperoleh dengan membandingkan satu elemen operasi terhadap elemen operasi lainnya untuk tingkat hierarki yang sama misalnya A_{11} adalah perbandingan kepentingan elemen operasi S_1 dengan elemen operasi sendiri, sehingga dengan sendirinya nilai unsur A_{11} adalah sama dengan 1. Dengan cara yang sama maka diperoleh semua unsur diagonal matriks perbandingan sama dengan 1.

Nilai unsur A_{12} adalah perbandingan kepentingan elemen operasi S_1 terhadap elemen S_2 . Besarnya nilai A_{21} adalah $1/A_{12}$ yang menyatakan tingkat intensitas kepentingan elemen operasi S_2 terhadap elemen operasi S_1 . Pada tabel 2.3 berikut ini adalah contoh dari tabel perbandingan berpasangan.

Tabel 2.3. Contoh tabel perbandingan berpasangan (Buchara,2000)

Pembuat Keputusan	Kriteria A	Kriteria B	Kriteria C	Kriteria D
Kriteria A	1	6	4	5
Kriteria B	1/6	1	1/3	3
Kriteria C	1/4	3	1	4
Kriteria D	1/5	1/3	1/4	1

2.3.5.2 Perhitungan bobot elemen

Menurut Saaty (1993) untuk memperoleh perangkat prioritas menyeluruh bagi suatu persoalan keputusan, maka harus menyatukan atau mensintesis pertimbangan yang dibuat dalam melakukan perbandingan berpasangan dengan cara melakukan suatu pembobotan dan penjumlahan untuk menghasilkan satu bilangan tunggal yang menunjukkan prioritas setiap elemen.

Perhitungan bobot elemen dilakukan dengan menggunakan suatu matriks. Bila faktor pembobotan elemen-elemen operasi S_1, S_2, \dots, S_n tersebut dinyatakan sebagai vektor

W dengan $\bar{W} = (W_1, W_2, \dots, W_n)$ maka nilai intensitas kepentingan elemen operasi S_1 terhadap S_2 yaitu W_1/W_2 yang

sama dengan A_{12} , sehingga matriks perbandingan berpasangan dapat pula dinyatakan pada tabel 2.4 berikut:

Tabel 2.4. Contoh tabel perhitungan bobot elemen (Buchara, 2000)

C	S ₁	S ₂	S ₃	...	S _n
S ₁	W_1/W_1	W_1/W_2	W_1/W_3	...	W_1/W_n
S ₂	W_2/W_1	W_2/W_2	W_2/W_3	...	W_2/W_n
S ₃	W_3/W_1	W_3/W_2	W_3/W_3	...	W_3/W_n
.
.
.
S _n	W_n/W_1	W_n/W_2	W_n/W_3	...	W_n/W_n

Nilai-nilai W_i / W_j dengan $i, j = 1, 2, \dots, n$ dijajagi oleh orang-orang yang berkompeten dalam permasalahan yang dianalisis.

2.3.5.3 *Eigenvector* dan *eigenvalue*

Eigenvector (bobot) diperoleh dengan cara membagi jumlah matriks kolom dengan jumlah kumulatif elemen pada matriks kolom. Nilai *eigenvector* merupakan bobot prioritas masing-masing elemen atau kriteria yang telah ditetapkan. Perkalian antara matriks *pairwise* dengan *eigenvector* akan menghasilkan matriks kolom baru.

Eigenvalue merupakan hasil bagi antara jumlah elemen yang bersesuaian dengan matriks kolom baru dengan *eigenvector*. *Eigenvector* maksimum adalah rata-rata dari elemen-elemen pada matriks *eigenvalue*. Perhitungan *eigenvector* dengan mengalikan elemen-elemen pada setiap baris dan mengalikan dengan akar n , dimana n adalah jumlah elemen. Kemudian dilakukan normalisasi untuk menyatukan jumlah kolom yang diperoleh, dengan membagi setiap nilai dengan total nilai. Pembuat keputusan bisa menentukan tidak hanya urutan ranking prioritas setiap tahap perhitungannya tetapi juga besaran prioritasnya.

Pada rumus (2) sebelumnya ekivalen dengan persamaan (3) yaitu :

$$AW = nW \quad (3)$$

Dalam teori tentang matriks, formula tersebut menyatakan bahwa W adalah *eigenvector* dari matriks A dengan *eigenvalue* n .

Variabel n pada persamaan (3) dapat digantikan secara umum dengan sebuah vektor λ sebagai berikut :

$$AW = \lambda W \quad (4)$$

Dimana $\lambda = (\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \dots, \lambda_n)$

Setiap λ_n yang memenuhi persamaan (4) diatas dinamakan sebagai *eigenvalue*, sedangkan vektor W yang memenuhi persamaan (4) tersebut dinamakan *eigenvector*.

Apabila matriks A adalah matriks yang konsisten maka semua *eigenvalue* bernilai nol kecuali satu yang bernilai sama dengan n . Bila matriks A adalah matriks yang tak konsisten, variasi kecil atas A_{ij} akan membuat nilai *eigenvalue* terbesar, λ_{maks} tetap dekat dengan n , dan nilai *eigenvalue* lainnya mendekati nol.

Nilai λ_{maks} dapat dicari dengan persamaan berikut:

$$AW = \lambda_{maks} W \quad (5)$$

atau

$$(A - \lambda_{maks} I)W = 0 \quad (6)$$

Dimana I adalah matriks identitas dan 0 adalah matriks nol.

Nilai vector bobot W dapat dicari dengan mensubstitusikan nilai λ_{maks} ke dalam persamaan (5) tersebut.

2.3.5.4 Pengujian Konsistensi

Dalam persoalan pengambilan keputusan, mungkin penting untuk mengetahui betapa baiknya konsistensi dari seorang pengambil keputusan, karena keputusan yang diambil jangan sampai mempunyai konsistensi yang begitu rendah sehingga nampak seperti pertimbangan acak. (Saaty, 1993)

Menurut Buchara (2000), hubungan preferensi yang dikenakan pada dua elemen tidak mempunyai masalah konsistensi relasi. Jika elemen A adalah tiga kali lebih penting dari elemen B

maka elemen B adalah 1/3 kali lebih penting dari elemen A. Tetapi, konsistensi seperti itu tidak selalu berlaku bila terdapat banyak elemen yang harus dibandingkan, karena keterbatasan kemampuan numerik, sekumpulan elemen tidak selalu konsisten secara logis. Hal ini berkaitan dengan sifat penerapan AHP itu sendiri, yaitu bahwa penilaian dalam AHP dilakukan berdasarkan pengalaman dan pemahaman yang bersifat kualitatif dan subyektif sehingga secara numeris terdapat kemungkinan suatu rangkaian penilaian untuk menyimpang dari konsistensi logis.

Dalam prakteknya, nilai konsistensi seperti diatas tidak mungkin didapat. Nilai A_{ij} akan menyimpang dari rasio W_i/W_j dan dengan demikian persamaan (3) tidak akan terpenuhi. Pada matriks konsisten, secara praktis $\lambda_{maks} = n$ sedangkan pada matriks tak konsisten, setiap variasi A_{ij} akan membawa perubahan pada nilai λ_{maks} . Deviasi λ_{maks} dari merupakan suatu parameter *Consistency Index* (CI) yang dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$CI = \frac{\lambda_{maks} - n}{n - 1} \quad (7)$$

Dimana :

λ_{maks} = *eigenvalue* maksimum

n = ukuran matriks

Nilai CI tidak akan berarti bila tidak terdapat acuan yang menyatakan apakah CI menunjukkan suatu matriks yang konsisten. Saaty (1993) memberikan acuan dengan melakukan perbandingan acak terhadap 500 buah sampel dengan skala perbandingan 1-9 beserta kebalikannya, dan Saaty berpendapat bahwa suatu matriks yang dihasilkan dari berbandingan yang dilakukan secara acak merupakan suatu matriks yang mutlak tidak konsisten. Dari matriks acak tersebut maka didapatkan nilai *Random Index* (RI) seperti pada tabel 2.5 berikut :

Tabel 2.5 Tabel *Random Index* (RI) (Saaty, 1993)

Ukuran matriks	<i>Random Index</i> (RI)
1	0
2	0

3	0,58
4	0,90
5	1,12
6	1,24
7	1,32
8	1,41
9	1,45
10	1,49
11	1,51
12	1,54
13	1,56
14	1,57
15	1,59

Perbandingan antara CI dan RI untuk suatu matriks didefinisikan sebagai *Consistency Ratio* (CR). Untuk model AHP matriks perbandingan dapat diterima jika nilai rasio konsistensinya tidak lebih dari 0,1 atau sama dengan 0,1. (Saaty, 1993)

$$CR = \frac{CI}{RI} \leq 0,1 \quad (8)$$

2.3.5.5 Keputusan Kelompok

Saaty (1993) telah menjelaskan bahwa AHP dapat dilakukan pada pengambilan keputusan dalam suatu kelompok, hal ini akan memperoleh hasil yang lebih baik daripada pengambil keputusan tunggal karena terdapat adanya saling tukar saran dan ide, serta wawasan. Akan tetapi pertemuan kelompok itu juga dapat menimbulkan masalah khusus apabila terjadi perdebatan.

Dalam suatu kelompok yang besar, proses penetapan prioritas lebih mudah ditangani dengan membagi para anggota menjadi subkelompok yang lebih kecil dan terspesialisasi, yang masing-masing menangani suatu masalah dengan bidang tertentu

dimana anggotanya mempunyai keahlian khusus. Apabila subkelompok ini digabungkan, maka nilai setiap matrik harus diperdebatkan dan diperbaiki. Akan tetapi perdebatan dapat ditiadakan dan pendapat perseorangan diambil melalui kuisisioner yang nantinya dijabarkan. Nilai akhir yang diperoleh yaitu didapat dari rata-rata geometrik, yang dapat dirumuskan sebagai berikut (Saaty,1993) :

$$A_w = \sqrt[N]{A_1 \times A_2 \times \dots \times A_n} \quad (9)$$

Dimana : A_w = Penilaian gabungan
 A_n = Penilaian responden ke - n
 N = Banyaknya responden

2.4. SISTEM PONDASI

2.4.1. Definisi Pondasi

Menurut Cernica (1995), Pondasi adalah suatu komponen yang menghubungkan struktur atas (*superstructure*) dengan lapisan tanah atau lapisan batuan. Sedangkan menurut Bowles (1996), pondasi adalah bagian dari suatu sistem rekayasa yang meneruskan beban yang ditopang oleh pondasi dan beratnya sendiri kepada dan kedalam tanah dan batuan yang terletak di bawahnya.

2.4.2. Tanah sebagai penopang pondasi

2.4.2.1. Definisi Tanah

Menurut Bowles (1996), tanah merupakan kumpulan partikel-partikel yang ukurannya dapat mencakup rentang yang sangat luas. Tanah dihasilkan sebagai produk sampingan pelapukan batuan secara mekanis dan secara kimiawi. Sebagian dari partikel-partikel ini diberi nama khusus seperti kerikil, pasir, lanau, lempung dan sebagainya.

Tanah selalu mempunyai peranan yang penting pada suatu lokasi pekerjaan konstruksi. Tanah adalah pondasi pendukung suatu bangunan, atau bahan konstruksi dari bangunan itu sendiri seperti tanggul atau bendungan, atau kadang-kadang sebagai sumber penyebab gaya luar pada bangunan. (Nakazawa,2000)

2.4.2.2. Klasifikasi tanah

Untuk menentukan dan mengklasifikasi tanah, diperlukan suatu pengamatan di lapangan dan suatu percobaan lapangan yang sederhana. Tetapi jika sangat mengandalkan pengamatan di lapangan, maka kesalahan-kesalahan yang disebabkan oleh perbedaan pengamatan perorangan akan menjadi sangat besar. Untuk memperoleh hasil klasifikasi yang objektif, biasanya tanah itu secara sepintas dibagi dalam tanah berbutir kasar dan berbutir halus berdasarkan suatu hasil analisa mekanis. (Nakazawa, 2000). Klasifikasi tanah diperlukan antara lain untuk hal-hal sebagai berikut:

1. Perkiraan hasil eksplorasi tanah (persiapan log-bor tanah dan peta tanah)
2. Perkiraan standar kemiringan lereng dari penggalian tanah atau tebing.
3. Perkiraan pemilihan bahan (penentuan tanah yang harus disingkirkan, pemilihan tanah dasar, bahan tanah tibanan dan lain-lain).
4. Perkiraan persentasi muai dan susut.
5. Pemilihan jenis konstruksi dan peralatan untuk konstruksi.
6. Perkiraan kemampuan peralatan untuk konstruksi.
7. Rencana pekerjaan/pembuatan lereng dan tembok penahan tanah.

Bowles (1996) juga memberikan pengklasifikasian tanah berdasarkan bahannya, yaitu sebagai berikut :

1. Batuan dasar
Ini adalah nama umum untuk batuan induk tetapi secara tak langsung mencakup batuan pada suatu kedalaman di dalam tanah yang mungkin mendasari suatu struktur. Semua batuan dan tanah lainnya diturunkan dari batuan dasar asli karena pendinginan magma beku dan pelapukan yang terjadi kemudian.
2. Batu bongkah

Batu bongkah ialah potongan-potongan besar batuan yang terpatahkan dari bahan induk atau termuntahkan dari gunung berapi (dalam hal ini dinamakan bom). Batu bongkah itu mungkin bervolume dalam rentang mulai sekitar $\frac{1}{2} \text{ m}^3$ sampai 8 atau 10 m^3 dan beratnya mulai sekitar setengah sampai beberapa ratus ton.

3. Kerikil dan yang lebih kecil
Pecahan bebatuan yang lebih kecil dari batu bongkah digolongkan kedalam batu-bulat (*cobbles*), kerakal (*pebbles*), kerikil (gravel), pasir, lanau (silt) dan koloid.
4. Lanau
Lanau dan lempung khusus penting dalam rekayasa pondasi karena bahan-bahan ini cenderung paling menyulitkan dalam arti kekuatan dan penurunan. Lanau dan tepung batuan dalam rentang ukuran partikel 0,074 mm sampai sehalus 0,001 mm merupakan produk sampingan yang lembam terhadap pelapukan batuan.
5. Lempung
Ukuran mineral (0,002 mm dan yang lebih halus) agak bertindihan (overlap) dengan ukuran lanau. Akan tetapi, perbedaan hakiki antara keduanya ialah bahwa mineral lempungnya tidak lembam.

2.4.3. Pemilihan pondasi

Untuk memadai hal-hal yang perlu diperhatikan apakah pondasi itu cocok untuk berbagai keadaan dan apakah pondasi tu memungkinkan untuk diselesaikan secara ekonomis sesuai dengan jadwal kerjanya. Bila keadaan tersebut ikut dipertimbangkan dalam menentukan macam pondasi, hal-hal berikut perlu dipertimbangkan adalah (Nakazawa,2000) :

1. Keadaan tanah pondasi
2. Batasan-batasan akibat konstruksi di atasnya (*superstructure*)
3. Batasan-batasan dari sekelilingnya
4. Waktu dan biaya pekerjaan

Menurut Bowles (1996) berikut ini adalah pertimbangan-pertimbangan untuk merancang suatu pondasi :

1. Penentuan maksud pembangunan bangunan, kemungkinan pemuatan umur pemakaian, jenis perangkaan, profil tanah, cara konstruksi, dan biaya konstruksi.
2. Penentuan kebutuhan-kebutuhan pemilik.
3. Pemeriksaan fisik atas tapak tentang adanya setiap masalah geologis atau masalah lain.
4. Menetapkan program eksplorasi lapangan dan penyusunan pengujian pelengkap lapangan yang perlu.
5. Tentukan parameter rancangan tanah yang perlu berdasarkan pengintegrasian data uji, asas-asas ilmiah dan pertimbangan rekayasa.
6. Pondasi tersebut seharusnya bersifat ekonomis dan mampu untuk dibangun oleh Sumber Daya Manusia yang ada.
7. Kedalaman pondasi harus cukup untuk menghindari penjepitan bahan secara mendatar dari bawah pondasi untuk telapak-telapak.
8. Kedalaman pondasi harus di bawah zona perubahan volume musiman yang disebabkan oleh pembekuan, pelumeran, dan pertumbuhan tanaman.
9. Skema pondasi mungkin harus mempertimbangkan kondisi tanah yang memuai.
10. Selain pertimbangan tentang kekuatan pemampatan (kompresi), sistem pondasi harus aman terhadap pembalikan, pergeseran dan setiap pengangkatan.
11. Sistem harus aman terhadap korosi atau kemunduran (deterioration) yang disebabkan bahan-bahan berbahaya yang terdapat di dalam tanah.
12. Sistem pondasi harus memadai untuk bertahan terhadap perubahan-perubahan pada tapak atau geometri konstruksi di kemudian hari.
13. Perkembangan pondasi dan tapak harus memenuhi standar lingkungan setempat.

Berikut ini adalah uraian jenis-jenis pondasi yang sesuai dengan keadaan tanah pondasi yang bersangkutan (Nakazawa,2000) :

1. Bila tanah pendukung pondasi terletak pada permukaan tanah atau 2-3 m di bawah permukaan tanah, maka pondasi yang dapat digunakan adalah pondasi telapak (*spread foundation*).
2. Bila tanah pendukung pondasi terletak pada kedalaman sekitar 10 m di bawah permukaan tanah, maka pondasi yang digunakan adalah pondasi tiang apung (*floating pile foundation*) untuk memperbaiki tanah pondasi. Apabila memakai tiang, maka tiang baja atau tiang beton cor di tempat (*cast in place*) kurang ekonomis, karena tiang-tiang tersebut kurang panjang.
3. Bila tanah pendukung pondasi terletak pada kedalaman sekitar 20 m di bawah permukaan tanah, maka pemilihan pondasinya tergantung penurunan (*settlement*) yang diizinkan. Apabila tidak boleh terjadi penurunan, biasanya digunakan pondasi tiang pancang (*pile driven foundation*).
4. Bila tanah pendukung pondasi terletak pada kedalaman sekitar 30 m di bawah permukaan tanah, maka dapat digunakan pondasi kaisan terbuka, tiang pancang beton, baja atau tiang cor di tempat. Kaisan tekanan dapat juga digunakan apabila tekanan atmosfer yang ada adalah kurang dari 3 kg/cm².
5. Bila tanah pendukung pondasi terletak pada kedalaman lebih dari 40 m di bawah permukaan tanah, maka jenis pondasi yang sesuai adalah tiang baja dan tiang beton cor ditempat.

2.4.4. Jenis-jenis pondasi

Menurut Bowles (1996) , pondasi dapat digolongkan berdasarkan dimana beban ditopang oleh tanah, yaitu sebagai berikut :

1. Pondasi dangkal, kedalamannya pada umumnya $D/B \leq 1$
2. Pondasi dalam, kedalamannya pada umumnya $D/B \geq 4$

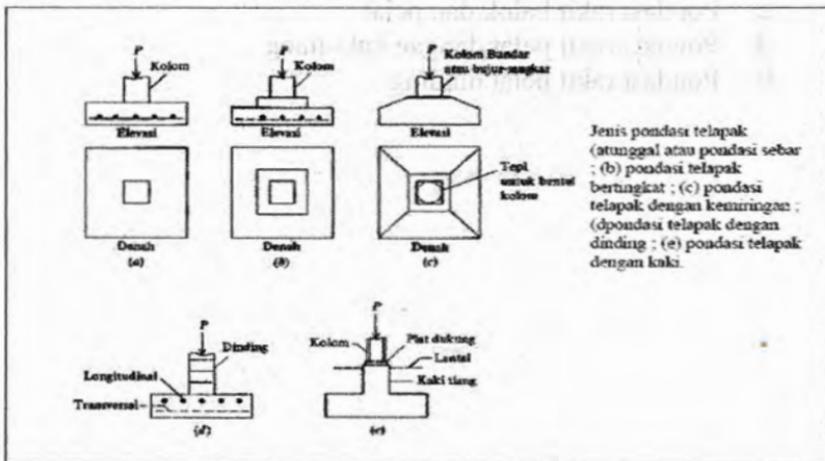
Sedangkan menurut Nakazawa (1996) jenis-jenis pondasi secara umum adalah sebagai berikut :

1. Pondasi telapak

Nakazawa (2000) menjelaskan bahwa pondasi telapak adalah suatu pondasi yang mendukung bangunan secara langsung pada tanah pondasi, bilamana terdapat lapisan tanah yang cukup tebal dengan kualitas yang baik yang mampu mendukung bangunan itu pada permukaan tanah atau sedikit di bawah permukaan tanah.

Menurut Bowles (1996) Pondasi telapak dapat dibedakan menjadi lima jenis dan dapat dilihat pada gambar 2.5 yaitu :

- a. Pondasi telapak sebar atau tunggal
- b. Pondasi telapak bertingkat
- c. Pondasi telapak dengan kemiringan
- d. Pondasi telapak dengan dinding
- e. Pondasi telapak dengan kaki



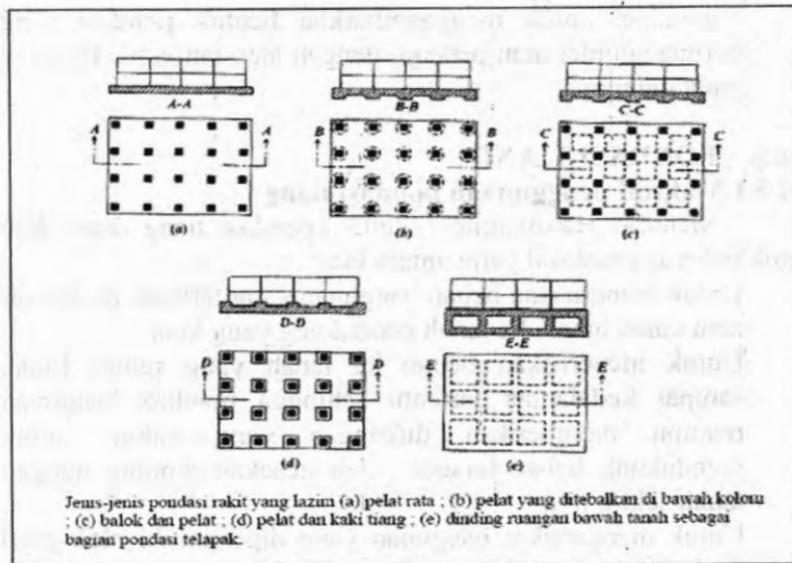
Gambar 2.5. Gambar jenis-jenis pondasi telapak (Bowles, 1996)

2. Pondasi Rakit (*Mat Foundation*)

Menurut Bowles (1996), pondasi rakit adalah pelat beton yang besar yang digunakan untuk mengantarai permukaan (*interface*) dari salah satu atau lebih kolom di dalam beberapa garis (jalur) dengan tanah dasar. Sebuah pondasi rakit boleh digunakan di mana tanah dasar mempunyai daya dukung yang rendah atau beban kolom yang begitu besar, sehingga lebih dari 50 persen dari luas ditutup oleh pondasi rakit secara konvensional. Menurut Cernica (1995) keuntungan penggunaan pondasi rakit adalah saat pondasi berada dibawah muka air tanah yang membutuhkan pengurangan perembesan air pada ruang bawah tanah.

Adapun jenis-jenis pondasi rakit menurut bowles (1996) ada lima jenis dan dapat dilihat pada gambar 2.6 berikut :

- a. Pondasi rakit dengan pelat rata
- b. Pondasi rakit dengan pelat yang ditebalkan pada bagian kolom
- c. Pondasi rakit balok dan pelat
- d. Pondasi rakit pelat dengan kaki tiang
- e. Pondasi rakit pelat dinding



Gambar 2.6 Jenis-jenis pondasi rakit
(Bowles, 1996)

3. Pondasi tiang

Menurut Hardiyatmo (2003), pondasi tiang digunakan untuk mendukung bangunan bila lapisan tanah kuat terletak sangat dalam. Pondasi jenis ini dapat juga digunakan untuk mendukung bangunan yang menahan gaya angkat ke atas, terutama pada bangunan-bangunan tingkat tinggi yang dipengaruhi oleh gaya-gaya penggulingan akibat beban angin.

4. Pondasi Kaison

Menurut Hardiyatmo (2003), pondasi kaison terdiri dari dua tipe yaitu kaison bor (*drilled caisson*) dan kaison (*caisson*). Di Indonesia pondasi kaison sering dibuat berbentuk silinder sehingga umumnya disebut pondasi sumuran karena bentuknya yang mirip sumur. Istilah kaison

digunakan untuk menggambarkan bentuk pondasi yang berupa silinder atau persegi, dengan atau tanpa pembesaran pada ujungnya.

2.4.5. PONDASI TIANG

2.4.5.1. Maksud penggunaan pondasi tiang

Menurut Hardiyatmo (2003), pondasi tiang digunakan untuk beberapa maksud yaitu antara lain :

1. Untuk meneruskan beban bangunan yang terletak di atas air atau tanah lunak, ke tanah pendukung yang kuat.
2. Untuk meneruskan beban ke tanah yang relatif lunak sampai kedalaman tertentu sehingga pondasi bangunan mampu memberikan dukungan yang cukup untuk mendukung beban tersebut oleh gesekan dinding dengan tanah sekitarnya.
3. Untuk mengangker bangunan yang dipengaruhi oleh gaya angkat ke atas akibat tekanan hidrostatik atau momen penggulingan.
4. Untuk menahan gaya-gaya horisontal dan gaya yang arahnya miring.
5. Untuk memadatkan tanah pasir, sehingga kapasitas dukung tanah tersebut bertambah.
6. Untuk mendukung pondasi bangunan yang permukaan tanahnya mudah tergerus air.

2.4.5.2. Jenis-jenis pondasi tiang

Oleh Hardiyatmo (2003) pondasi tiang dibedakan menjadi tiga kategori yaitu:

1. Tiang perpindahan besar (*large displacement pile*)
Tiang pejal atau berlubang dengan ujung tertutup yang dipancang ke dalam tanah sehingga terjadi perpindahan volume tanah yang relatif besar. Termasuk ke dalam tiang jenis ini adalah tiang kayu.
2. Tiang perpindahan kecil (*small displacement pile*)

Pada tiang jenis ini volume tanah yang dipindahkan pada saat pemancangan relatif kecil. Termasuk ke dalam tiang jenis ini adalah tiang beton berlubang dengan ujung terbuka.

3. Tiang tanpa perpindahan (*non displacement pile*)
Terdiri dari tiang yang dipasang di dalam tanah dengan cara menggali atau mengebor tanah. Termasuk dalam tiang jenis ini adalah tiang bor.

2.4.5.3. Karakteristik pondasi tiang

Bowles (1996) menjelaskan bahwa pondasi tiang-panjang lebih mahal dari pada kaki-kaki yang tersebar dan kemungkinan lebih mahal daripada pondasi telapak. Dalam keadaan bagaimanapun maka haruslah sangat berhati-hati dalam menentukan sifat tanah untuk kedalaman yang mungkin penting, sehingga dapat dengan tepat dapat ditentukan jumlah maupun panjangnya. Analisa biaya harus dibuat untuk menentukan apakah telapak atau pondasi tiang, khususnya jenisnya (baja, beton dan sebagainya) lebih ekonomis. Setelah jenis dan bahan telah ditentukan, maka selanjutnya dapat diperhitungkan penampangnya berdasarkan beban yang berasal dari bagian konstruksi di atas tanah, dan tegangan yang diperkenankan.

Bowles (1996) juga menyusun sebuah tabel untuk karakteristik pondasi tiang yang dapat dilihat pada tabel 2.6.

Tabel 2.6 Tabel karakteristik pondasi tiang

Jenis Pondasi	Tiang pancang beton <i>prestress</i>	Tiang bor
Panjang maksimum	60 m	36 m
Panjang optimum	18-30 m	8-12
Spesifikasi bahan yang dapat dipakai	ASTM A 15 baja penguat ASTM A 82 kawat ditarik dingin	ACI

	Kode 318 ACI untuk beton	
Tegangan maksimum yang disarankan	0,33 f_c kecuali jika kode bangunan stempat lebih kecil 0,4 f_y untuk beton bertulang kecuali yang prategang	0,25-0,33 f_c
Bahan maksimum untuk kondisi biasa	8500 kN	1300 kN
Jangkauan beban optimum	350-3500	350-900
Kerugian	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Biaya permulaan tinggi ▪ Pergeseran cukup besar ▪ Sukar disambung 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Beton harus ditempatkan dalam keadaan kering ▪ Lebih dari ketergantungan rata-rata pada kualitas
Keuntungan	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kapasitas beban tinggi ▪ Tahan terhadap karat ▪ Pemancangan keras memungkinkan 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Penghematan permukaan
Keterangan	Tiang pancang silinder khusus sesuai untuk hambatan linier	Beban yang diperbolehkan dikontrol oleh kapasitas dukung lapisan yang persis di bawah tiang pancang.

2.4.5.4. Pondasi tiang pancang *prestress*

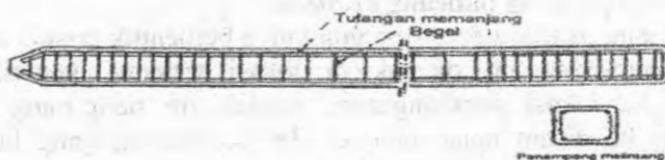
Tiang pancang *prestress* umumnya berbentuk prisma atau bulat. Tiang-tiang ini dicetak di lokasi tertentu, kemudian diangkut ke lokasi pembangunan, setelah itu tiang-tiang ini dipancang ke dalam tanah dengan alat pemancang yang biasa disebut mesin *hammer*. Ukuran diameter yang biasanya dipakai untuk tiang yang tidak berlubang adalah antara 20 sampai 60 cm. Untuk tiang yang berlubang diameternya dapat mencapai 140 cm. Panjang tiang beton pracetak biasanya berkisar antara 20 sampai 40 m. Untuk tiang beton berlubang bisa sampai 60 m. Beban maksimum untuk tiang uluran kecil dapat berkisar di antara 300 sampai 800 kN.

Keuntungan pemakaian tiang pancang *prestress* adalah (Hardiyatmo, 2003):

1. Bahan tiang dapat diperiksa sebelum pemancangan.
2. Prosedur pelaksanaan tidak dipengaruhi oleh air tanah.
3. Tiang dapat dipancang sampai kedalaman yang dalam.
4. Pemancangan tiang dapat menambah kepadatan tanah granuler.

Kerugian pemakaian tiang pancang *prestress* adalah (Hardiyatmo, 2003):

1. Peggembungan permukaan tanah dan gangguan tanah akibat pemancangan dapat menimbulkan masalah.
2. Tiang kadang-kadang rusak akibat pemancangan.
3. Pemancangan sulit, bila diameter tiang terlalu besar.
4. Pemancangan menimbulkan gangguan suara, getaran dan deformasi tanah yang dapat menimbulkan.



Gambar 2.7 Tiang Pancang *prestress*
(Hardiyatmo,2003)

Perhitungan Tiang Pancang *Prestress*

Adapun Langkah-langkah pengerjaannya adalah sebagai berikut :

1. Pengambilan data-data pembebanan gedung
2. Mengambil data tanah dari Laboratorium.

Penghitungan menggunakan tabel korelasi nilai N dan sifat-sifat karakteristik tanah yaitu (Wahyudi,1999) seperti terlihat pada tabel 2.7 berikut:

Tabel 2.7 Korelasi nilai N

Cohesionless Soil					
N (blows)	0-3	4-10	11-30	31-50	> 50
γ (kN/m^3)	-	12-16	14-18	16-20	18-23
Φ ($^\circ$)	-	25-32	28-36	30-40	> 35
State	Very Loose	Loose	Medium	Dense	Very Dense
Dr (%)	0-15	15-35	35-65	65-85	85-100
Cohesive Soil					
N (blows)	< 4	4-6	6-15	16-25	> 25
γ (kN/m^3)	14-18	16-18	16-18	16-20	> 20
Q_u (kPa)	< 25	20-50	30-60	40-200	> 100
Consistency	Very Soft	Soft	Medium	Stiff	Hard

3. Memperhitungkan daya dukung pondasi tiap lapisan tanah
Rumus yang digunakan adalah persamaan Meyerhoff yang dimodifikasi oleh WIK A yaitu menjadi :

$$Q_L = 40 \cdot N \cdot A_p + (A_s \cdot N_{av}) / 5 \quad (10)$$

Dimana :

Q_L = Daya dukung tanah maksimum (ton)

N = Harga SPT di dasar pondasi

N_{AV} = Harga N rata-rata disepanjang tiang yang terbenam (D)

A_p = Area of pile base (m^2) = $\pi \cdot D^2 / 4$

A_s = Gross surface area of shaft (m^2)

B = Diameter tiang pondasi (m)

4. Menghitung daya dukung yang diperbolehkan

$$P_{ijin} = Q_L / FS \quad FS = 2 \quad (11)$$

5. Menghitung jumlah kebutuhan tiang

$$n = \frac{P_{bang}}{P_{ijin \text{ tiang}}} \quad (12)$$

Dimana :

n = jumlah kebutuhan tiang (buah)

P_{bang} = Beban dari gedung (ton)

$P_{ijin \text{ tiang}}$ = Beban yang diijinkan pada 1 tiang (ton)

2.4.5.5. Pondasi tiang bor

Tiang bor ini adalah tiang beton cetak di tempat (*cast-in place pile*) yang dibuat dengan cara mengebor lubang pada tanah, pada umumnya memiliki diameter 750 mm atau lebih, sampai pada kedalaman yang direncanakan, kemudian lubang tersebut diisi oleh beton. Bentuk dari tiang bor ini bisa lurus seragam (*uniform diameter*) atau bisa juga membesar (*belled*) pada bagian dasarnya. (Cernica, 1995)

Tiang ini biasanya dipakai pada tanah yang stabil dan kaku, sehingga memungkinkan untuk membentuk lubang yang stabil dengan alat bor. Jika tanah mengandung air, pipa besi dibutuhkan untuk menahan dinding lubang dan pipa ini ditarik ke

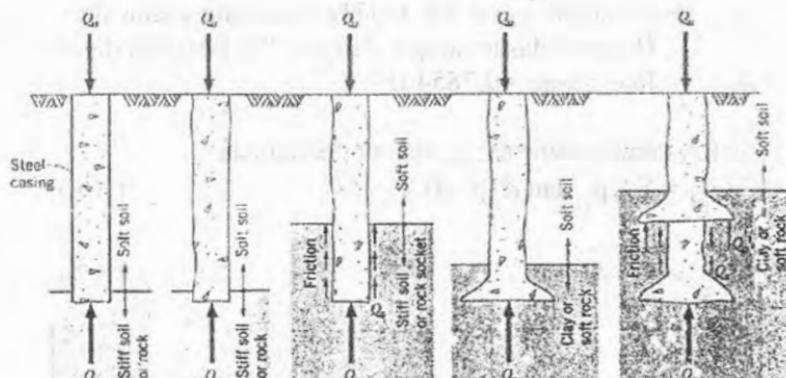
atas pada waktu pengecoran beton. Pada tanah yang keras atau batuan lunak, dasar tiang dapat dibesarkan untuk menambah daya dukung ujung tiang. (Herdiyato,2003)

Keuntungan penggunaan tiang bor adalah (Herdiyato,2003) :

1. Tidak ada resiko kenaikan muka tanah.
2. Kedalaman tiang dapat divariasikan.
3. Tanah dapat diperiksa dan dicocokkan dengan data laboratorium.
4. Tiang dapat dipasang sampai kedalaman yang dalam, dengan diameter besar, dan dapat dilakukan pembesaran ujung bawahnya jika tanah dasar berupa lempung atau batu lunak.
5. Penulangan tidak dipengaruhi oleh tegangan pada waktu pengangkutan dan pemancangan.

Kerugian penggunaan tiang bor adalah (Herdiyato,2003) :

1. Pengeboran dapat mengakibatkan gangguan kepadatan, bila tanah berupa pasir atau tanah yang berkerikil.
2. Pengecoran beton sulit bila dipengaruhi air tanah karena mutu beton tidak dapat dikontrol dengan baik.
3. Air yang mengalir ke dalam lubang bor dapat mengakibatkan gangguan tanah, sehingga mengurangi kapasitas dukung tanah terhadap tiang.
4. Pembesaran ujung bawah tiang tidak dapat dilakukan bila tanah berupa pasir.



Gambar 2.8 Penampang tiang Bor
(Cernica, 1995)

Perhitungan Tiang Bor

1. Pengambilan data-data pembebanan gedung
2. Mengambil data tanah dari Laboratorium.
Penghitungan menggunakan tabel korelasi nilai N dan sifat-sifat karakteristik tanah yaitu (Wahyudi, 1999) seperti terlihat pada tabel 2.7.
3. Menghitung daya dukung pondasi setiap lapisan tanah
Perumusan yang digunakan adalah menggunakan perumusan Reese yaitu :

$$Q_{ult} = \sum Q_{si} + Q_p \quad (13)$$

Untuk tanah lempung menggunakan persamaan :

$$\sum Q_{si} = \sum \alpha s_{us} \times p' \times \Delta L \quad (14)$$

$$Q_p = 9 \times s_{up} \times A_p \quad (15)$$

Dimana :

α = koefisien reduksi

S_{us} = kekuatan geser tak tersalur rata-rata sepanjang ΔL

p' = keliling pilar rata-rata sepanjang ΔL

ΔL = panjang elemen dimana S_{us} bisa diambil sebagai nilai konstan

S_{up} = kekuatan geser tak tersalur rata-rata mulai dari 0,5 B diatas dasar sampai dengan 3 B dibawah dasar.

A_p = luas dasar = $0,7854 B^2$

Untuk tanah pasir menggunakan persamaan :

$$\Sigma Q_{si} = \Sigma K \bar{p}_o \tan \delta (p \times \Delta L) \quad (16)$$

$$Q_p = \frac{q_p}{\alpha_p} A_p \quad (17)$$

Dimana :

K = faktor tekanan lateral sumuran

p_o = tekanan beban lebih efektif rata-rata sampai pertengahan tinggi ΔL

δ = $\tan \theta$ untuk sumurab pilar pasir karena interface beton yang besar

q_p = titik tekanan maksimum pada titik perpindahan 5%

α_p = faktor reduksi dasar pondasi

4. Menghitung daya dukung yang diperbolehkan

$$FS = Q_{ult} / P_{bang} \quad (18)$$

Bila $FS \geq 2$ maka tiang bor layak untuk digunakan.

BAB III METODOLOGI

Tugas akhir ini merupakan penelitian pengembangan (*development research*) yang bertujuan untuk menambah pengetahuan mengenai pengaplikasian metode pengambilan keputusan dalam suatu proyek konstruksi. Identifikasi hierarki dan kriteria dilakukan dengan wawancara dan studi literatur, sedangkan untuk menyusun menentukan skala penelitian antar pasangan kriteria dilakukan dengan survei kuisioner terhadap pihak-pihak yang berperan dan berkompeten dalam pengambilan keputusan.

Adapun langkah-langkah metodologi penelitian untuk menyelesaikan permasalahan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

3.1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan cara membaca dan merangkum dari buku referensi yang memiliki hubungan dengan topik pembahasan Tugas Akhir ini yaitu mengenai :

1. Analisa Keputusan
2. *Analytical Hierarchy Process* (AHP)
3. Pondasi dan struktur tanah

Langkah ini bertujuan untuk mencari dasar-dasar pemecahan masalah yang dibahas pada Tugas Akhir ini.

3.2. Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang dilakukan pada Tugas Akhir ini ada 2 jenis yaitu :

1. Pengumpulan data primer.

Pengumpulan data ini yaitu berupa kuisioner dan wawancara kepada staf-staf teknik yang mengetahui permasalahan pondasi ini yang dibahas pada Tugas Akhir ini.



Responden yang telah ditentukan adalah staf-staf teknik konsultan perencana dan kontraktor pada lima proyek gedung yang sedang berlangsung di Surabaya yaitu sebagai berikut :

- a. Proyek Hi-Tech Center Suabaya
 Konsultan Perencana : CV. Benjamin Gideon
 Kontraktor Pelaksana : PT. Waskita
- b. Proyek Surabaya Town Square
 Konsultan Perencana : PT. Waringin
 Kontraktor Pelaksana : PT. Waringin
- c. Proyek Gedung Diagnostic Center RSUD Dr. Soetomo
 Konsultan Perencana : PT. Etika Prana
 Kontraktor Pelaksana : PT. Duta Graha Indah
- d. Proyek Pasar Atum tahap VI
 Konsultan Perencana : PT Joshie Arencu
 Kontraktor Pelaksana : PT. Adhi Karya
- e. Proyek Graha Bukopin
 Konsultan Perencana : Karena berkedudukan tidak di Surabaya maka tidak diikuti sertakan.
 Kontraktor Pelaksana : PT. Pembangunan Perumahan

Dari proyek-proyek tersebut maka diambil responden sebanyak minimal 30 orang staf ahli karena merupakan sampel minimum yang harus dipenuhi untuk pengambilan sampel.

2. Pengumpulan data sekunder

Pengumpulan data ini dilakukan dengan cara meminjam data kepada CV Benjamin Gideon dan PT Waskita berupa gambar proyek, data-data proyek, dan analisa struktur proyek. Pengumpulan data juga meminjam data-data tanah kepada Laboratorium Mekanika Tanah ITS yang akan digunakan sebagai data permodelan.

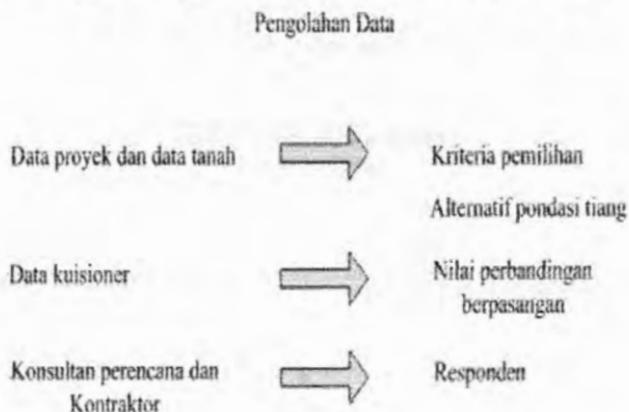
3.3. Penentuan kriteria

Langkah awal pengerjaan Tugas Akhir ini adalah proses penentuan kriteria untuk penyelesaian dari permasalahan. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan kriteria-kriteria dan faktor-faktor yang mempengaruhi pengambilan keputusan pemilihan jenis pondasi dan jenis pondasi yang memungkinkan untuk digunakan serta bentuk hierarki pengambilan keputusan pemilihan desain pondasi pada proyek pembangunan Hi-Tech Center Surabaya.

3.4. Pembuatan kuisoner

Sedangkan pengolahan data selanjutnya, yaitu pembuatan dan penyebaran kuisoner digunakan sebagai nilai perbandingan kriteria dan faktor yang berpengaruh dalam pengambilan keputusan untuk dimasukkan dalam perhitungan AHP.

Alur pengolahan data pada Tugas Akhir ini dapat ditulis dalam suatu bagan alir yang dapat dilihat pada gambar 3.1 berikut



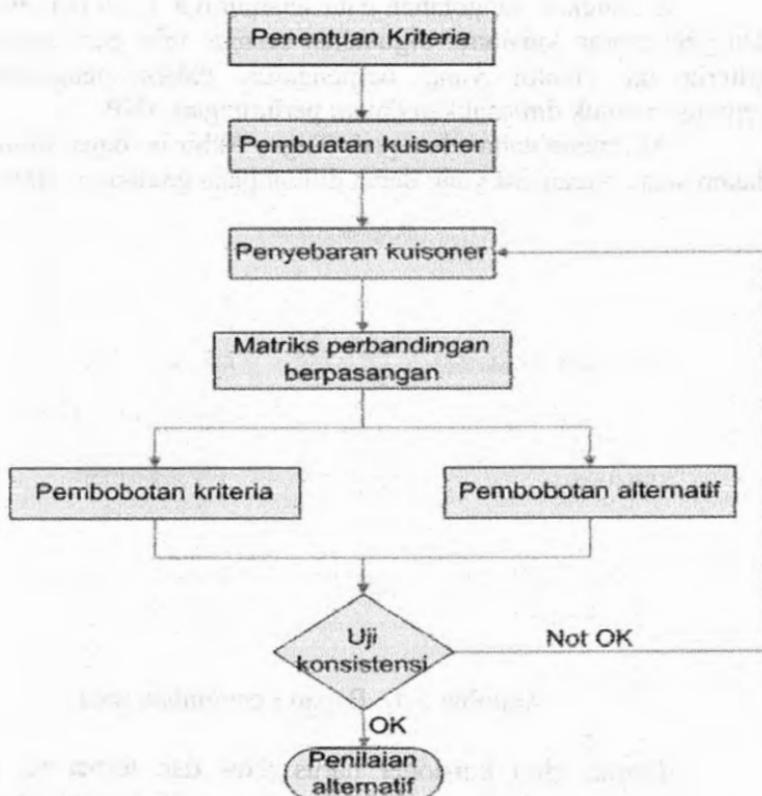
Gambar 3.1. Bagan Pengolahan data

Format dari kuisoner harus jelas dan terperinci agar mengurangi kesalah pahaman dalam pengisiannya. Kuisoner ini bertujuan untuk penentuan bobot dari kriteria pemilihan yang

dilakukan oleh para responden. Untuk format kuisioner dapat dilihat pada lampiran.

3.5. Perhitungan *Analytical Hierarchy Process* (AHP)

Perhitungan ini dilakukan untuk mendapatkan suatu keputusan jenis pondasi yang dipilih sesuai dengan penilaian para pengambil keputusan dan mengetahui prioritas kriteria dan prioritas jenis pondasi yang ada. Adapun bagan alir perhitungan AHP ini dapat dilihat pada gambar 3.2 sebagai berikut :

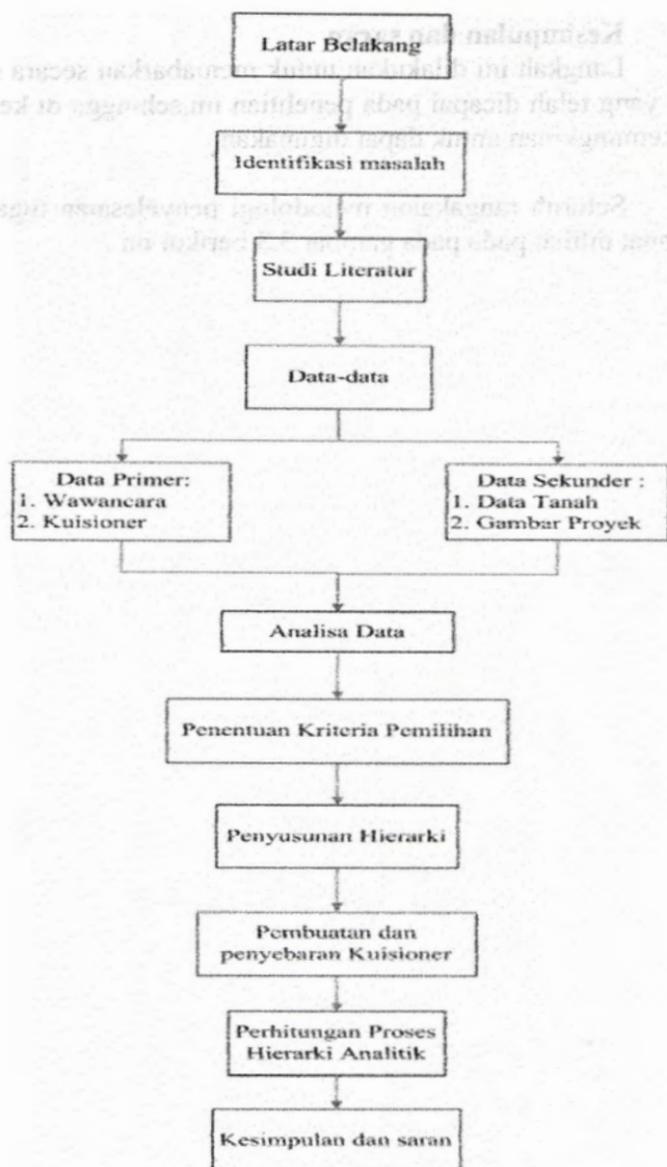


Gambar 3.2. Bagan alir perhitungan AHP

3.6. Kesimpulan dan saran

Langkah ini dilakukan untuk menjabarkan secara spesifik hasil yang telah dicapai pada penelitian ini, sehingga di kemudian ada kemungkinan untuk dapat digunakan.

Seluruh rangkaian metodologi penyelesaian tugas akhir ini dapat dilihat pada pada gambar 3.3 berikut ini :



Gambar 3.3 Bagan alir metodologi

BAB IV

PENENTUAN KRITERIA

4.1. DATA PROYEK

Proyek yang digunakan sebagai studi kasus pada tugas akhir ini adalah proyek Hi Tech Center, adapun data proyek tersebut adalah sebagai berikut :

Nama proyek	: Proyek Hi-Tec Centre (HTC)
Lokasi proyek	: Jalan Tunjungan, Surabaya
Owner	: PT Lamicitra Nusantara Tbk. PT Penta Persada Pertiwi Tbk.
Konstruksi Management	: PT Prosys Engineers International
Konsultan Struktur	: CV Benjamin Gideon & Associates
Konsultan Arsitektur	: PTI Architects PT Cipta Adi Dimensi
Konsultan ME	: PT Arnan Pratama Consultants
Kontraktor	: PT Waskita Karya

Proyek ini terdiri dari dua bagian yaitu Showroom 3 lantai dan dengan luas bangunan 2655 m².

Bangunan 7 lantai

Tinggi bangunan	: 33.5m
Tinggi antar lantai	: 4 m
Pondasi	: Secant pile dan Bored Pile
Struktur atap	: Plat Beton

Batas-batas lokasi proyek :

- Utara : Pertokoan Tunjungan Center
- Selatan : Pertokoan Sari Agung
- Timur : Perumahan Penduduk
- Barat : Jalan Tunjungan



Gambar 4.1 Layout proyek HTC

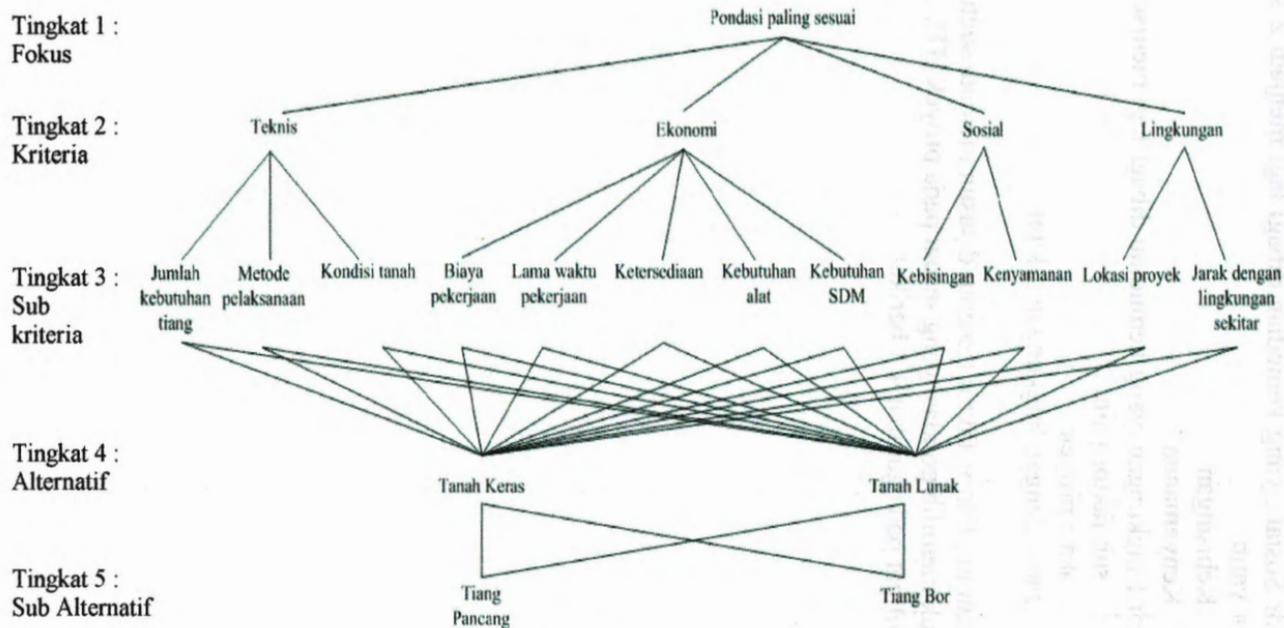
4.2. PENDAHULUAN

Dari hasil wawancara dengan beberapa orang-orang didalam suatu proyek yang mengerti akan masalah pondasi maka dapat disimpulkan bahwa ada 4 faktor yang mempengaruhi dalam pengambilan keputusan untuk memilih suatu alternatif pondasi, masing-masing faktor itu adalah :

1. Faktor Teknis , yang kemudian dibagi lagi menjadi 3 sub faktor yaitu :
 - a. Jumlah kebutuhan tiang
 - b. Metode pelaksanaan
 - c. Kondisi tanah
2. Faktor Ekonomi, yang kemudian dibagi lagi menjadi 5 sub faktor yaitu :
 - a. Biaya pekerjaan
 - b. Lama waktu pekerjaan
 - c. Ketersediaan
 - d. Kebutuhan alat
 - e. Kebutuhan SDM

3. Faktor Sosial , yang kemudian dibagi lagi menjadi 2 sub faktor yaitu :
 - a. Kebisingan
 - b. Kenyamanan
4. Faktor Lingkungan, yang kemudian dibagi lagi menjadi 2 sub faktor yaitu :
 - a. Lokasi proyek
 - b. Jarak dengan lingkungan sekitar

Setelah itu, faktor-faktor tersebut disusun menjadi suatu Hierarki untuk memilih pondasi yang sesuai pada proyek HTC ini yang dapat dilihat pada gambar 4.1 berikut



Gambar 4.2. Hierarki untuk pondasi yang paling sesuai pada proyek HTC

4.3. JUMLAH KEBUTUHAN TIANG

4.3.1. Data perencanaan

Untuk Tiang Pancang yang digunakan dalam perhitungan daya dukung adalah menggunakan 3 tipe tiang pancang produksi WIKA yaitu tipe 450 80-A1, tipe 500 90-A1, dan tipe 600 100-A1 dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Tiang Pancang ini merupakan jenis Tiang Pancang Beton Pratekan (*Prestressed Concrete Pile*) dengan bentuk penampang bulat berongga (*Round Hollow*).
- Mutu beton tiang pancang adalah K-600 (*Specified concrete cube compressive strength is 600 kg/m² at 28 days*).

Tabel 4.1. Klasifikasi dari masing-masing tiang pancang

Tipe	Diameter (cm)	Keliling (m)	Luas (m)	M _{crack} (tm)	M _{ultimate} (tm)	P (t)
450 80-A1	45	141,37	1590,43	7,50	11,25	139,23
500 90-A1	50	157,08	1963,50	10,50	15,75	172,66
600 100-A1	60	188,50	2827,43	17,00	25,50	235,40

Untuk Tiang bor yang digunakan untuk tanah keras adalah dengan diameter 1350 mm, 1500 mm dan 1650 mm, sedangkan untuk tanah lunak maka akan digunakan diameter 1650 mm dan 1800 mm, dengan masing-masing mutu beton adalah 30 Mpa (*28 days concrete strength*).

Diameter minimum untuk tiang bor

$$D_{\min} = \sqrt{\frac{P}{0,7854 \times 0,25 \times f'_c}} = \sqrt{\frac{9,98}{0,7854 \times 0,25 \times 30}} = 1,3\text{m}$$

Dari hasil analisa program SAP pada gedung HTC tersebut maka didapat data-data sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 P &= 998 \text{ t} \\
 M_x &= 1,19 \text{ tm} \\
 M_y &= 0,21 \text{ tm} \\
 H_x &= 1,56 \text{ t} \\
 H_y &= 0,11 \text{ t}
 \end{aligned}$$

4.3.2. Kebutuhan untuk Pondasi tiang pancang

4.3.2.1 Perhitungan Pondasi Tiang Pancang Pada Tanah Keras

4.3.2.1.1 Daya Dukung Tiang Pancang

Perhitungan daya dukung tiang pancang ini akan didasarkan pada data-data menurut hasil uji tes bor (*Standard Penetration Test*) dan menggunakan metode MEYERHOF. Dari data tes SPT yang telah dilakukan maka akan dilakukan perhitungan untuk mendapatkan daya dukung tanah yang diperlukan untuk menentukan banyaknya tiang pancang yang digunakan. Sebagai contoh perhitungan maka digunakan kedalaman tiang $H = 12 \text{ m}$ tetapi untuk kedalaman yang lain akan disajikan pada tabel 7.1, 7.2 dan 7.3 yang terdapat pada lampiran

Contoh perhitungan :

$$\bar{N} (z = -10 \text{ s/d } -12 \text{ m}) = \frac{17,34 + 24,50 + 32,20}{3} = 24,68$$

$$\bar{N} (z = -12 \text{ s/d } -14 \text{ m}) = \frac{32,20 + 30,04 + 27,95}{3} = 30,06$$

$$\bar{N}_p = \frac{24,68 + 30,06}{2} = 27,37$$

$$\begin{aligned}
 Q_p &= 40 \cdot \bar{N}_p \cdot A_t \\
 &= 40 \cdot 27,37 \cdot 0,196350 \\
 &= 214,96 \text{ t}
 \end{aligned}$$

$$\bar{N}_s = \frac{6,31 + 11,27 + 15,27 + 17,34 + 24,50 + 32,20}{12} = 8,91$$

$$\begin{aligned}
 Q_s &= (\bar{N}_s \cdot A_s) / 5 \\
 &= (8,91 \cdot 1,5708 \cdot 12) / 5 \\
 &= 33,59 \text{ t}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{ult} &= Q_p + Q_s \\
 &= 214,96 + 33,59 \\
 &= 248,55 \text{ t}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{ijin} &= Q_{ult} / SF \\
 &= 248,55 / 2 \\
 &= 124,27 \text{ t}
 \end{aligned}$$

4.3.2.1.2. Jumlah Kebutuhan Tiang Pancang

Untuk jumlah tiang pancang pada kedalaman yang lainnya akan disajikan pada lampiran.

Contoh perhitungan :

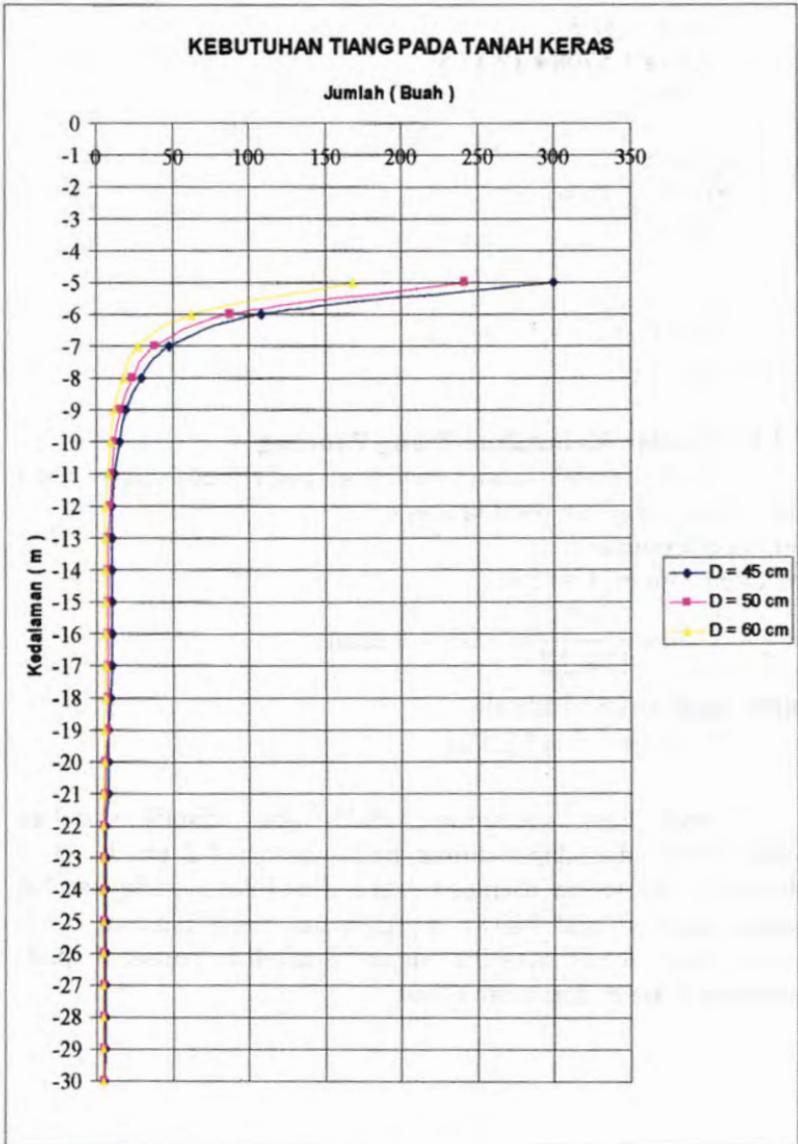
Untuk kedalaman $H = 12 \text{ m}$

$$n = \frac{P}{P_{ijin} \text{ 1 tiang}} = \frac{998}{124,27} = 8,03 \approx 9 \text{ buah}$$

Dengan jarak as ke as adalah

$$s = 2,5 D = 2,5 \cdot 0,5 = 1,25 \text{ m}$$

Untuk hasil selanjutnya maka akan disajikan dalam sebuah grafik yang dapat dilihat pada gambar 4.2 untuk setiap kedalaman dan setiap diameter yang diperlukan. Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa penggunaan tiang pancang pada kondisi tanah keras tersebut dapat dilakukan minimal pada kedalaman 5 meter dari permukaan.



Gambar 4.3 Grafik kebutuhan tiang pancang pada tanah keras

4.3.2.2. Perhitungan Pondasi Tiang Pancang Pada Tanah Lunak

4.3.2.2.1. Daya Dukung Tanah

Perhitungan daya dukung tiang pancang ini akan didasarkan pada data-data menurut hasil uji tes bor (*Standard Penetration Test*) dan menggunakan metode MEYERHOF. Dari data tes SPT yang telah dilakukan maka akan dilakukan perhitungan untuk mendapatkan daya dukung tanah yang diperlukan untuk menentukan banyaknya tiang pancang yang digunakan. Sebagai contoh perhitungan maka digunakan kedalaman tiang $H = 24$ m tetapi untuk kedalaman yang lain akan disajikan pada tabel 7.4, 7.5, dan 7.6

Contoh perhitungan :

$$\bar{N} (z = -22 \text{ s/d } -24 \text{ m}) = \frac{14,10 + 22,71 + 18,62}{3} = 18,48$$

$$\bar{N}_P = 18,48$$

$$\begin{aligned} Q_P &= 40 \cdot \bar{N}_P \cdot A_t \\ &= 40 \cdot 18,48 \cdot 0,196350 \\ &= 145,14 \text{ t} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{AV} &= 2+4+10+6,67+3,22+0,33+0,65+0,97+1,26+1,55+1,82 \\ &\quad +2,98+4,09+5,17+14,1+22,71+18,62 \\ &= 80,14 \end{aligned}$$

$$\bar{N}_S = \frac{N_{AV}}{24} = \frac{80,14}{24} = 3,34$$

$$\begin{aligned} Q_S &= (\bar{N}_S \cdot A_S) / 5 \\ &= (3,34 \cdot 1,5708 \cdot 24) / 5 \\ &= 25,18 \text{ t} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{ult} &= Q_P + Q_S \\ &= 145,14 + 25,18 \\ &= 170,32 \text{ t} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{ijin} &= Q_{ult}/SF \\
 &= 170,32 / 2 \\
 &= 85,16 \text{ t}
 \end{aligned}$$

4.3.2.2.2 Jumlah Kebutuhan Tiang Pancang

Untuk jumlah tiang pancang pada kedalaman yang lainnya akan disajikan pada tabel 4.4, 4.5, dan 4.6

Contoh perhitungan :

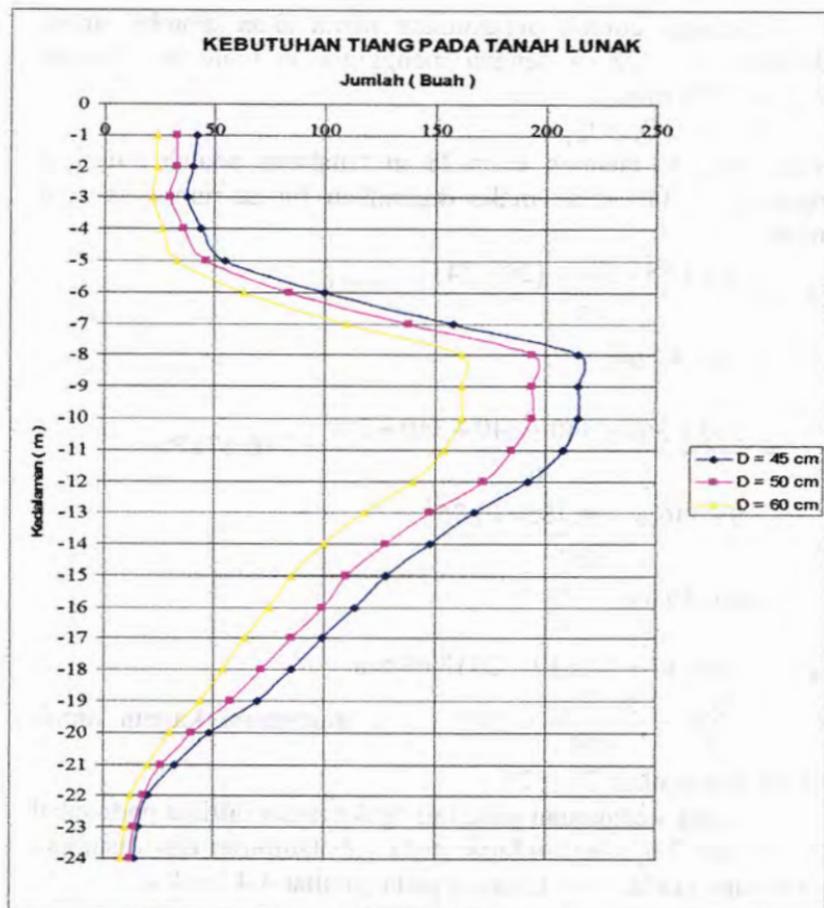
Untuk kedalaman $H = 24 \text{ m}$

$$n = \frac{P}{P_{ijin \text{ 1 tiang}}} = \frac{998}{85,16} = 11,72 \approx 12 \text{ buah}$$

Dengan jarak as ke as adalah

$$s = 2,5 D = 2,5 \cdot 0,5 = 1,25 \text{ m}$$

Untuk hasil selanjutnya maka akan disajikan dalam sebuah grafik yang dapat dilihat pada gambar 4.3 untuk setiap kedalaman dan setiap diameter yang diperlukan. Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa penggunaan tiang pancang pada kondisi tanah lunak tersebut dapat dilakukan minimal pada kedalaman 1 meter dari permukaan.



Gambar 4.4 Grafik Kebutuhan Tiang Pancang pada tanah lunak

4.3.3. Kebutuhan untuk pondasi tiang bor

4.3.3.1. Perhitungan Pondasi Tiang Bor Pada Tanah Keras

Dalam perhitungan tiang bor ini tetap menggunakan data dari SPT (*Standard Penetration Test*) dengan menggunakan metode REESE:

Sebagai contoh perhitungan maka akan diambil untuk kedalaman $H = 28$ m dengan menggunakan tiang bor dengan diameter 1350 mm.

$$Q_{ult} = \Sigma Q_{si} + Q_p$$

Karena pada kedalaman $H = 28$ m tanahnya adalah lempung dengan $q_u = 340$ kPa maka digunakan rumus-rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \Sigma Q_{si} &= \left(\frac{\pi \times 1,35 \times 340 \times (28 - 24)}{9,81} \right) + 777,80 \\ &= 1365,47 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$s_{sup} = \frac{360 + 360 + 340 + 340 + 340 + 340}{6} = 346,67 \text{ kPa}$$

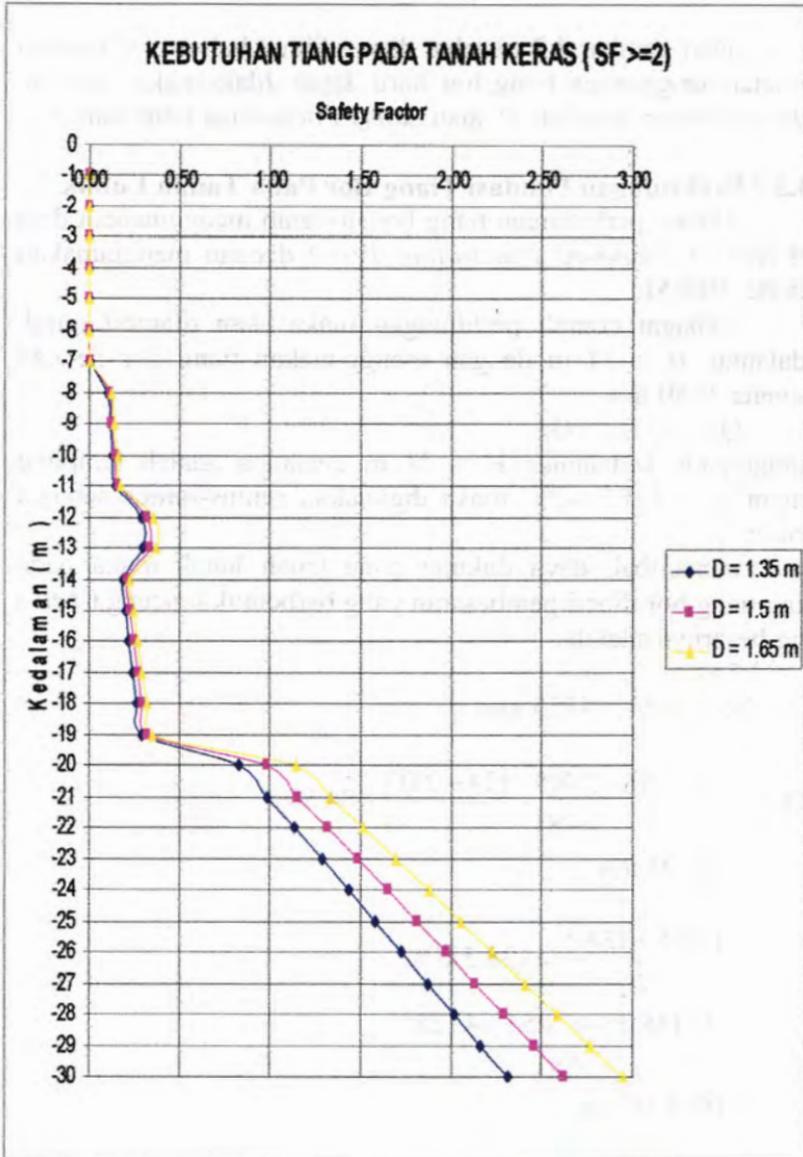
$$\begin{aligned} Q_p &= \frac{9 \times 346,67 \times 0,7854 \times 1,35^2}{9,81} \\ &= 446,49 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$Q_{ult} = 1365,47 + 446,49 = 2013,69 \text{ ton}$$

$$SF = \frac{Q_{ult}}{P} = \frac{2013,69}{998} = 2,02 \quad (\text{memenuhi karena untuk}$$

REESE disyaratkan $SF \geq 2$)

Untuk kedalaman yang lain maka dapat dilihat pada tabel 7.7, 7.8 dan 7.9 yang terdapat pada bab lampiran dan disajikan pula berupa grafik yang terdapat pada gambar 4.4 berikut



Gambar 4.5 Kebutuhan tiang bor pada tanah keras

Dari gambar 4.3 tersebut dapat dilihat bahwa pada setiap diameter penggunaan tiang bor baru dapat dilaksanakan apabila pada kedalaman tersebut SF atau *Safety Factor*-nya lebih dari 2.

4.3.3.2. Perhitungan Pondasi Tiang Bor Pada Tanah Lunak

Dalam perhitungan tiang bor ini tetap menggunakan data dari SPT (*Standard Penetration Test*) dengan menggunakan metode REESE:

Sebagai contoh perhitungan maka akan diambil untuk kedalaman $H = 24$ m dengan menggunakan tiang bor dengan diameter 1650 mm.

$$Q_{ult} = \Sigma Q_{si} + Q_p$$

Karena pada kedalaman $H = 24$ m tanahnya adalah lempung dengan $q_u = 138,5$ kPa maka digunakan rumus-rumus sebagai berikut:

Untuk menambah daya dukung pada tanah lunak maka pada ujung tiang bor diberi pembesaran yang berbentuk lonceng (*bell*) yang besarnya adalah :

$$\begin{aligned} D_B &= 2,5 D \\ &= 2,5 \times 1650 = 4125 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma Q_{si} &= \left(\frac{\pi \times 1,65 \times 138,5 \times (24 - 21)}{9,81} \right) + 84,50 \\ &= 303,94 \text{ ton} \end{aligned}$$

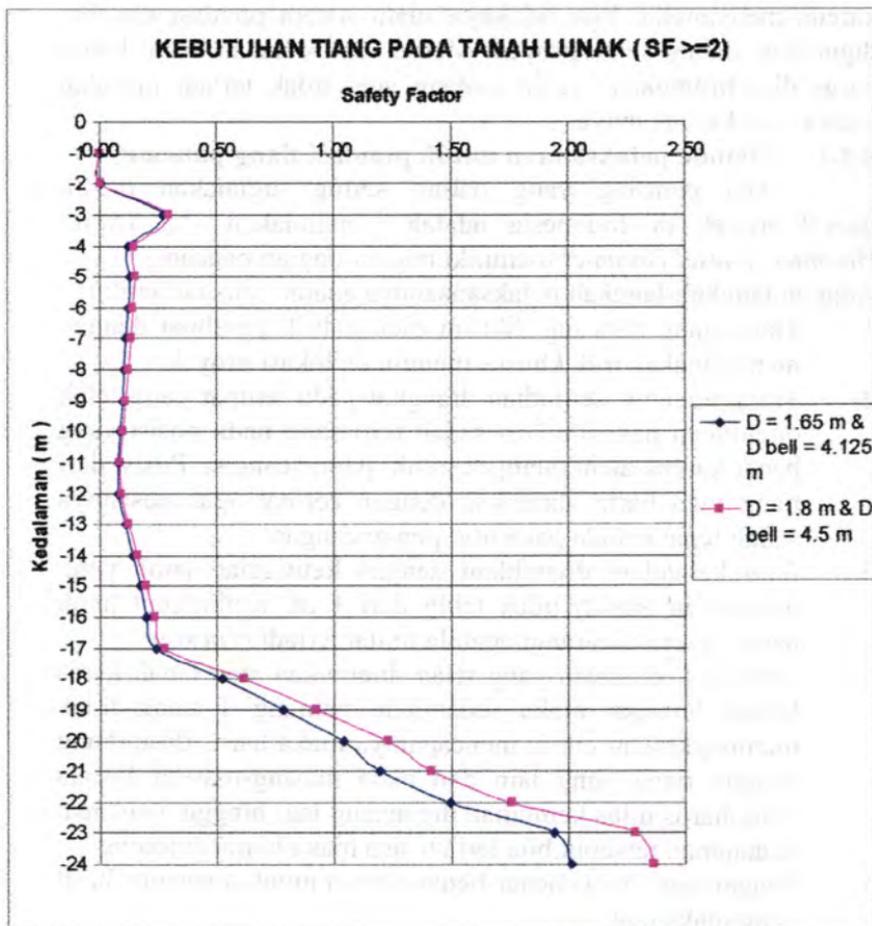
$$s_{up} = \frac{138,5 + 138,5}{2} = 138,5 \text{ kPa}$$

$$\begin{aligned} Q_p &= \frac{9 \times 138,5 \times 0,7854 \times 4,125^2}{9,81} \\ &= 1698,10 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$Q_{ult} = 303,94 + 1698,10 = 2010,55 \text{ ton}$$

$$SF = \frac{Q_{ult}}{P} = \frac{2010,55}{998} = 2,01 \quad (\text{memenuhi karena untuk REESE disyaratkan } SF \geq 2)$$

Untuk perhitungan yang lainnya akan disajikan pada tabel 7.10 dan 7.11 yang terdapat pada lampiran dan juga akan ditampilkan dalam grafik yang terdapat pada gambar 4.4 berikut



Gambar 4.6 Kebutuhan tiang bor pada tanah lunak

Dari gambar 4.4 tersebut dapat dilihat bahwa pada setiap diameter penggunaan tiang bor baru dapat dilaksanakan apabila pada kedalaman tersebut SF atau *Safety Factor*-nya lebih dari 2.

4.4 METODE PELAKSANAAN

Metode pelaksanaan adalah salah satu faktor yang cukup mempengaruhi pertimbangan pemilihan suatu sistem pondasi karena menyangkut bisa tidaknya suatu sistem pondasi tersebut digunakan dalam suatu proyek. Metode pelaksanaan benar-benar harus diperhitungkan secara matang agar tidak terjadi masalah ketika melaksanakannya.

4.4.1 Metode pelaksanaan untuk pondasi tiang pancang

Alat pancang yang paling sering digunakan dalam proyek-proyek di Indonesia adalah menggunakan alat *Diesel Hammer*. *Diesel Hammer* memiliki bagian-bagian pancang.

Adapun langkah-langkah pelaksanaannya adalah sebagai berikut :

1. Tiang-tiang pancang dikirim oleh pabrik pembuat dengan menggunakan truk khusus menuju ke lokasi proyek.
2. Tiang tersebut kemudian diangkat pada tempat yang telah ditentukan dan *pile cap* sudah terpasang pada posisi yang benar karena akan mempengaruhi pemancangan. Posisi dari tiang juga harus diperiksa dengan cermat agar posisinya sudah tepat berada pada titik pemancangan.
3. *Ram* kemudian dijatuhkan dengan ketinggian jatuh yang dianjurkan adalah tidak lebih dari 1 m. Ketinggian jatuh harus segera dikurangi apabila mulai terjadi *cracking*.
4. Apabila kedalaman yang telah ditentukan atau tanah keras belum tercapai maka sedangkan panjang 1 tiang tidak memungkinkan untuk mencapainya maka harus disambung dengan tiang yang lain dan pada masing-masing kepala tiang harus dilas kemudian dipancang lagi hingga mencapai kedalaman tersebut, bila terjadi sisa maka harus dipotong.
5. Pengawasan harus benar-benar cermat untuk mencapai hasil yang maksimal.

4.4.2 Metode pelaksanaan untuk pondasi tiang bor

Metode pelaksanaan untuk tiang bor ada berbagai macam jenis tetapi yang paling sering digunakan adalah metode dengan menggunakan *casing* yang terbuat dari baja (*The Casing Method*). Adapun langkah-langkah pelaksanaannya adalah sebagai berikut :

1. Pada titik yang telah ditentukan, tanah dibor dengan menggunakan alat bor yang biasa disebut *auger*
2. Pada saat pengeboran *casing* dimasukkan kedalam lubang untuk melindungi lubang dari runtuh tanah sekitar dan rembesan air tanah.
3. Pada saat berada pada lapisan tanah yang diinginkan maka bila direncanakan ujung tiang bor adalah berbentuk lonceng (*bell*) maka bisa memasukkan alat untuk membuat ujung tiang bor menjadi berbentuk lonceng (*undreaming tools*).
4. Lubang diperiksa terlebih dahulu untuk memeriksa bahwa lubang benar-benar siap untuk dimasukkan beton.
5. Rangkaian tulangan dimasukkan kedalam lubang dan siap untuk dicor
6. Beton harus cepat dimasukkan kedalam lubang.
7. Sesaat setelah beton telah dimasukkan hingga permukaan maka *casing* dicabut dengan perlahan-lahan untuk menghindari adanya beton keluar dari lubang.

4.5 Kondisi tanah

Kondisi tanah adalah keadaan tanah dari segi klasifikasinya yaitu klasifikasi yang didapat dari data SPT yang terlampir dan menggolongkannya menjadi tanah keras dan tanah lunak sesuai dengan tabel 2.7. Kondisi tanah ini juga termasuk parameter-parameter tanah yang digunakan untuk perhitungan pada sub-bab 4.2.

4.6 Biaya Pekerjaan

Biaya pekerjaan disini yang dimaksud adalah harga satuan pekerjaan dari masing-masing pondasi tiang yang digunakan untuk pembuatan Rancangan Anggaran Biaya suatu proyek. Biaya pekerjaan ini telah meliputi biaya material, upah pekerja, sewa alat dan lain sebagainya.

4.7 Lama waktu pekerjaan

Lama waktu pekerjaan adalah rentang waktu yang diperlukan untuk melakukan seluruh aktifitas pekerjaan masing-masing pondasi tiang tersebut mulai dari awal pekerjaan hingga akhir.

4.8 Ketersediaan

Ketersediaan adalah kesiapan jumlah material dan rentang waktu yang diperlukan mulai dari pemesanan pada produsen pondasi tiang tersebut hingga pondasi tiang tersebut datang ke lokasi proyek.

4.9 Kebutuhan alat

Kebutuhan alat adalah jumlah peralatan yang digunakan untuk melakukan aktifitas pekerjaan pondasi tiang tersebut.

4.10 Kebutuhan SDM

Kebutuhan SDM adalah jumlah seluruh pekerja yang digunakan untuk melakukan pekerjaan pondasi tiang tersebut.

4.11 Kebisingan

Kebisingan adalah suara-suara yang ditimbulkan pada saat melakukan pekerjaan pondasi tiang tersebut yang mengganggu masyarakat umum.

4.12 Kenyamanan

Kenyamanan menyangkut perasaan masyarakat umum terhadap dampak dari adanya pekerjaan pondasi tersebut seperti pengiriman material yang berlangsung terus menerus dan dalam jangka waktu yang saling berdekatan.

4.13 Lokasi proyek

Lokasi proyek menyangkut letak dari proyek gedung, posisi proyek terhadap bangunan-bangunan di sekitarnya, dan juga lokasi proyek. Hal ini juga dapat mempengaruhi pekerjaan pondasi itu sendiri.

4.14 Jarak terhadap lingkungan sekitarnya.

Jarak terhadap lingkungan sekitarnya adalah jarak antara sisi terluar proyek terhadap gedung atau perumahan penduduk yang dapat terkena imbas dari pekerjaan pondasi itu.

BAB V

ANALISA PENGAMBILAN KEPUTUSAN

5.1. Jumlah Responden

Setelah melakukan penyebaran kuisioner maka dapat diketahui bahwa orang-orang yang menjadi responden adalah sebagai berikut :

- a. **Proyek Hi-Tech Center Suabaya**
Konsultan Perencana : CV. Benjamin Gideon sebanyak 7 orang
Kontraktor Pelaksana : PT. Waskita sebanyak 1 orang
- b. **Proyek Surabaya Town Square**
Konsultan Perencana & Kontraktor Pelaksana : PT. Waringin sebanyak 5 orang.
- c. **Proyek Gedung Diagnostic Center RSUD Dr. Soetomo**
Konsultan Perencana : PT. Etika Prana sebanyak 2 orang
Kontraktor Pelaksana : PT. Duta Graha Indah sebanyak 4 orang
- d. **Proyek Pasar Atum tahap VI**
Konsultan Perencana : PT Joshie Arencu sebanyak 2 orang
Kontraktor Pelaksana : PT. Adhi Karya sebanyak 4 orang
- e. **Proyek Graha Bukopin**
Kontraktor Pelaksana : PT. Pembangunan Perumahan sebanyak 5 orang

Total semua responden berjumlah 30 orang dan semua responden adalah para staf teknik pada tempat mereka masing-masing bekerja. Setelah mendapatkan data kuisioner maka dapat dilakukan analisa AHP.

5.2. Rata-rata geometrik untuk penilaian berkelompok

Setelah mendapatkan semua kuisioner maka dilakukan penilaian gabungan untuk mendapatkan pengambilan keputusan dari kelompok responden ini. Penilaian gabungan ini dihitung berdasarkan rumus (9) yang terdapat pada bab 2 yang lalu yaitu

$$A_w = \sqrt[n]{A_1 \times A_2 \times \dots \times A_n}$$

Dimana : A_w = Penilaian gabungan

A_n = Penilaian responden ke - n

N = Banyaknya responden

Untuk lebih mempermudah penilaian maka setiap responden diberi kode nama responden yaitu sebagai berikut :

- a. CV Benjamin Gideon menggunakan kode BG (BG1, BG2, ..., BG7)
- b. PT. Waskita menggunakan kode WS (WS1)
- c. PT. Waringin menggunakan kode WR (WR1, WR2, ..., WR5)
- d. PT. Etika Prana menggunakan kode EP (EP1 & EP2)
- e. PT. Duta Graha Indah menggunakan kode DG (DG1, DG2, DG3 & DG4)
- f. PT. Joshie Arencu menggunakan kode JA (JA1 & JA2)
- g. PT. Adhi Karya menggunakan kode AK (AK1, AK2, AK3, & AK4)
- h. PT. Pembangunan Perumahan menggunakan kode PP (PP1, PP2, PP3, & PP4)

Untuk tabel dari masing-masing penilaian responden beserta penilaian gabungannya dapat dilihat pada bab lampiran.

5.3. Matriks perbandingan berpasangan untuk setiap kriteria pada tanah keras

Dari semua kuisioner yang telah masuk maka setiap bobot kriteria dirata-rata terhadap seluruh responden sehingga didapatkan matriks berpasangan untuk satu kelompok. Matrik perbandingan dari hasil kuisioner tersebut dapat dilihat pada tabel 5.1. Matrik perbandingan berpasangan merupakan langkah

pertama dalam perhitungan analisa pengambilan keputusan AHP ini. Dari tabel tersebut dapat diketahui bahwa arti dari angka-angka tersebut adalah menunjukkan bobot kepentingan antar kriteria. Sebagai contoh antara kriteria jumlah kebutuhan yang terdapat pada kolom sebelah kiri dengan kriteria metode pelaksanaan yang terdapat pada baris atas terdapat angka 1.69 berarti bobot kriteria jumlah kebutuhan tiang jauh lebih penting daripada metode pelaksanaan, sesuai dengan skala perbandingan yang telah terdapat pada skala perbandingan pada tabel 2.2.

The table is a comparison matrix for AHP, showing pairwise comparisons between criteria. The diagonal elements are 1.00. The off-diagonal elements represent the relative importance of one criterion over another. The table is oriented vertically on the page.

Tabel 5.1 Matrik perbandingan berpasangan untuk tanah keras

TUJUAN		KRITERIA											
		Jumlah Kebutuhan	Metode Pelaksanaan	Kondisi Tanah	Biaya Pekerjaan	Lama waktu pek	Ketersediaan	Kebutuhan alat	Kebutuhan SDM	Kebisingan	Kenyamanan	Lokasi Proyek	Jarak lingkungan
K R I T E R I A	Jumlah Kebutuhan	1	1.69	1.94	2.17	2.62	2.96	3.19	2.83	3.29	3.00	3.64	3.57
	Metode Pelaksanaan	0.36	1	1.43	2.12	2.30	2.60	2.74	2.62	2.99	2.58	3.12	3.61
	Kondisi Tanah	0.52	0.70	1	2.14	2.03	2.37	3.19	2.79	2.83	2.50	3.11	3.48
	Biaya Pekerjaan	0.46	0.47	0.47	1	1.03	1.45	1.20	1.64	1.35	0.90	1.58	1.19
	Lama waktu pek	0.38	0.43	0.49	0.97	1	1.60	1.72	1.62	2.29	1.98	1.18	2.03
	Ketersediaan	0.34	0.38	0.42	0.69	0.63	1	1.50	1.43	1.03	1.75	1.13	1.91
	Kebutuhan alat	0.31	0.26	0.31	0.83	0.58	0.67	1	1.29	1.41	1.17	1.65	1.44
	Kebutuhan SDM	0.35	0.38	0.36	0.61	0.62	0.70	0.78	1	1.83	1.19	1.04	1.59
	Kebisingan	0.30	0.33	0.35	0.74	0.44	0.97	0.71	0.55	1	1.49	1.91	1.97
	Kenyamanan	0.33	0.39	0.40	1.11	0.51	0.57	0.85	0.84	0.67	1	1.55	1.39
	Lokasi Proyek	0.27	0.32	0.32	0.63	0.85	0.88	0.61	0.96	0.52	0.65	1	1.46
	Jarak lingkungan	0.28	0.28	0.29	0.84	0.49	0.52	0.69	0.63	0.51	0.72	0.68	1

5.4. Normalisasi bobot kriteria pada tanah keras

Hal ini dilakukan dengan membagi setiap nilai perbandingan berpasangan dengan total nilai perbandingan berpasangan untuk setiap pihak pengambil keputusan yang dilakukan pada langkah ke-1. Sehingga nantinya akan didapatkan pembobotan dari setiap kriteria. Untuk penjumlahan bobot dapat dilihat pada tabel 5.2 sedangkan untuk normalisasi ini dapat dilihat pada tabel 5.3 berikut

Sebagai kontrol maka jumlah dari bobot (W) harus mendekati satu, jadi

$$\sum W \approx 1$$

5.5. Uji Konsistensi bobot kriteria pada tanah keras

Perhitungan uji konsistensi matriks nilai perbandingan berpasangan faktor pihak pengambil keputusan. Perhitungan ini dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut ini :

1. Mengalikan bobot yang diperoleh dengan nilai nilai perbandingan berpasangan yang diperoleh, untuk itu dapat dilihat pada tabel 5.4.
2. Menjumlahkan hasil kali dari langkah ke-1 tersebut pada setiap elemen perbandingan
3. Membagi jumlah bobot dengan bobot (W) sehingga diperoleh *eigenvector*

	BOBOT		EIGENVECTOR
$\left(\begin{array}{c} 2.267 \\ 1.822 \\ 1.728 \\ 0.876 \\ 1.018 \\ 0.790 \\ 0.712 \\ 0.690 \\ 0.681 \\ 0.648 \\ 0.573 \\ 0.481 \end{array} \right)$	:	$\left( \begin{array}{c} 0.184 \\ 0.147 \\ 0.140 \\ 0.071 \\ 0.083 \\ 0.065 \\ 0.058 \\ 0.056 \\ 0.056 \\ 0.053 \\ 0.047 \\ 0.040 \end{array} \right)$	= $\left(\begin{array}{c} 12.3011 \\ 12.3794 \\ 12.3322 \\ 12.2665 \\ 12.3263 \\ 12.2419 \\ 12.2433 \\ 12.2668 \\ 12.1916 \\ 12.167 \\ 12.2298 \\ 12.1754 \end{array} \right)$

4. Menghitung *eigenvalue* (maks λ)
Hal ini dilakukan dengan membagi *eigenvector* dengan banyaknya elemen perbandingan.

$$\lambda_{maks} = \frac{\text{jumlah eigen vector}}{n} = 12.2601$$

Dimana : n = jumlah dari baris matriks

5. Menghitung indeks konsistensi (CI)
Untuk menghitung indeks konsistensi maka digunakan rumus (7) dari bab 2 yaitu :

$$CI = \frac{\lambda_{maks} - n}{n - 1}$$

$$CI = 0.02365$$

6. Menghitung rasio konsistensi (CR)
Untuk menghitung rasio konsistensi maka digunakan rumus (8) dari bab 2 dan menggunakan tabel 2.5 maka IR untuk $n=12$ adalah 1,54

$$CR = \frac{CI}{IR} = \frac{0.02365}{1.54} = 0.01535 < 0,1 \text{ (maka memenuhi)}$$

Tabel 5.2 Penjumlahan bobot matriks perbandingan berpasangan untuk tanah keras

TUJUAN		KRITERIA											
		Jumlah Kebutuhan	Metode Pelaksanaan	Kondisi Tanah	Biaya Pekerjaan	Lama waktu pek	Ketersediaan	Kebutuhan alat	Kebutuhan SDM	Kebisingan	Kenyamanan	Lokasi Proyek	Jarak lingkungan
K R I T E R I A	Jumlah Kebutuhan	1.00	1.69	1.94	2.17	2.62	2.96	3.19	2.83	3.29	3.00	3.64	3.57
	Metode Pelaksanaan	0.36	1.00	1.43	2.12	2.30	2.60	2.74	2.62	2.99	2.58	3.12	3.61
	Kondisi Tanah	0.52	0.70	1.00	2.14	2.03	2.37	3.19	2.79	2.83	2.50	3.11	3.48
	Biaya Pekerjaan	0.46	0.47	0.47	1.00	1.03	1.45	1.20	1.64	1.35	0.90	1.58	1.19
	Lama waktu pek	0.38	0.43	0.49	0.97	1.00	1.60	1.72	1.62	2.29	1.98	1.18	2.03
	Ketersediaan	0.34	0.38	0.42	0.69	0.63	1.00	1.50	1.43	1.03	1.75	1.13	1.91
	Kebutuhan alat	0.31	0.36	0.31	0.83	0.58	0.67	1.00	1.29	1.41	1.17	1.65	1.44
	Kebutuhan SDM	0.35	0.38	0.36	0.61	0.62	0.70	0.78	1.00	1.83	1.19	1.04	1.59
	Kebisingan	0.30	0.33	0.35	0.74	0.44	0.97	0.71	0.55	1.00	1.49	1.91	1.97
	Kenyamanan	0.33	0.39	0.40	1.11	0.51	0.57	0.85	0.84	0.67	1.00	1.55	1.39
	Lokasi Proyek	0.27	0.32	0.32	0.63	0.85	0.88	0.61	0.96	0.52	0.65	1.00	1.46
	Jarak lingkungan	0.28	0.28	0.29	0.84	0.49	0.52	0.69	0.63	0.51	0.72	0.68	1.00
JUMLAH (Σ)		4.91	6.75	7.79	13.86	13.09	16.30	18.18	18.20	19.72	18.92	21.59	24.64

Tabel 5.4. Pembobotan untuk uji konsistensi matriks perbandingan berpasangan untuk tanah keras

TUJUAN	KRITERIA												JUMLAH	
	Jumlah Kebutuhan	Metode Pelaksanaan	Kondisi Tanah	Biaya Pekerjaan	Lama waktu pek	Ketersediaan	Kebutuhan alat	Kebutuhan SDM	Kebisingan	Kenyamanan	Lokasi Proyek	Jarak lingkungan		
	0.184	0.147	0.140	0.071	0.083	0.065	0.058	0.056	0.056	0.053	0.047	0.040		
K R I T E R I A	Jumlah Kebutuhan	0.184	0.249	0.272	0.155	0.216	0.191	0.185	0.159	0.184	0.160	0.170	0.141	2.267
	Metode Pelaksanaan	0.066	0.147	0.200	0.151	0.190	0.168	0.159	0.147	0.167	0.137	0.146	0.143	1.822
	Kondisi Tanah	0.095	0.103	0.140	0.153	0.168	0.153	0.185	0.157	0.158	0.133	0.146	0.138	1.728
	Biaya Pekerjaan	0.085	0.069	0.065	0.071	0.085	0.094	0.070	0.092	0.075	0.048	0.074	0.047	0.876
	Lama waktu pek	0.070	0.064	0.069	0.069	0.083	0.103	0.100	0.091	0.128	0.105	0.055	0.080	1.018
	Ketersediaan	0.062	0.057	0.059	0.049	0.052	0.065	0.087	0.080	0.058	0.093	0.053	0.075	0.790
	Kebutuhan alat	0.058	0.054	0.044	0.060	0.048	0.043	0.058	0.073	0.079	0.062	0.077	0.057	0.712
	Kebutuhan SDM	0.065	0.056	0.050	0.044	0.051	0.045	0.045	0.056	0.102	0.063	0.049	0.063	0.690
	Kebisingan	0.056	0.049	0.050	0.053	0.036	0.063	0.041	0.031	0.056	0.079	0.089	0.078	0.681
	Kenyamanan	0.061	0.057	0.056	0.079	0.042	0.037	0.050	0.047	0.037	0.053	0.073	0.055	0.648
	Lokasi Proyek	0.051	0.047	0.045	0.045	0.070	0.057	0.035	0.054	0.029	0.034	0.047	0.058	0.573
	Jarak lingkungan	0.052	0.041	0.040	0.060	0.041	0.034	0.040	0.035	0.028	0.038	0.032	0.040	0.481



5.6. Perhitungan Bobot Alternatif Jenis Pondasi dan Uji Konsistensi untuk Setiap Penilaian Pihak Pengambil Keputusan pada tanah keras

Karena banyaknya pembandingan hanya 2 maka tidak perlu dilakukan uji konsistensi karena untuk banyak pembandingan 2 sudah pasti konsisten.

5.6.1. Penilaian untuk kriteria jumlah kebutuhan tiang

Tabel 5.5. Matriks perbandingan berpasangan untuk kriteria jumlah kebutuhan tiang pada tanah keras

Jumlah kebutuhan tiang		Alternatif	
		1	2
Alt	1	1	2.45
	2	0.41	1
Σ		1.408	3.450

Pada tabel 5.5 diatas dapat diketahui bahwa Alternatif 1 memiliki intensitas kepentingan terhadap alternatif 2 yaitu sebesar 2.45, yang berarti alternatif 1 lebih penting daripada alternatif 2.

Tabel 5.6. Normalisasi dari kriteria jumlah kebutuhan tiang pada tanah keras

Jumlah kebutuhan tiang		Alternatif		Σ	Prioritas
		1	2		
Alt	1	0.710	0.710	1.420	0.710
	2	0.290	0.290	0.580	0.290
Σ		2.000	1.000		

Dari tabel 5.6 diatas, prioritas masing-masing alternatif pada kriteria jumlah kebutuhan tiang adalah alternatif 1 sebesar 0,71 dan alternatif 2 adalah 0.29

5.6.2. Penilaian untuk kriteria metode pelaksanaan

Tabel 5.7. Matriks perbandingan berpasangan untuk kriteria metode pelaksanaan pada tanah keras

Metode pelaksanaan		Alternatif	
		1	2
Alt	1	1	2.38
	2	0.42	1
Σ		1.420	3.380

Pada tabel 5.7 diatas dapat diketahui bahwa Alternatif 1 memiliki intensitas kepentingan terhadap alternatif 2 yaitu sebesar 2.38, yang berarti alternatif 1 lebih penting daripada alternatif 2.

Tabel 5.8. Normalisasi dari kriteria metode pelaksanaan pada tanah keras

Metode pelaksanaan		Alternatif		Σ	Prioritas
		1	2		
Alt	1	0.704	0.704	1.408	0.704
	2	0.296	0.296	0.592	0.296
Σ				2.000	1.000

Dari tabel 5.8. diatas, prioritas masing-masing alternatif pada kriteria metode pelaksanaan adalah alternatif 1 sebesar 0,704 dan alternatif 2 adalah 0.296.

5.6.3. Penilaian untuk kriteria kondisi tanah

Tabel 5.9. Matriks perbandingan berpasangan untuk kriteria kondisi tanah pada tanah keras

Kondisi tanah		Alternatif	
		1	2
Alt	1	1	1.85
	2	0.54	1
Σ		1.541	2.850

Pada tabel 5.9. diatas dapat diketahui bahwa Alternatif 1 memiliki intensitas kepentingan terhadap alternatif 2 yaitu sebesar 1.85, yang berarti alternatif 1 lebih penting daripada alternatif 2.

Tabel 5.10. Normalisasi dari kriteria kondisi tanah pada tanah keras

Kondisi tanah		Alternatif		Σ	Prioritas
		1	2		
Alt	1	0.649	0.649	1.298	0.649
	2	0.351	0.351	0.702	0.351
Σ				2.000	1.000

Dari tabel 5.10. diatas, prioritas masing-masing alternatif pada kriteria kondisi tanah adalah alternatif 1 sebesar 0,649 dan alternatif 2 adalah 0.351.

5.6.4. Penilaian untuk kriteria biaya pekerjaan
Tabel 5.11. Matriks perbandingan berpasangan untuk kriteria biaya pekerjaan pada tanah keras

Biaya pekerjaan		Alternatif	
		1	2
Alt	1	1	1.69
	2	0.59	1
Σ		1.592	2.690

Pada tabel 5.11. diatas dapat diketahui bahwa Alternatif 1 memiliki intensitas kepentingan terhadap alternatif 2 yaitu sebesar 1.69, yang berarti alternatif 1 lebih penting daripada alternatif 2.

Tabel 5.12. Normalisasi dari kriteria biaya pekerjaan pada tanah keras

Biaya pekerjaan		Alternatif		Σ	Prioritas
		1	2		
Alt	1	0.628	0.628	1.257	0.628
	2	0.372	0.372	0.743	0.372
Σ				2.000	1.000

Dari tabel 5.12. diatas, prioritas masing-masing alternatif pada kriteria biaya pekerjaan adalah alternatif 1 sebesar 0,628 dan alternatif 2 adalah 0.372.

- 5.6.5. Penilaian untuk kriteria lama waktu pekerjaan
 Tabel 5.13. Matriks perbandingan berpasangan untuk kriteria lama waktu pekerjaan pada tanah keras

Lama waktu pekerjaan		Alternatif	
		1	2
Alt	1	1	1.22
	2	0.82	1
Σ		1.820	2.220

Pada tabel 5.13. diatas dapat diketahui bahwa Alternatif 1 memiliki intensitas kepentingan terhadap alternatif 2 yaitu sebesar 1.22 ,yang berarti alternatif 1 lebih penting daripada alternatif 2.

Tabel 5.14. Normalisasi dari kriteria lama waktu pekerjaan pada tanah keras

Lama waktu pekerjaan		Alternatif		Σ	Prioritas
		1	2		
Alt	1	0.550	0.550	1.099	0.550
	2	0.450	0.450	0.901	0.450
Σ				2.000	1.000

Dari tabel 5.14. diatas, prioritas masing-masing alternatif pada kriteria waktu pekerjaan adalah alternatif 1 sebesar 0,55 dan alternatif 2 adalah 0.45.

5.6.6. Penilaian untuk kriteria ketersediaan

Tabel 5.15. Matriks perbandingan berpasangan untuk kriteria ketersediaan pada tanah keras

Ketersediaan		Alternatif	
		1	2
Alt	1	1	1.33
	2	0.75	1
Σ		1.752	2.330

Pada tabel 5.15. diatas dapat diketahui bahwa Alternatif 1 memiliki intensitas kepentingan terhadap alternatif 2 yaitu sebesar 1.33, yang berarti alternatif 1 lebih penting daripada alternatif 2.

Tabel 5.16. Normalisasi dari kriteria ketersediaan pada tanah keras

Ketersediaan		Alternatif		Σ	Prioritas
		1	2		
Alt	1	0.571	0.571	1.142	0.571
	2	0.429	0.429	0.858	0.429
Σ		2.000	2.000	2.000	1.000

Dari tabel 5.16. diatas, prioritas masing-masing alternatif pada kriteria ketersediaan adalah alternatif 1 sebesar 0,571 dan alternatif 2 adalah 0.429.

5.6.7. Penilaian untuk kriteria kebutuhan alat

Tabel 5.17. Matriks perbandingan berpasangan untuk kriteria kebutuhan alat pada tanah keras

Kebutuhan alat		Alternatif	
		1	2
Alt	1	1	0.85
	2	1.18	1
Σ		2.176	1.850

Pada tabel 5.17. diatas dapat diketahui bahwa Alternatif 1 memiliki intensitas kepentingan terhadap alternatif 2 yaitu sebesar 0,85, yang berarti alternatif 2 lebih penting daripada alternatif 1.

Tabel 5.18. Normalisasi dari kriteria kebutuhan alat pada tanah keras

Kebutuhan alat		Alternatif		Σ	Prioritas
		1	2		
Alt	1	0.459	0.459	0.919	0.459
	2	0.541	0.541	1.081	0.541
Σ		2.000	2.000	2.000	1.000

Dari tabel 5.18. diatas, prioritas masing-masing alternatif pada kriteria kebutuhan alat adalah alternatif 1 sebesar 0,459 dan alternatif 2 adalah 0.541.

5.6.8. Penilaian untuk kriteria kebutuhan SDM

Tabel 5.19. Matriks perbandingan berpasangan untuk kriteria kebutuhan SDM pada tanah keras

Kebutuhan SDM		Alternatif	
		1	2
Alt	1	1	0.69
	2	1.45	1
Σ		2.449	1.690

Pada tabel 5.19. diatas dapat diketahui bahwa Alternatif 1 memiliki intensitas kepentingan terhadap alternatif 2 yaitu sebesar 0.69, yang berarti alternatif 2 lebih penting daripada alternatif 1.

Tabel 5.20. Normalisasi dari kriteria kebutuhan SDM pada tanah keras

Kebutuhan SDM		Alternatif		Σ	Prioritas
		1	2		
Alt	1	0.408	0.408	0.817	0.408
	2	0.592	0.592	1.183	0.592
				2.000	1.000

Dari tabel 5.20. diatas, prioritas masing-masing alternatif pada kriteria kebutuhan SDM adalah alternatif 1 sebesar 0,408 dan alternatif 2 adalah 0.592.

5.6.9. Penilaian untuk kriteria kebisingan

Tabel 5.21. Matriks perbandingan berpasangan untuk kriteria kebisingan pada tanah keras

Kebisingan		Alternatif	
		1	2
Alt	1	1	0.18
	2	5.56	1
Σ		6.556	1.180

Pada tabel 5.21. diatas dapat diketahui bahwa Alternatif 1 memiliki intensitas kepentingan terhadap alternatif 2 yaitu sebesar 0.18, yang berarti alternatif 2 jauh lebih penting daripada alternatif 1.

Tabel 5.22. Normalisasi dari kriteria kebisingan pada tanah keras

Kebisingan		Alternatif		Σ	Prioritas
		1	2		
Alt	1	0.153	0.153	0.305	0.153
	2	0.847	0.847	1.695	0.847
				2.000	1.000

Dari tabel 5.20. diatas, prioritas masing-masing alternatif pada kriteria kebisingan adalah alternatif 1 sebesar 0,153 dan alternatif 2 adalah 0.847.

5.6.10. Penilaian untuk kriteria kenyamanan

Tabel 5.23. Matriks perbandingan berpasangan untuk kriteria kenyamanan pada tanah keras

Kenyamanan		Alternatif	
		1	2
Alt	1	1	0.26
	2	3.85	1
Σ		4.846	1.260

Pada tabel 5.23. diatas dapat diketahui bahwa Alternatif 1 memiliki intensitas kepentingan terhadap alternatif 2 yaitu sebesar 0.26, yang berarti alternatif 2 jauh lebih penting daripada alternatif 1.

Tabel 5.24. Normalisasi dari kriteria kenyamanan pada tanah keras

Kenyamanan		Alternatif		Σ	Prioritas
		1	2		
Alt	1	0.206	0.206	0.413	0.206
	2	0.794	0.794	1.587	0.794
				2.000	1.000

Dari tabel 5.24. diatas, prioritas masing-masing alternatif pada kriteria kenyamanan adalah alternatif 1 sebesar 0,206 dan alternatif 2 adalah 0.794.

5.6.11. Penilaian untuk kriteria lokasi proyek

Tabel 5.25. Matriks perbandingan berpasangan untuk kriteria lokasi proyek pada tanah keras

Lokasi proyek		Alternatif	
		1	2
Alt	1	1	0.26
	2	3.85	1
Σ		4.846	1.260

Pada tabel 5.25. diatas dapat diketahui bahwa Alternatif 1 memiliki intensitas kepentingan terhadap alternatif 2 yaitu sebesar 0.26, yang berarti alternatif 2 jauh lebih penting daripada alternatif 1.

Tabel 5.26. Normalisasi dari kriteria lokasi proyek pada tanah keras

Lokasi proyek		Alternatif		Σ	Prioritas
		1	2		
Alt	1	0.206	0.206	0.413	0.206
	2	0.794	0.794	1.587	0.794
Σ				2.000	1.000

Dari tabel 5.26. diatas, prioritas masing-masing alternatif pada kriteria lokasi proyek adalah alternatif 1 sebesar 0,206 dan alternatif 2 adalah 0.794.

5.6.12. Penilaian untuk kriteria jarak dengan lingkungan sekitar
Tabel 5.27. Matriks perbandingan berpasangan untuk kriteria jarak dengan lingkungan sekitar pada tanah keras

Jarak dengan lingkungan sekitar		Alternatif	
		1	2
Alt	1	1	0.24
	2	4.17	1
Σ		5.167	1.240

Pada tabel 5.27. diatas dapat diketahui bahwa Alternatif 1 memiliki intensitas kepentingan terhadap alternatif 2 yaitu sebesar 0.24, yang berarti alternatif 2 jauh lebih penting daripada alternatif 1.

Tabel 5.28. Normalisasi dari kriteria jarak dengan lingkungan sekitar pada tanah keras

Jarak dengan lingkungan sekitar		Alternatif		Σ	Prioritas
		1	2		
Alt	1	0.194	0.194	0.387	0.194
	2	0.806	0.806	1.613	0.806
Σ				2.000	1.000

Dari tabel 5.28. diatas, prioritas masing-masing alternatif pada kriteria jarak dengan lingkungan sekitar adalah alternatif 1 sebesar 0,194 dan alternatif 2 adalah 0.806.

5.7. Sintesis alternatif pada tanah keras

Untuk memperoleh perangkat prioritas menyeluruh, maka harus dilakukan sintesis atau menyatukan pertimbangan yang dibuat dalam melakukan perbandingan berpasangan yaitu dilakukan pembobotan dan penjumlahan untuk menghasilkan suatu persentase prioritas menyeluruh atau preferensi untuk masing-masing alternatif. Sintesis adalah pembobotan terakhir untuk pemilihan alternatif pada AHP, hasil dari sintesis dapat dilihat pada tabel 5.29.

Tabel 5.29. Hasil Sintesis dan pemilihan alternatif pondasi untuk tanah keras

TUJUAN		BOBOT (W)	Hasil Perhitungan Alternatif		Alternatif		
			1	2	1	2	
KRITERIA	Jumlah Kebutuhan	0.184	0.710	0.290	0.131	0.053	
	Metode Pelaksanaan	0.147	0.704	0.296	0.104	0.044	
	Kondisi Tanah	0.140	0.649	0.351	0.091	0.049	
	Biaya Pekerjaan	0.071	0.628	0.372	0.045	0.027	
	Lama waktu pek	0.083	0.550	0.450	0.045	0.037	
	Ketersediaan	0.065	0.571	0.429	0.037	0.028	
	Kebutuhan alat	0.058	0.459	0.541	0.027	0.031	
	Kebutuhan SDM	0.056	0.408	0.592	0.023	0.033	
	Kebisingan	0.056	0.153	0.847	0.009	0.047	
	Kenyamanan	0.053	0.206	0.794	0.011	0.042	
	Lokasi Proyek	0.047	0.206	0.794	0.010	0.037	
	Jarak lingkungan	0.040	0.194	0.806	0.008	0.032	
JUMLAH (Σ)					0.539	0.461	1.000

Dari tabel 5.29 dapat disimpulkan bahwa untuk tanah keras prioritas pemilihan pondasi tiang yang sesuai masing-masing adalah alternatif 1 atau tiang pancang *prestress* memiliki prioritas 0.539 sedangkan alternatif 2 atau tiang bor memiliki prioritas 0,461.

5.8. Matriks perbandingan berpasangan untuk setiap kriteria pada tanah lunak

Dari semua kuisioner yang telah masuk maka setiap bobot kriteria dirata-rata terhadap seluruh responden sehingga didapatkan matriks berpasangan untuk satu kelompok. Matrik perbandingan dari hasil kuisioner tersebut dapat dilihat pada tabel 5.30. Matrik perbandingan berpasangan merupakan langkah pertama dalam perhitungan analisa pengambilan keputusan AHP ini. Dari tabel tersebut dapat diketahui bahwa arti dari angka-angka tersebut adalah menunjukkan bobot kepentingan antar kriteria. Sebagai contoh antara kriteria jumlah kebutuhan yang terdapat pada kolom sebelah kiri dengan kriteria metode pelaksanaan yang terdapat pada baris atas terdapat angka 2.02 berarti bobot kriteria jumlah kebutuhan tiang jauh lebih penting daripada metode pelaksanaan, sesuai dengan skala perbandingan yang telah terdapat pada skala perbandingan pada tabel 2.2.

Tabel 5.30. Matrik perbandingan berpasangan untuk tanah lunak

TUJUAN		KRITERIA											
		Jumlah Kebutuhan	Metode Pelaksanaan	Kondisi Tanah	Biaya Pekerjaan	Lama waktu pek.	Ketersediaan	Kebutuhan alat	Kebutuhan SDM	Kebisingan	Kenyamanan	Lokasi Proyek	Jarak lingkungan
K R I T E R I A	Jumlah Kebutuhan	1	2.02	2.29	2.48	2.92	3.05	3.31	3.37	3.48	3.32	3.83	3.77
	Metode Pelaksanaan	0.36	1	1.46	2.50	2.61	2.96	2.92	3.13	3.57	3.14	3.32	3.64
	Kondisi Tanah	0.44	0.68	1	2.23	2.16	2.79	3.54	3.13	3.19	2.88	3.78	3.98
	Biaya Pekerjaan	0.40	0.40	0.45	1	1.14	1.47	1.13	1.46	1.50	1.11	1.76	1.56
	Lama waktu pek.	0.34	0.38	0.46	0.88	1	1.60	1.68	1.52	2.33	1.98	1.13	2.06
	Ketersediaan	0.33	0.34	0.36	0.68	0.63	1	1.51	1.36	0.98	1.79	1.04	1.98
	Kebutuhan alat	0.30	0.34	0.28	0.88	0.60	0.66	1	1.32	1.47	1.29	1.69	1.57
	Kebutuhan SDM	0.30	0.32	0.32	0.68	0.66	0.74	0.76	1	2.22	1.45	1.13	1.62
	Kebisingan	0.29	0.28	0.31	0.67	0.43	1.02	0.68	0.45	1	1.47	1.51	1.56
	Kenyamanan	0.30	0.32	0.35	0.90	0.51	0.56	0.78	0.69	0.68	1	1.73	1.64
	Lokasi Proyek	0.26	0.30	0.26	0.57	0.88	0.96	0.59	0.88	0.66	0.58	1	1.36
	Jarak lingkungan	0.27	0.27	0.25	0.64	0.49	0.51	0.64	0.62	0.64	0.61	0.74	1

5.9. Normalisasi bobot kriteria

Hal ini dilakukan dengan membagi setiap nilai perbandingan berpasangan dengan total nilai perbandingan berpasangan untuk setiap pihak pengambil keputusan yang dilakukan pada langkah ke-1. Sehingga nantinya akan didapatkan pembobotan dari setiap kriteria. Untuk penjumlahan bobot dapat dilihat pada tabel 5.31 sedangkan untuk normalisasi ini dapat dilihat pada tabel 5.32 berikut

Sebagai kontrol maka jumlah dari bobot (W) harus mendekati satu, jadi

$$\sum W \approx 1$$

5.10. Uji Konsistensi bobot kriteria

Perhitungan uji konsistensi matriks nilai perbandingan berpasangan faktor pihak pengambil keputusan. Perhitungan ini dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut ini :

1. Mengalikan bobot yang diperoleh dengan nilai nilai perbandingan berpasangan yang diperoleh, untuk itu dapat dilihat pada tabel 5.33.
2. Menjumlahkan hasil kali dari langkah ke-1 tersebut pada setiap elemen perbandingan
3. Membagi jumlah bobot dengan bobot (W) sehingga diperoleh *eigenvector*

$$\begin{array}{ccc}
 & \text{BOBOT} & \text{EIGENVECTOR} \\
 \left(\begin{array}{c} 2.450 \\ 1.947 \\ 1.818 \\ 0.863 \\ 0.948 \\ 0.743 \\ 0.701 \\ 0.686 \\ 0.597 \\ 0.598 \\ 0.541 \\ 0.446 \end{array} \right) & : & \left(\begin{array}{c} 0.197 \\ 0.156 \\ 0.147 \\ 0.070 \\ 0.077 \\ 0.061 \\ 0.057 \\ 0.056 \\ 0.049 \\ 0.049 \\ 0.044 \\ 0.036 \end{array} \right) = \left(\begin{array}{c} 12.4128 \\ 12.4437 \\ 12.3697 \\ 12.3063 \\ 12.3421 \\ 12.2626 \\ 12.2465 \\ 12.283 \\ 12.2028 \\ 12.1863 \\ 12.2757 \\ 12.2269 \end{array} \right)
 \end{array}$$

4. Menghitung *eigenvalue* (maks λ)
Hal ini dilakukan dengan membagi *eigenvector* dengan banyaknya elemen perbandingan.

$$\lambda_{\text{maks}} = \frac{\text{jumlah eigen vector}}{n} = 12.2965$$

Dimana : n = jumlah dari baris matriks

5. Menghitung indeks konsistensi (CI)
Untuk menghitung indeks konsistensi maka digunakan rumus (7) dari bab 2 yaitu :

$$CI = \frac{\lambda_{\text{maks}} - n}{n - 1}$$

$$CI = 0.02696$$

6. Menghitung rasio konsistensi (CR)
Untuk menghitung rasio konsistensi maka digunakan rumus (8) dari bab 2 dan menggunakan tabel 2.5 maka IR untuk $n = 12$ adalah 1,54

$$CR = \frac{CI}{IR} = \frac{0.02696}{1.54} = 0.0175 < 0,1 \text{ (maka memenuhi)}$$

Tabel 5.31 Penjumlahan bobot matriks perbandingan berpasangan untuk tanah lunak

TUJUAN	KRITERIA											
	Jumlah Kebutuhan	Metode Pelaksanaan	Kondisi Tanah	Biaya Pekerjaan	Lama waktu pek	Ketersediaan	Kebutuhan alat	Kebutuhan SDM	Kebangan	Kenyamanan	Lokasi Proyek	Jarak lingkungan
Jumlah Kebutuhan	1.00	2.02	2.29	2.48	2.92	3.05	3.31	3.37	3.48	3.32	3.83	3.77
Metode Pelaksanaan	0.36	1.00	1.46	2.50	2.61	2.96	2.92	3.13	3.57	3.14	3.32	3.64
Kondisi Tanah	0.44	0.68	1.00	2.23	2.16	2.79	3.54	3.13	3.19	2.88	3.78	3.98
Biaya Pekerjaan	0.40	0.40	0.45	1.00	1.14	1.47	1.13	1.46	1.50	1.11	1.76	1.56
Lama waktu pek	0.34	0.38	0.46	0.88	1.00	1.60	1.68	1.52	2.33	1.98	1.13	2.06
Ketersediaan	0.33	0.34	0.36	0.68	0.63	1.00	1.51	1.36	0.98	1.79	1.04	1.98
Kebutuhan alat	0.30	0.34	0.28	0.88	0.60	0.66	1.00	1.32	1.47	1.29	1.69	1.57
Kebutuhan SDM	0.30	0.32	0.32	0.68	0.66	0.74	0.76	1.00	2.22	1.45	1.13	1.62
Kebangan	0.29	0.28	0.31	0.67	0.43	1.02	0.68	0.45	1.00	1.47	1.51	1.56
Kenyamanan	0.30	0.32	0.35	0.90	0.51	0.56	0.78	0.69	0.68	1.00	1.73	1.64
Lokasi Proyek	0.26	0.30	0.26	0.57	0.88	0.96	0.59	0.88	0.66	0.58	1.00	1.36
Jarak lingkungan	0.27	0.27	0.25	0.64	0.49	0.51	0.64	0.62	0.64	0.61	0.74	1.00
JUMLAH (Σ)	4.58	6.66	7.80	14.11	14.01	17.31	18.53	18.93	21.72	20.62	22.66	25.74

Tabel 5.32 Normalisasi matriks perbandingan berpasangan untuk tanah lunak

TUJUAN	KRITERIA												JUMLAH (Σ)	BOBOT (W)	
	Jumlah Kebutuhan	Metode Pelaksanaan	Kondisi Tanah	Biaya Pekerjaan	Lama waktu pek	Ketersediaan	Kebutuhan alat	Kebutuhan SDM	Kebisingan	Kenyamanan	Lokasi Proyek	Jarak lingkungan			
K R I T E R I A	Jumlah Kebutuhan	0.218	0.303	0.294	0.176	0.208	0.176	0.179	0.178	0.160	0.161	0.169	0.146	2.369	0.197
	Metode Pelaksanaan	0.078	0.150	0.187	0.177	0.186	0.171	0.158	0.165	0.164	0.152	0.147	0.141	1.877	0.156
	Kondisi Tanah	0.095	0.103	0.128	0.158	0.154	0.161	0.191	0.165	0.147	0.140	0.167	0.155	1.764	0.147
	Biaya Pekerjaan	0.088	0.060	0.058	0.071	0.081	0.085	0.061	0.077	0.069	0.054	0.078	0.061	0.842	0.070
	Lama waktu pek	0.075	0.058	0.059	0.062	0.071	0.092	0.091	0.080	0.107	0.096	0.090	0.080	0.922	0.077
	Ketersediaan	0.072	0.051	0.046	0.048	0.045	0.058	0.081	0.072	0.045	0.087	0.046	0.077	0.727	0.061
	Kebutuhan alat	0.066	0.051	0.036	0.053	0.042	0.038	0.054	0.070	0.068	0.063	0.075	0.061	0.687	0.057
	Kebutuhan SDM	0.065	0.048	0.041	0.049	0.047	0.042	0.041	0.053	0.102	0.070	0.050	0.063	0.671	0.056
	Kebisingan	0.063	0.042	0.040	0.047	0.031	0.059	0.037	0.024	0.046	0.071	0.067	0.061	0.587	0.049
	Kenyamanan	0.066	0.048	0.045	0.064	0.036	0.032	0.042	0.036	0.031	0.049	0.076	0.064	0.588	0.049
	Lokasi Proyek	0.057	0.045	0.034	0.040	0.063	0.056	0.032	0.047	0.030	0.028	0.044	0.053	0.529	0.044
	Jarak lingkungan	0.058	0.041	0.032	0.045	0.035	0.029	0.034	0.033	0.030	0.030	0.032	0.039	0.438	0.036
														1	

Tabel 5.33. Pembobotan untuk uji konsistensi untuk tanah lunak

TUJUAN	KRITERIA												JUMLAH
	Jumlah Kebutuhan	Metode Pelaksanaan	Kondisi Tanah	Biaya Pekerjaan	Lama waktu pek	Ketersediaan	Kebutuhan alat	Kebutuhan SDM	Kebisingan	Kenyamanan	Lokasi Proyek	Jarak lingkungan	
	0.197	0.156	0.147	0.070	0.077	0.061	0.057	0.056	0.049	0.049	0.044	0.036	
Jumlah Kebutuhan	0.197	0.316	0.337	0.174	0.224	0.185	0.189	0.188	0.170	0.163	0.169	0.138	2.450
Metode Pelaksanaan	0.070	0.156	0.215	0.175	0.200	0.179	0.167	0.175	0.175	0.154	0.146	0.133	1.947
Kondisi Tanah	0.086	0.107	0.147	0.156	0.166	0.169	0.203	0.175	0.156	0.141	0.167	0.145	1.818
Biaya Pekerjaan	0.080	0.063	0.066	0.070	0.088	0.089	0.065	0.082	0.073	0.054	0.078	0.057	0.863
Lama waktu pek	0.068	0.060	0.068	0.062	0.077	0.097	0.096	0.085	0.114	0.097	0.050	0.075	0.948
Ketersediaan	0.065	0.053	0.053	0.048	0.048	0.061	0.086	0.076	0.048	0.088	0.046	0.072	0.743
Kebutuhan alat	0.060	0.054	0.042	0.062	0.046	0.040	0.057	0.074	0.072	0.063	0.075	0.057	0.701
Kebutuhan SDM	0.059	0.050	0.047	0.048	0.051	0.045	0.043	0.056	0.109	0.071	0.050	0.059	0.686
Kebisingan	0.057	0.044	0.046	0.047	0.033	0.062	0.039	0.025	0.049	0.072	0.067	0.057	0.597
Kenyamanan	0.059	0.050	0.051	0.063	0.039	0.034	0.044	0.039	0.033	0.049	0.076	0.060	0.598
Lokasi Proyek	0.052	0.047	0.039	0.040	0.068	0.038	0.034	0.049	0.032	0.028	0.044	0.050	0.541
Jarak lingkungan	0.052	0.043	0.037	0.045	0.037	0.031	0.036	0.034	0.031	0.030	0.032	0.036	0.446

K R I T E R I A

5.11. Perhitungan Bobot Alternatif Jenis Pondasi dan Uji Konsistensi untuk Setiap Penilaian Pihak Pengambil Keputusan

Karena banyaknya pembandingan hanya 2 maka tidak perlu dilakukan uji konsistensi karena untuk banyak pembandingan 2 sudah pasti konsisten.

5.11.1. Penilaian untuk kriteria jumlah kebutuhan tiang

Tabel 5.34. Matriks perbandingan berpasangan untuk kriteria jumlah kebutuhan tiang pada tanah lunak

Jumlah kebutuhan tiang		Alternatif	
		1	2
Alt	1	1	3.89
	2	0.26	1
Σ		1.257	4.890

Pada tabel 5.34. diatas dapat diketahui bahwa Alternatif 1 memiliki intensitas kepentingan terhadap alternatif 2 yaitu sebesar 3.89, yang berarti alternatif 1 lebih penting daripada alternatif 2.

Tabel 5.35. Normalisasi dari kriteria jumlah kebutuhan tiang pada tanah lunak

Jumlah kebutuhan tiang		Alternatif		Σ	Rating
		1	2		
Alt	1	0.796	0.796	1.591	0.796
	2	0.204	0.204	0.409	0.204
Σ		2.000	2.000	2.000	1.000

Dari tabel 5.35. diatas, prioritas masing-masing alternatif pada kriteria jumlah kebutuhan tiang adalah alternatif 1 sebesar 0,796 dan alternatif 2 adalah 0.204.

5.11.2. Penilaian untuk kriteria metode pelaksanaan

Tabel 5.36. Matriks perbandingan berpasangan untuk kriteria metode pelaksanaan pada tanah lunak

Metode pelaksanaan		Alternatif	
		1	2
Alt	1	1	3.29
	2	0.30	1
Σ		1.304	4.290

Pada tabel 5.36. diatas dapat diketahui bahwa Alternatif 1 memiliki intensitas kepentingan terhadap alternatif 2 yaitu sebesar 3.29, yang berarti alternatif 1 lebih penting daripada alternatif 2.

Tabel 5.37. Normalisasi dari kriteria metode pelaksanaan pada tanah lunak

Metode pelaksanaan		Alternatif		Σ	Rating
		1	2		
Alt	1	0.767	0.767	1.534	0.767
	2	0.233	0.233	0.466	0.233
Σ		2.000	2.000	2.000	1.000

Dari tabel 5.37. diatas, prioritas masing-masing alternatif pada kriteria jumlah kebutuhan tiang adalah alternatif 1 sebesar 0,767 dan alternatif 2 adalah 0.233.

5.11.3. Penilaian untuk kriteria kondisi tanah

Tabel 5.38. Matriks perbandingan berpasangan untuk kriteria kondisi tanah pada tanah lunak

Kondisi tanah		Alternatif	
		1	2
Alt	1	1	3.61
	2	0.28	1
Σ		1.277	4.610

Pada tabel 5.38. diatas dapat diketahui bahwa Alternatif 1 memiliki intensitas kepentingan terhadap alternatif 2 yaitu sebesar 3.61, yang berarti alternatif 1 lebih penting daripada alternatif 2.

Tabel 5.39. Normalisasi dari kriteria kondisi tanah pada tanah lunak

Kondisi tanah		Alternatif		Σ	Rating
		1	2		
Alt	1	0.783	0.783	1.566	0.783
	2	0.217	0.217	0.434	0.217
				2.000	1.000

Dari tabel 5.39. diatas, prioritas masing-masing alternatif pada kriteria metode pelaksanaan adalah alternatif 1 sebesar 0,783 dan alternatif 2 adalah 0.217.

5.11.4. Penilaian untuk kriteria biaya pekerjaan

Tabel 5.40. Matriks perbandingan berpasangan untuk kriteria biaya pekerjaan pada tanah lunak

Biaya pekerjaan		Alternatif	
		1	2
Alt	1	1	1.65
	2	0.61	1
Σ		1.606	2.650

Pada tabel 5.40. diatas dapat diketahui bahwa Alternatif 1 memiliki intensitas kepentingan terhadap alternatif 2 yaitu sebesar 1.65, yang berarti alternatif 1 lebih penting daripada alternatif 2.

Tabel 5.41. Normalisasi dari kriteria biaya pekerjaan pada tanah lunak

Biaya pekerjaan		Alternatif		Σ	Rating
		1	2		
Alt	1	0.623	0.623	1.245	0.623
	2	0.377	0.377	0.755	0.377
Σ		2.000	2.000	2.000	1.000

Dari tabel 5.41. diatas, prioritas masing-masing alternatif pada kriteria biaya pekerjaan adalah alternatif 1 sebesar 0,623 dan alternatif 2 adalah 0.377.

5.11.5. Penilaian untuk kriteria lama waktu pekerjaan

Tabel 5.42. Matriks perbandingan berpasangan untuk kriteria lama waktu pekerjaan pada tanah lunak

Lama waktu pekerjaan		Alternatif	
		1	2
Alt	1	1	1.55
	2	0.65	1
Σ		1.645	2.550

Pada tabel 5.42. diatas dapat diketahui bahwa Alternatif 1 memiliki intensitas kepentingan terhadap alternatif 2 yaitu sebesar 1.55, yang berarti alternatif 1 lebih penting daripada alternatif 2.

Tabel 5.43. Normalisasi dari kriteria lama waktu pekerjaan pada tanah lunak

Lama waktu pekerjaan		Alternatif		Σ	Rating
		1	2		
Alt	1	0.608	0.608	1.216	0.608
	2	0.392	0.392	0.784	0.392
Σ		2.000	2.000	2.000	1.000

Dari tabel 5.43. diatas, prioritas masing-masing alternatif pada kriteria waktu pekerjaan adalah alternatif 1 sebesar 0,608 dan alternatif 2 adalah 0.392.

5.11.6. Penilaian untuk kriteria ketersediaan

Tabel 5.44. Matriks perbandingan berpasangan untuk kriteria ketersediaan pada tanah lunak

Ketersediaan		Alternatif	
		1	2
Alt	1	1	1.17
	2	0.85	1
Σ		1.855	2.170

Pada tabel 5.44. diatas dapat diketahui bahwa Alternatif 1 memiliki intensitas kepentingan terhadap alternatif 2 yaitu sebesar 1.17, yang berarti alternatif 1 lebih penting daripada alternatif 2.

Tabel 5.45. Normalisasi dari kriteria ketersediaan pada tanah lunak

Ketersediaan		Alternatif		Σ	Rating
		1	2		
Alt	1	0.539	0.539	1.078	0.539
	2	0.461	0.461	0.922	0.461
Σ		2.000	2.000	2.000	1.000

Dari tabel 5.45. diatas, prioritas masing-masing alternatif pada kriteria ketersediaan adalah alternatif 1 sebesar 0,539 dan alternatif 2 adalah 0.461

5.11.7. Penilaian untuk kriteria kebutuhan alat

Tabel 5.46. Matriks perbandingan berpasangan untuk kriteria kebutuhan alat pada tanah lunak

Kebutuhan alat		Alternatif	
		1	2
Alt	1	1	0.8
	2	1.25	1
Σ		2.250	1.800

Pada tabel 5.46. diatas dapat diketahui bahwa Alternatif 1 memiliki intensitas kepentingan terhadap alternatif 2 yaitu sebesar 0.8, yang berarti alternatif 2 lebih penting daripada alternatif 1.

Tabel 5.47. Normalisasi dari kriteria ketersediaan pada tanah lunak

Kebutuhan alat		Alternatif		Σ	Rating
		1	2		
Alt	1	0.444	0.444	0.889	0.444
	2	0.556	0.556	1.111	0.556
Σ		2.000	2.000	2.000	1.000

Dari tabel 5.47. diatas, prioritas masing-masing alternatif pada kriteria kebutuhan alat adalah alternatif 1 sebesar 0,444 dan alternatif 2 adalah 0.556.

5.11.8. Penilaian untuk kriteria kebutuhan SDM

Tabel 5.48. Matriks perbandingan berpasangan untuk kriteria kebutuhan SDM pada tanah lunak

Kebutuhan SDM		Alternatif	
		1	2
Alt	1	1	0.63
	2	1.59	1
Σ		2.587	1.630

Pada tabel 5.48. diatas dapat diketahui bahwa Alternatif 1 memiliki intensitas kepentingan terhadap alternatif 2 yaitu sebesar 0.63, yang berarti alternatif 2 lebih penting daripada alternatif 1.

Tabel 5.49. Normalisasi dari kriteria kebutuhan SDM tanah lunak

Kebutuhan SDM		Alternatif		Σ	Rating
		1	2		
Alt	1	0.387	0.387	0.773	0.387
	2	0.613	0.613	1.227	0.613
				2.000	1.000

Dari tabel 5.49. diatas, prioritas masing-masing alternatif pada kriteria kebutuhan SDM adalah alternatif 1 sebesar 0,387 dan alternatif 2 adalah 0.613.

5.11.9. Penilaian untuk kriteria kebisingan

Tabel 5.50. Matriks perbandingan berpasangan untuk kriteria kebisingan pada tanah lunak

Kebisingan		Alternatif	
		1	2
Alt	1	1	0.18
	2	5.56	1
Σ		6.556	1.180

Pada tabel 5.50. diatas dapat diketahui bahwa Alternatif 1 memiliki intensitas kepentingan terhadap alternatif 2 yaitu sebesar 0.18, yang berarti alternatif 2 lebih penting daripada alternatif 1.

Tabel 5.51. Normalisasi dari kriteria kebisingan pada tanah lunak

Kebisingan		Alternatif		Σ	Rating
		1	2		
Alt	1	0.153	0.153	0.305	0.153
	2	0.847	0.847	1.695	0.847
				2.000	1.000

Dari tabel 5.51. diatas, prioritas masing-masing alternatif pada kriteria kebisingan adalah alternatif 1 sebesar 0,153 dan alternatif 2 adalah 0.847.



5.11.10. Penilaian untuk kriteria kenyamanan

Tabel 5.52. Matriks perbandingan berpasangan untuk kriteria kenyamanan pada tanah lunak

Kenyamanan		Alternatif	
		1	2
Alt	1	1	0.27
	2	3.70	1
Σ		4.704	1.270

Pada tabel 5.52. diatas dapat diketahui bahwa Alternatif 1 memiliki intensitas kepentingan terhadap alternatif 2 yaitu sebesar 0.27, yang berarti alternatif 2 lebih penting daripada alternatif 1.

Tabel 5.53. Normalisasi dari kriteria kenyamanan pada tanah lunak

Kenyamanan		Alternatif		Σ	Rating
		1	2		
Alt	1	0.213	0.213	0.425	0.213
	2	0.787	0.787	1.575	0.787
Σ				2.000	1.000

Dari tabel 5.53. diatas, prioritas masing-masing alternatif pada kriteria kenyamanan adalah alternatif 1 sebesar 0,213 dan alternatif 2 adalah 0.787.

5.11.11. Penilaian untuk kriteria lokasi proyek

Tabel 5.54. Matriks perbandingan berpasangan untuk kriteria lokasi proyek pada tanah lunak

Lokasi proyek		Alternatif	
		1	2
Alt	1	1	0.24
	2	4.17	1
Σ		5.167	1.240

Pada tabel 5.54. diatas dapat diketahui bahwa Alternatif 1 memiliki intensitas kepentingan terhadap alternatif 2 yaitu sebesar 0.24, yang berarti alternatif 2 lebih penting daripada alternatif 1.

Tabel 5.55. Normalisasi dari kriteria lokasi proyek pada tanah lunak

Lokasi proyek		Alternatif		Σ	Rating
		1	2		
Alt	1	0.194	0.194	0.387	0.194
	2	0.806	0.806	1.613	0.806
Σ				2.000	1.000

Dari tabel 5.55. diatas, prioritas masing-masing alternatif pada kriteria lokasi proyek adalah alternatif 1 sebesar 0,194 dan alternatif 2 adalah 0.806.

5.11.12. Penilaian untuk kriteria jarak dengan lingkungan sekitar
 Tabel 5.56. Matriks perbandingan berpasangan untuk kriteria jarak dengan lingkungan sekitar pada tanah lunak

Jarak dengan lingkungan sekitar		Alternatif	
		1	2
Alt	1	1	0.23
	2	4.35	1
Σ		5.348	1.230

Pada tabel 5.56. diatas dapat diketahui bahwa Alternatif 1 memiliki intensitas kepentingan terhadap alternatif 2 yaitu sebesar 0.23, yang berarti alternatif 2 lebih penting daripada alternatif 1.

Tabel 5.57. Normalisasi dari kriteria jarak dengan lingkungan sekitar pada tanah lunak

Jarak dengan lingkungan sekitar		Alternatif		Σ	Rating
		1	2		
Alt	1	0.187	0.187	0.374	0.187
	2	0.813	0.813	1.626	0.813
Σ				2.000	1.000

Dari tabel 5.57. diatas, prioritas masing-masing alternatif pada kriteria jarak dengan lingkungan sekitar adalah alternatif 1 sebesar 0,187 dan alternatif 2 adalah 0.813.

Tabel 5.58. Hasil Sintesis dan pemilihan alternatif pondasi untuk tanah lunak

TUJUAN	BOBOT (W)	Hasil Perhitungan Alternatif		Alternatif			
		1	2	1	2		
KRITERIA	Jumlah Kebutuhan	0.197	0.796	0.204	0.157	0.040	
	Metode Pelaksanaan	0.156	0.767	0.233	0.120	0.036	
	Kondisi Tanah	0.147	0.783	0.217	0.115	0.032	
	Biaya Pekerjaan	0.070	0.623	0.377	0.044	0.026	
	Lama waktu pek	0.077	0.608	0.392	0.047	0.030	
	Ketersediaan	0.061	0.539	0.461	0.033	0.028	
	Kebutuhan alat	0.057	0.444	0.556	0.025	0.032	
	Kebutuhan SDM	0.056	0.387	0.613	0.022	0.034	
	Kebisingan	0.049	0.153	0.847	0.007	0.041	
	Kenyamanan	0.049	0.213	0.787	0.010	0.039	
	Lokasi Proyek	0.044	0.194	0.806	0.009	0.036	
	Jarak lingkungan	0.036	0.187	0.813	0.007	0.030	
JUMLAH (Σ)					0.595	0.405	1.000

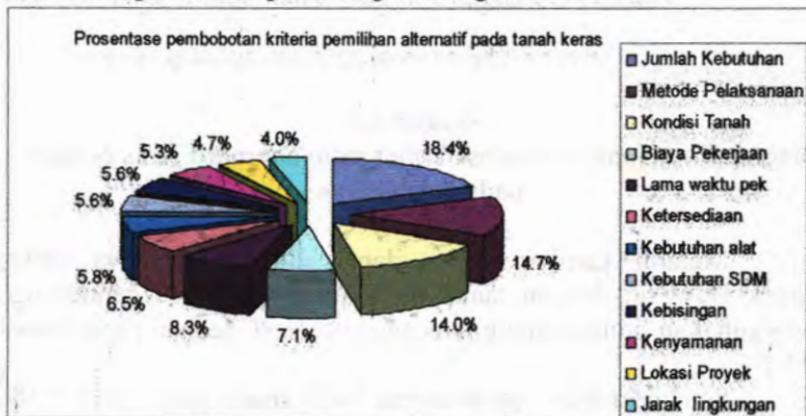
Dari tabel 5.58 dapat disimpulkan bahwa untuk tanah lunak prioritas pemilihan pondasi tiang yang sesuai masing-masing adalah alternatif 1 atau tiang pancang *prestress* memiliki prioritas 0.595 sedangkan alternatif 2 atau tiang bor memiliki prioritas 0,40.

5.13. Evaluasi hasil perhitungan

Setelah melalui perhitungan AHP maka pada tabel 5.29 dapat diketahui bahwa prosentase bobot kriteria pemilihan untuk jenis pondasi pada tanah keras adalah sebagai berikut :

1. Jumlah kebutuhan tiang, prosentasenya adalah 18,4 %
2. Metode pelaksanaan, prosentasenya adalah 14,7 %
3. Kondisi tanah, prosentasenya adalah 14 %
4. Biaya pekerjaan, prosentasenya adalah 7,1 %
5. Lama waktu pekerjaan, prosentasenya adalah 8,3 %
6. Ketersediaan, prosentasenya adalah 6,5 %
7. Kebutuhan alat, prosentasenya adalah 5,8 %
8. Kebutuhan SDM, prosentasenya adalah 5,6 %
9. Kebisingan, prosentasenya adalah 5,6 %
10. Kenyamanan, prosentasenya adalah 5,3 %
11. Lokasi Proyek, prosentasenya adalah 4,7 %
12. Jarak dengan lingkungan sekitar, prosentasenya adalah 4,0%

Untuk dapat melihat lebih jelas mengenai prosentase tersebut dapat dilihat pada diagram lingkaran berikut :



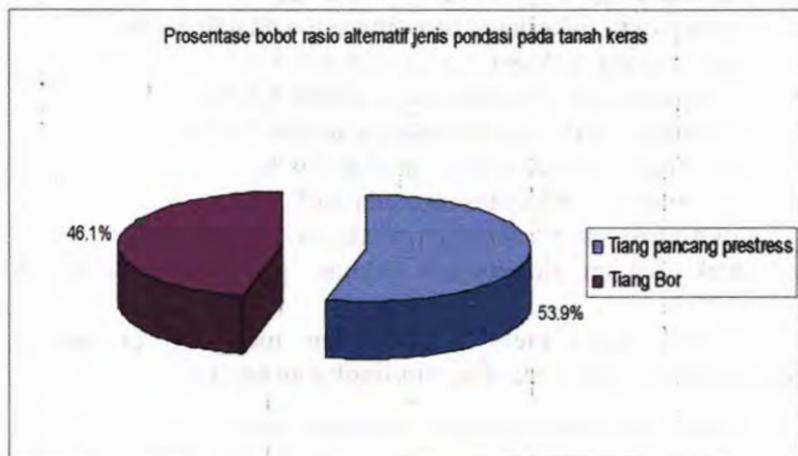
Gambar 5.1

Diagram lingkaran prosentase pembobotan kriteria pemilihan pada tanah keras

Dari tabel 5.29 juga dapat diketahui bahwa prosentase rasio bobot pemilihan alternatif jenis pondasi tiang pada tanah keras adalah :

1. . Tiang pancang *prestress*, memiliki prosentase 53,9 %
2. . Tiang Bor , memiliki prosentase 46,1 %

Untuk dapat melihat lebih jelas mengenai prosentase tersebut dapat dilihat pada diagram lingkaran berikut:



Gambar 5.2

Diagram lingkaran prosentase bobot rasio alternatif jenis pondasi pada tanah keras

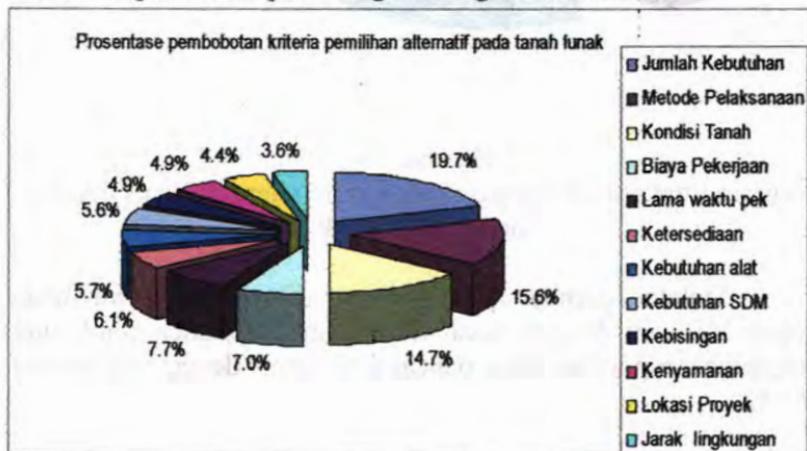
Melalui gambar diatas dapat diketahui bahwa pada proyek HTC ini dengan tanah keras para responden cenderung menggunakan pondasi tiang pancang *prestress* dengan prosentase 53,9 %

Setelah melalui perhitungan AHP maka pada tabel 5.58 dapat diketahui juga bahwa prosentase bobot kriteria pemilihan untuk jenis pondasi pada tanah lunak adalah sebagai berikut :

1. Jumlah kebutuhan tiang, prosentasenya adalah 19,7 %
2. Metode pelaksanaan, prosentasenya adalah 15,6 %

3. Kondisi tanah, prosentasenya adalah 14,7 %
4. Biaya pekerjaan, prosentasenya adalah 7,0 %
5. Lama waktu pekerjaan, prosentasenya adalah 7,7 %
6. Ketersediaan, prosentasenya adalah 6,1 %
7. Kebutuhan alat, prosentasenya adalah 5,7 %
8. Kebutuhan SDM, prosentasenya adalah 5,6 %
9. Kebisingan, prosentasenya adalah 4,9 %
10. Kenyamanan, prosentasenya adalah 4,9 %
11. Lokasi Proyek, prosentasenya adalah 4,4 %
12. Jarak dengan lingkungan sekitar, prosentasenya adalah 3,6%

Untuk dapat melihat lebih jelas mengenai prosentase tersebut dapat dilihat pada diagram lingkaran berikut



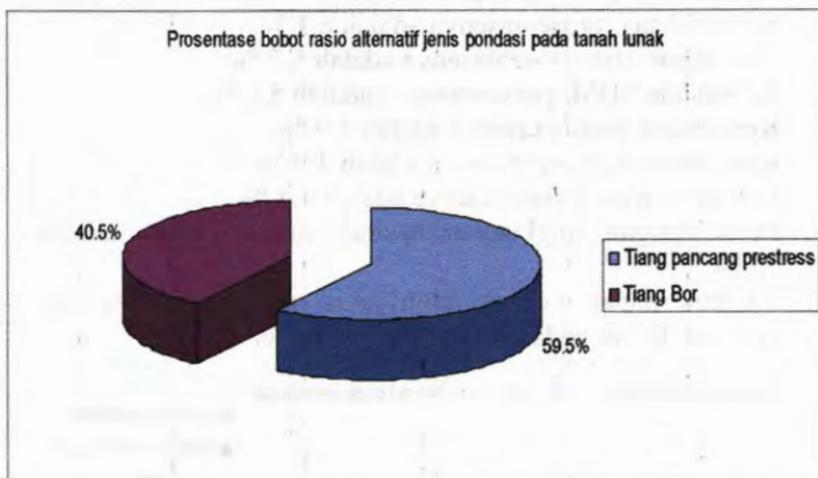
Gambar 5.3

Diagram lingkaran prosentase pembobotan kriteria pemilihan pada tanah lunak

Dari tabel 5.58. juga dapat diketahui bahwa prosentase rasio bobot pemilihan alternatif jenis pondasi tiang pada tanah lunak adalah :

1. Tiang pancang *prestress*, memiliki prosentase 59,5 %
2. Tiang Bor , memiliki prosentase 40,5 %

Untuk dapat melihat lebih jelas mengenai prosentase tersebut dapat dilihat pada diagram lingkaran berikut:



Gambar 5.4

Diagram lingkaran prosentase bobot rasio alternatif jenis pondasi pada tanah lunak

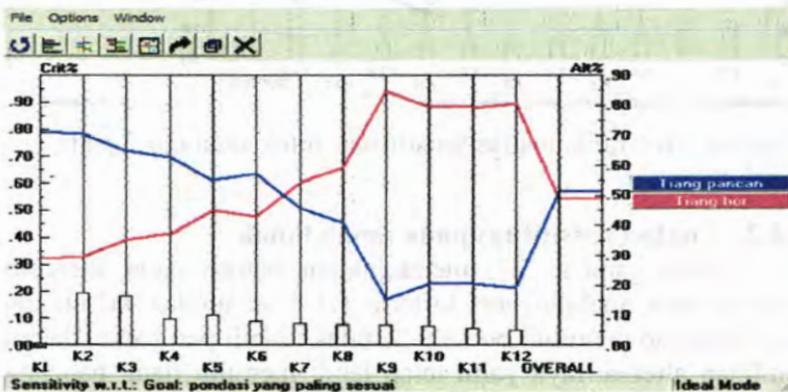
Melalui gambar diatas, dapat diketahui bahwa pada proyek HTC ini dengan tanah lunak para responden cenderung menggunakan pondasi tiang pancang *prestress* dengan prosentase 59,5 %

5.14. Analisa sensitifitas

Analisa sensitifitas bertujuan untuk menganalisa hasil dari sintesa terhadap perubahan bobot kriteria akibat dari perubahan pandangan dari pembuat keputusan. Analisa sensitifitas dapat mengetahui seberapa besar efek dari perubahan itu dan dengan program bantu *Expert choice 2000* dapat mempermudah untuk menganalisanya.

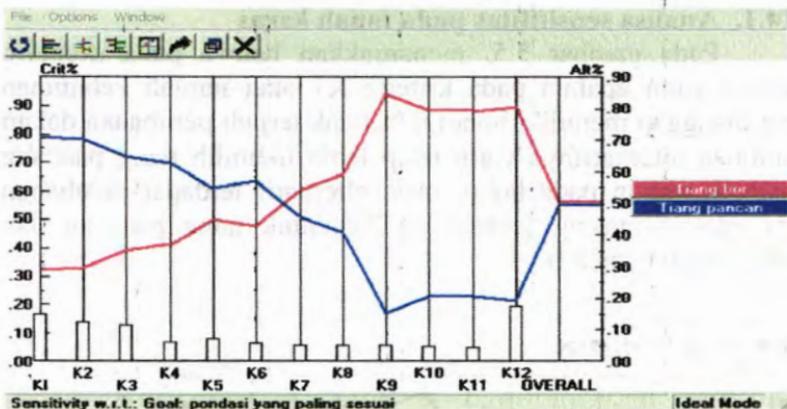
5.14.1. Analisa sensitifitas pada tanah keras

Pada gambar 5.5, menunjukkan bahwa pada skenario pertama yaitu apabila pada kriteria K1 atau jumlah kebutuhan tiang dianggap memiliki bobot 0 %, tidak terjadi perubahan dalam pemilihan alternatifnya yaitu tetap lebih memilih tiang pancang *prestress* namun pada bobot rasio alternatif terdapat perubahan yaitu masing-masing sebesar 51,2% untuk tiang pancang dan 48,8% untuk tiang bor.



Gambar 5.5 Grafik analisa sensitifitas untuk skenario 1 pada tanah keras

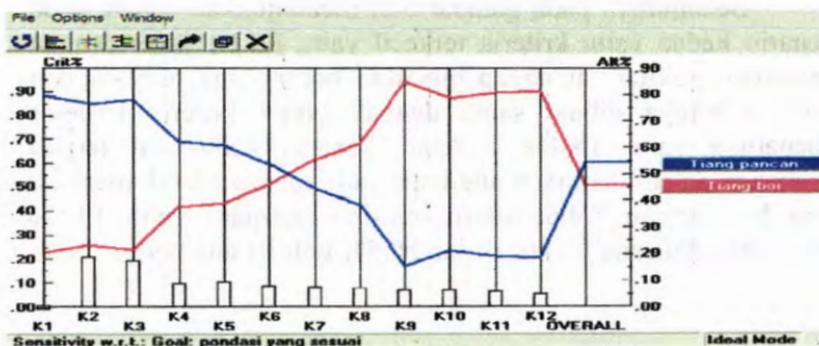
Selanjutnya pada gambar 5.6, menunjukkan bahwa pada skenario kedua yaitu kriteria terkecil yaitu K12 (jarak dengan lingkungan sekitar) dianggap memiliki bobot yang terbesar dan disini bobotnya dibuat sama dengan bobot kriteria terbesar sebenarnya yaitu 18,4%. Pada skenario kedua ini terjadi perubahan dalam pemilihan alternatif yaitu menjadi lebih memilih tiang bor dengan bobot masing-masing alternatif yaitu 49,5% untuk tiang pancang *prestress* dan 50,5% untuk tiang bor.



Gambar 5.6 Grafik analisa sensitifitas untuk skenario 2 pada tanah keras

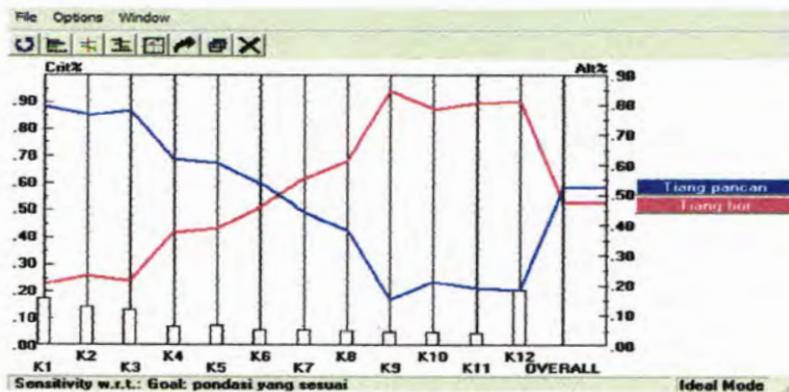
5.14.2. Analisa sensitifitas pada tanah lunak

Pada gambar 5.7, menunjukkan bahwa pada skenario pertama yaitu apabila pada kriteria K1 atau jumlah kebutuhan tiang dianggap memiliki bobot 0%, tidak terjadi perubahan dalam pemilihan alternatifnya yaitu tetap lebih memilih tiang pancang prestress namun pada bobot rasio alternatif terdapat perubahan yaitu masing-masing sebesar 54,2% untuk tiang pancang dan 45,8% untuk tiang bor.



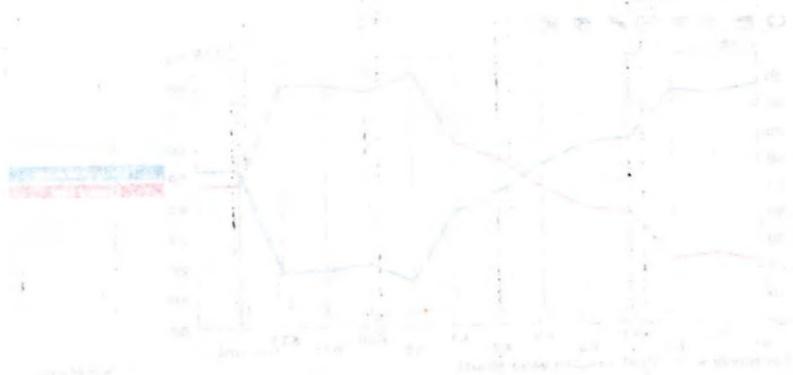
Gambar 5.7 Grafik analisa sensitifitas untuk skenario 1 pada tanah lunak

Selanjutnya pada gambar 5.8, menunjukkan bahwa pada skenario kedua yaitu kriteria terkecil yaitu K12 (jarak dengan lingkungan sekitar) dianggap memiliki bobot yang terbesar dan disini bobotnya dibuat sama dengan bobot kriteria terbesar sebenarnya yaitu 19,7%. Pada skenario kedua ini tidak terjadi perubahan dalam pemilihan alternatif yaitu tetap lebih memilih tiang pancang *prestress* dengan bobot masing-masing alternatif yaitu 52,5% untuk tiang pancang *prestress* dan 47,5% untuk tiang bor.



Gambar 5.8 Grafik analisa sensitifitas untuk skenario 2 pada tanah lunak

Sebelumnya pada gambar 2.8 menunjukkan bahwa pada
 (Halaman ini sengaja dikosongkan)



Gambar 2.8 (Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. KESIMPULAN

Setelah melalui analisa AHP tadi maka dapat disimpulkan bahwa pada skenario dengan menggunakan kondisi proyek pada Hi Tech Center dengan dimodelkan pada keadaan tanah lunak dan keras maka:

1. Untuk tanah keras urutan prioritas kriteria pemilihan pondasi tiang adalah sebagai berikut berurutan mulai dari yang paling besar hingga yang terkecil adalah sebagai berikut jumlah kebutuhan tiang, prosentasenya adalah 18.4% ; Metode pelaksanaan, prosentasenya adalah 14.7%; Kondisi tanah, prosentasenya adalah 14%; Lama waktu pekerjaan, prosentasenya adalah 8,3%; Biaya pekerjaan, prosentasenya adalah 7,1%; Ketersediaan, prosentasenya adalah 6,5%; Kebutuhan alat, prosentasenya adalah 5,8 %; Kebutuhan SDM, prosentasenya adalah 5,6%; Kebisingan, prosentasenya adalah 5,6%; Kenyamanan, prosentasenya adalah 5.3%; Lokasi Proyek, prosentasenya adalah 4.7%; Jarak dengan lingkungan sekitar, prosentasenya adalah 4,0%.
2. Untuk tanah lunak urutan prioritas kriteria pemilihan pondasi tiang adalah sebagai berikut berurutan mulai dari yang paling besar hingga yang terkecil adalah sebagai berikut jumlah kebutuhan tiang, prosentasenya adalah 19,7%; Metode pelaksanaan, prosentasenya adalah 15,6%; Kondisi tanah, prosentasenya adalah 14,7%; Lama waktu pekerjaan, prosentasenya adalah 7.7%; Biaya pekerjaan, prosentasenya adalah 7,0 %; Ketersediaan, prosentasenya adalah 6,1%; Kebutuhan alat, prosentasenya adalah 5,7%; Kebutuhan SDM, prosentasenya adalah 5,6%; Kebisingan, prosentasenya adalah 4,9%; Kenyamanan, prosentasenya adalah 4,9 %;

Lokasi Proyek, prosentasenya adalah 4,4 %; Jarak dengan lingkungan sekitar, prosentasenya adalah 3,6%

3. Dari perhitungan AHP maka didapatkan bahwa prosentase prioritas masing-masing jenis pondasi tiang adalah untuk tanah keras, prioritas pemilihan pondasi tiang pancang *prestress* adalah 53,9 % dan tiang bor sebesar 46,1 %, sedangkan untuk tanah lunak, prioritas pemilihan pondasi tiang pancang *prestress* adalah sebesar 59,5 % dan tiang bor sebesar 40,5 %.

6.2. SARAN

Dari hasil-hasil tugas akhir ini maka terdapat beberapa hal yang perlu dilakukan lebih lanjut yaitu :

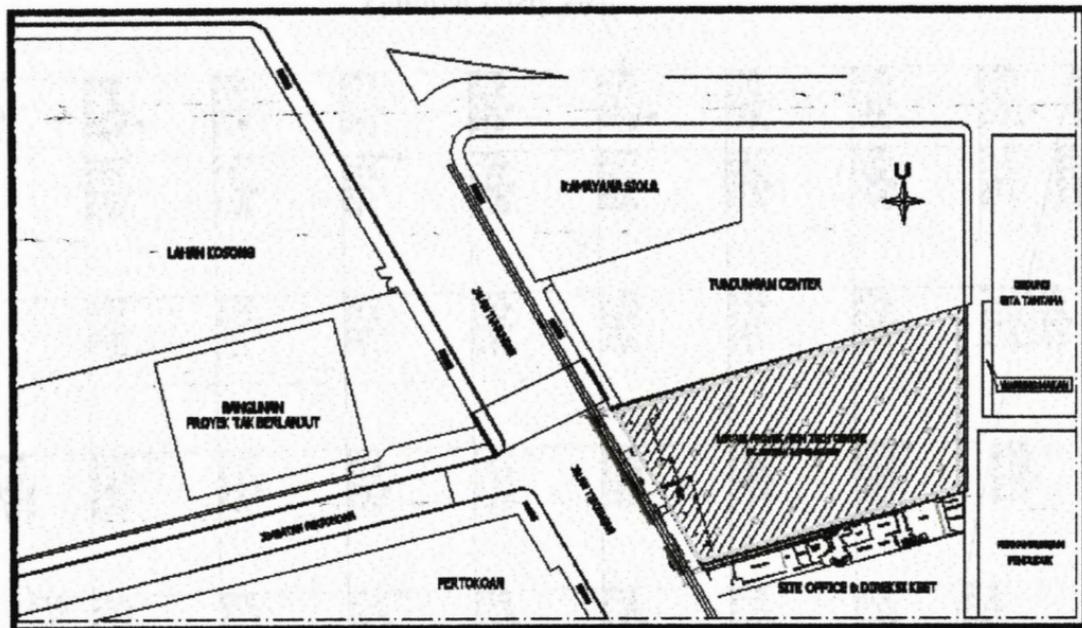
1. Untuk hasil yang lebih teliti maka perlu dilakukan pengawasan dalam pengisian kuisioner oleh para responden agar hasil yang didapat nantinya dapat sesuai dengan hasil yang diinginkan.
2. Metode ini dapat digunakan untuk pengambilan keputusan lain selain pondasi, sehingga dapat berguna pada proyek konstruksi lainnya.
3. Untuk dapat lebih mempermudah penelitian maka dapat digunakan program bantu yaitu *Expert Choice 2000*.
4. Pembuatan kuisioner dan permodelan dapat lebih diperinci sehingga hasil yang didapatkan dapat lebih sesuai.
5. Penelitian ini dapat dikembangkan dengan menambah kriteria dan alternatifnya:

DAFTAR PUSTAKA

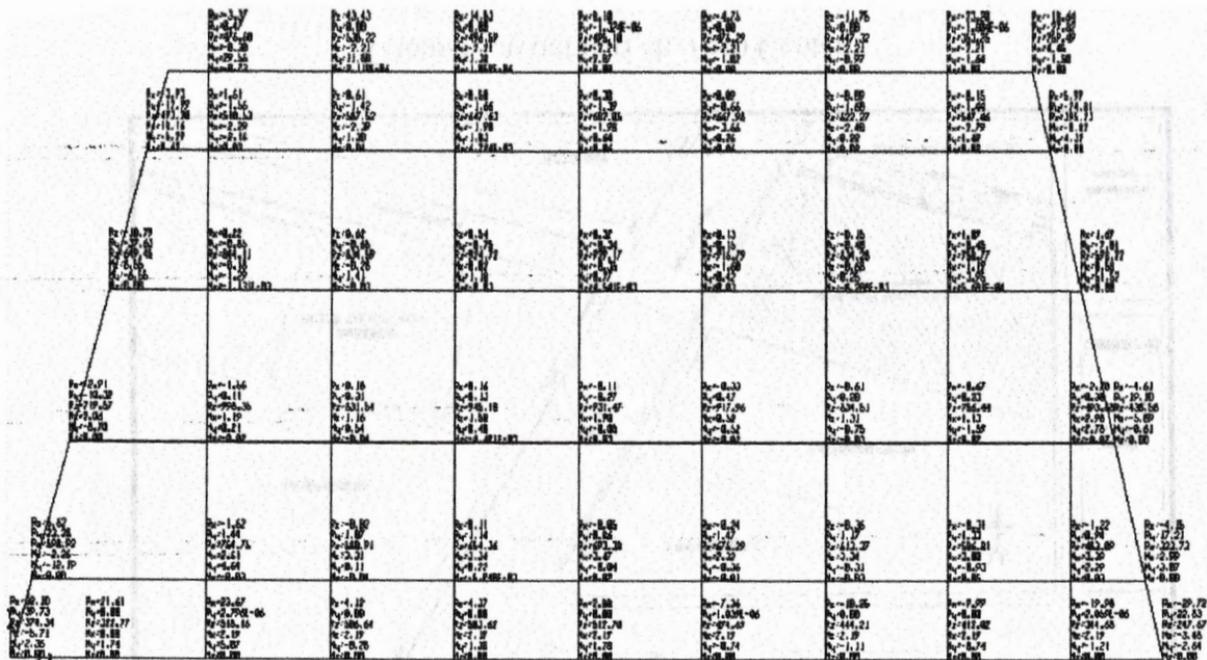
- Anderson, David.R dkk.1997.**Manajemen sains – Pendekatan Kuantitatif untuk Pengambilan Keputusan Manajemen.** Jilid pertama, Edisi ke-7. Jakarta : Erlangga.
- Belton, Valerie dan T.J.Stewart.2002.**Multiple Criteria Decision Analysis.** Boston : Kluwer Academic Publishers.
- Bowles, Joseph.1996.**Foundation Analysis and Design.**New York : The Mc Graw-Hill Companies.
- Buchara H, Ubuh,Dr.Ir.2000.**Analisa Keputusan.**Bandung : Departemen Teknik Industri ITB.
- Cernica,John.N.1995.**Geotechnical Engineering : Foundation Design.** Kanada : John Wiley and Son,inc.
- Das,Braja M.1990.**Principles of Foundation Engineering.**Boston : PWS Kent Publishing company.
- Hasan,M.I.2002.**Pokok-pokok Materi Pengambilan Keputusan.**Jakarta : Ghalia Indonesia.
- Hardiyatmo,Hary Christady.2003.**Teknik Fondasi 2.**Yogyakarta : Beta Offset.
- Jaiswal,N.K.1997.**Military Operation Research – Quantitative Decision Making.**Boston : Kluwer Academic Publishers.
- Kosasi,Sandi,SE.MM.2002.**Sistem Penunjang Keputusan (Decision Support System).**Jakarta : Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi.
- Marshall,K.T dkk.1995.**Decision Making and Forecasting.** New York : McGraw-Hill Books.
- Nakazawa,Kazuto.2000.**Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi.** Jakarta : Pradnya Paramita
- Radford,K.J.1981.**Analisis Keputusan Manajemen.**Jakarta: Erlangga.
- Saaty,Thomas.L.1993.**Pengambilan Keputusan.**Jakarta : PT. Pustaka Binaman Presindo.

(Halaman in sengaja dikosongkan)

LAMPIRAN



Gambar Layout dari Hi-Tech Center



Gambar hasil SAP

Tabel rata-rata geometrik untuk perbandingan antara kriteria jumlah kebutuhan tiang (K1) dengan kriteria lainnya pada tanah keras

Perbandingan Kriteria	Benjamin Gideon							Wasika	Waringin					Joshie Areno				Adhi Karya				Elka Prana		Duta Graha				PP					Rata-rata geometrik
	BG1	BG2	BG3	BG4	BG5	BG6	BG7	WS1	WR1	WR2	WR3	WR4	WR5	JA1	JA2	AK1	AK2	AK3	AK4	EP1	EP2	DG1	DG2	DG3	DG4	PP1	PP2	PP3	PP4	PP5			
K1-K2	1	3	1	1	1	1/2	2	3	2	2	5	2	2	4	3	1	2	2	1/2	2	1/4	5	2	1/2	3	1	2	3	3	3	1.69		
K1-K3	2	2	2	3	3	1/2	5	3	2	3	3	2	1/3	3	3	2	2	2	2	2	3	3	4	2	2	1	4	1/2	3	1/4	1.94		
K1-K4	1/2	3	1/2	1/2	1	1/3	6	2	2	3	3	3	2	4	4	2	2	4	3	3	3	3	3	3	3	3	2	4	2	2.17			
K1-K5	2	3	2	3	1	4	1	3	1	3	3	3	2	4	4	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	2.62		
K1-K6	1	3	1	1	3	3	1	3	1	4	6	4	2	4	4	3	4	3	4	4	3	6	4	4	3	4	3	3	4	2	2.94		
K1-K7	1	3	1	1	3	4	1	3	2	4	5	3	3	5	4	3	4	5	5	4	5	5	5	5	3	4	4	4	3	4	3.19		
K1-K8	1/2	1	1/2	3	3	5	1	3	2	4	5	3	4	4	5	4	4	5	5	4	6	5	7	5	1	4	3	2	2	4	2.83		
K1-K9	1/2	4	1/2	3	3	1/5	3	5	3	4	5	4	3	5	5	4	4	5	6	3	5	5	6	6	4	4	4	4	4	5	3.29		
K1-K10	1/2	1	1/2	3	3	1/5	3	5	3	4	5	4	3	4	6	4	5	5	6	5	5	5	6	6	1	5	3	5	3	3	3.00		
K1-K11	1/2	6	1/2	3	1	3	1	5	1	4	7	5	4	5	6	4	5	6	6	5	6	7	7	6	6	5	4	5	4	4	3.64		
K1-K12	2	6	2	2	1	1/5	1	5	1	4	6	5	4	4	6	4	5	5	6	5	6	6	6	6	6	5	4	5	5	4	3.57		

Tabel rata-rata geometrik untuk perbandingan antara kriteria metode pelaksanaan (K2) dengan kriteria lainnya pada tanah keras

Perbandingan Kriteria	Benjann							Waskita		Wanngin					Joshie Arencu		Adhi Karya				Etika Prana		Duta Graha				PP					Rata-rata geometrik
	BG1	BG2	BG3	BG4	BG5	BG6	BG7	WS1	WR1	WR2	WR3	WR4	WR5	JA1	JA2	AK1	AK2	AK3	AK4	EP1	EP2	DG1	DG2	DG3	DG4	PP1	PP2	PP3	PP4	PP5		
K2K3	1/2	1/3	1/2	1/2	4	1	-1	1	1	2	3	3	1/3	2	3	3	1/2	4	4	2	4	3	3	4	1/3	1	1	1/3	3	3	1.43	
K2K4	1/2	2	1/2	1/2	1	2	3	2	2	3	4	3	2	3	3	3	2	4	3	3	4	4	3	3	2	3	2	3	3	3	2.12	
K2K5	1	3	1	1	1	4	1	3	1	1	3	3	2	1	4	3	2	5	4	4	5	3	4	4	3	2	1	2	4	5	2.30	
K2K6	1	3	1	1	3	3	1	3	1	2	3	3	3	2	4	4	4	4	4	4	4	3	3	4	3	4	4	2	3	3	2.60	
K2K7	1	1	1	1	3	4	-1	3	1	3	4	4	2	3	4	3	3	5	5	4	4	4	4	5	1	3	3	4	4	5	2.74	
K2K8	1	1	1	1	3	5	1	3	1	1	5	4	3	1	4	5	3	4	5	6	4	5	5	5	1	3	3	4	3	5	2.62	
K2K9	1/2	5	1/2	1/2	2	3	3	4	3	1/3	6	5	2	2	6	5	3	4	6	5	6	6	6	6	5	3	3	3	3	4	2.99	
K2K10	1/2	1	1/2	1/2	2	3	3	4	3	1	5	5	3	1	6	6	3	4	6	3	6	5	5	6	1	3	3	3	3	3	2.58	
K2K11	1/2	5	1/2	1/2	1	4	1	5	1	2	7	5	5	2	6	5	5	5	5	4	5	7	6	5	5	5	5	4	4	4	3.12	
K2K12	1	5	1	1	1	4	1	5	1	3	7	6	5	3	6	6	5	5	5	5	5	5	5	7	7	5	5	5	4	4	5	3.61

Tabel rata-rata geometrik untuk perbandingan antara kriteria kondisi tanah (K3) dengan kriteria lainnya pada tanah keras

Perbandingan Kriteria	Benjamin							Waskita		Waringin				Jodie Pranco				Adhi Karya				Elika Prana				Duta Graha					PP					Rata-rata geometrik
	BG1	BG2	BG3	BG4	BG5	BG6	BG7	VS1	VR1	WR2	WR3	WR4	WR5	JA1	JA2	AK1	AK2	AK3	AK4	EP1	EP2	DG1	DG2	DG3	DG4	PP1	PP2	PP3	PP4	PP5						
K3-K4	1	5	1	3	1,0	1	1,4	2	1,2	2	3	3	3	3	2	2	2	2	4	4	4	3	3	4	5	4	2	3	3	3	2,14					
K3-K5	2	3	2	1	1,2	3	1,4	2	1,2	2	2	3	3	2	2	2	2	2	4	4	4	2	2	4	3	3	2	2	3	3	2,03					
K3-K6	3	1	2	2	1,0	3	1,5	3	1,0	3	4	3	3	3	4	4	6	2	3	5	3	4	4	3	1	5	4	3	3	3	2,37					
K3-K7	3	3	2	2	1,2	5	1,5	4	1,0	3	5	4	3	4	4	5	5	5	7	6	6	5	3	7	3	5	5	3	5	5	3,19					
K3-K8	3	1	2	2	1,0	3	1,5	4	1,5	3	4	4	4	3	4	6	5	4	7	6	6	4	4	7	1	5	5	4	4	4	2,79					
K3-K9	1	3	1	1	1,0	1	1,5	4	1,4	2	6	4	3	2	6	6	6	5	7	6	6	6	6	7	3	6	4	5	5	5	2,83					
K3-K10	1	1	1	1	1,0	1	1,5	4	1,4	3	5	5	4	3	6	6	4	3	6	6	5	5	5	6	1	4	4	3	5	5	2,50					
K3-K11	1	6	1	1	1,2	4	1,5	3	1,5	2	6	5	5	2	6	6	7	5	6	7	5	6	6	6	6	5	5	4	4	5	3,11					
K3-K12	3	5	3	3	1,0	4	1,5	5	1,5	3	5	5	5	3	6	6	6	6	6	6	5	5	4	6	5	6	5	5	4	5	3,40					

Tabel rata-rata geometrik untuk perbandingan antara kriteria biaya pekerjaan (K4) dengan kriteria lainnya pada tanah keras

Perbandingan Kriteria	Benjamin						Wasita	Wanang					Joshie Arengo		Adhi Karya				Elika Prana		Duta Graha				PP					Rata-rata geometrik		
	BG1	BG2	BG3	BG4	BG5	BG6	BG7	WS1	WR1	WR2	WR3	WR4	WR5	JA1	JA2	AK1	AK2	AK3	AK4	EP1	EP2	DG1	DG2	DG3	DG4	PP1	PP2	PP3	PP4		PP5	
KAK5	1	1	1	1	1	2	1	1/2	2	2	1/2	1/3	1/2	1/2	2	3	1/2	2	2	3	2	1/3	1	1	1	1/3	1	1/3	2	3	1.03	
KAK6	2	3	3	3	3	2	1	3	1	1	1/3	1/3	2	1	1/2	1	3	3	2	1/2	2	1/3	1/2	3	3	2	3	2	2	1	1.45	
KAK7	1	1	2	2	3	3	1	3	1	2	1/2	1/2	2	2	1/2	4	3	1	1	1/2	1/3	1/2	1/2	1/2	1	3	3	2	1	1/2	1.20	
KAK8	1	1/3	2	2	3	3	1	1	1	3	4	3	3	3	2	2	1	2	1	1	1	3	4	1	1/3	3	1	4	1	2	1.94	
KAK9	3	5	3	3	4	1	3	1/2	3	2	1/2	1/3	2	2	1/3	2	2	2	2	2	1	1/2	1/2	1/2	4	1	1/3	1	3	1/2	1.35	
KAK10	1	1	2	2	4	1	3	1/2	3	2	1/3	1/3	2	2	1/3	1	1/2	1/2	1	1	1/2	1/3	1/3	1/2	1	1/2	1	1/3	3	1/2	0.90	
KAK11	1	5	2	2	4	3	1	1	1	2	1	1/3	3	2	2	1	1	3	1	1	1	1	1	1	3	4	3	1/2	1/2	4	4	1.58
KAK12	1	5	2	2	5	3	1	1/2	1	1	1/2	1/3	3	1	1/2	1	1/2	3	2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	4	1	1	1	4	3	1.19	

Tabel rata-rata geometrik untuk perbandingan antara kriteria Lama waktu pekerjaan (K5) dengan kriteria lainnya pada tanah keras

Perbandingan Kriteria	Benjamin							Waskita					Waringin					Joshie Arencu				Adhi Karya				Eka Prana				Duta Graha					PP					Rata-rata geometrik
	BG1	BG2	BG3	BG4	BG5	BG6	BG7	WS1	WR1	WR2	WR3	WR4	WR5	JA1	JA2	AK1	AK2	AK3	AK4	EP1	EP2	DG1	DG2	DG3	DG4	PP1	PP2	PP3	PP4	PP5										
KS-K6	1	2	2	2	2	1/3	1	1	1	2	2	3	3	2	1	2	1	1	1	3	1	2	2	3	2	4	1	2	3	1	1.60									
KS-K7	1	2	3	2	2	1	1	1	3	1	2	3	2	1	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2	3	2	1	3	1	1.70										
KS-K8	2	2	3	2	5	1	1	3	1	1/2	4	3	3	1/2	1	1	1	1	1	2	1	4	3	1	2	2	1	2	3	1	1.62									
KS-K9	2	2	2	3	3	1/3	3	3	3	3	3	2	2	3	3	3	3	2	2	3	1	3	3	3	2	2	3	1	3	3	2.29									
KS-K10	2	2	2	3	3	1/3	3	3	3	2	2	2	4	2	2	2	2	3	2	1	2	2	2	2	2	1	3	1	2	2	1.98									
KS-K11	2	2	2	3	4	1	3	1/3	3	1	1/2	1/2	3	1	1/2	1	1/2	2	2	1	3	1/2	1/2	1/2	2	1	1	2	1	1/2	1.18									
KS-K12	2	2	3	2	5	1	3	3	3	2	2	2	4	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2.03									

Tabel rata-rata geometrik untuk perbandingan antara kriteria Ketersediaan (K6) dengan kriteria lainnya pada tanah keras

Perbandingan Kriteria	Benjamin							Wasita					Waringin					Joshie Arenco				Adhi Karya				Ebika Prana		Data Graha				PP					Rata-rata geometrik
	BG1	BG2	BG3	BG4	BG5	BG6	BG7	WS1	WR1	WR2	WR3	WR4	WR5	JA1	JA2	AK1	AK2	AK3	AK4	EP1	EP2	DG1	DG2	DG3	DG4	PP1	PP2	PP3	PP4	PP5							
K6-K7	1	1	2	2	1	1	1	3	3	2	1	2	3	2	2	1	3	3	1	1	1	1	2	2	1	3	1	1	1	1	1.50						
K6-K8	1	2	1	1	1	1	1	2	1	3	1	2	3	3	1	3	2	1	1	1	1	1	1	1	2	3	1	2	3	1	1.43						
K6-K9	2	1	2	3	3	1/3	4	1/2	3	3	1/2	1/2	1/3	3	1/2	1	1	3	1	1	1	1/2	1/2	1/2	1	2	1/3	1	1	1/3	1.33						
K6-K10	2	1	2	3	4	1/3	4	2	3	2	2	3	2	2	2	3	2	2	2	1	1	2	2	2	1	1	2	1/3	2	2	1.75						
K6-K11	2	2	1	1	3	1	1	1/2	1	3	1/2	1/3	3	3	1/2	3	1	1	2	1	1	1/2	1/2	1/2	2	1	1	2	1	1	1.13						
K6-K12	2	2	2	2	4	1	3	2	3	3	2	3	3	3	2	1	2	1	2	1	1	2	2	2	2	3	2	2	1	1	1.91						

Tabel rata-rata geometrik untuk perbandingan antara kriteria kebutuhan alat (K7) dengan kriteria lainnya pada tanah keras

Perbandingan Kriteria	Benjamin							Wasita					Waringin					Joshie Arenco				Adhi Karya				Ebika Prana		Data Graha				PP					Rata-rata geometrik
	BG1	BG2	BG3	BG4	BG5	BG6	BG7	WS1	WR1	WR2	WR3	WR4	WR5	JA1	JA2	AK1	AK2	AK3	AK4	EP1	EP2	DG1	DG2	DG3	DG4	PP1	PP2	PP3	PP4	PP5							
K7-K8	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1	2	1	2	1	3	2	1	1	2	1	2	1	1	1	3	1	1	2	1	1.29						
K7-K9	2	2	2	2	2	1	4	2	3	3	1	1	3	3	1	3	2	1	1/3	1	1	1	1	1/2	2	2	1/3	1	1	1	1.41						
K7-K10	2	3	2	2	2	1	4	1/2	4	2	1/2	1/2	1/2	2	1/2	3	1/2	1	2	1	1	1/2	1/2	1/2	3	1	2	1	1	1/2	1.17						
K7-K11	2	2	2	2	2	1	5	2	5	3	2	2	4	3	2	1	2	2	1/3	2	1	2	2	2	2	1	1/3	1	1/2	1	1.65						
K7-K12	2	2	2	2	2	1	1	3	1	2	1	1	3	2	1	1	3	2	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	2	1	1.44						

Tabel rata-rata geometrik untuk perbandingan antara kriteria kebutuhan SDM (K8) dengan kriteria lainnya pada tanah keras

Perbandingan Kriteria	Benjamin						Waskita	Wainjin					Joshie Arencu				Adhi Karya				Etika Prana		Duta Graha				PP					Rata-rata geometrik
	BG1	BG2	BG3	BG4	BG5	BG6	BG7	WS1	WR1	WR2	WR3	WR4	WR5	JA1	JA2	AK1	AK2	AK3	AK4	EP1	EP2	DG1	DG2	DG3	DG4	PP1	PP2	PP3	PP4	PP5		
KBK9	3	2	2	2	3	1/2	7	1	4	2	2	2	2	2	2	3	2	1	2	3	1	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1.83
KBK10	3	2	2	2	2	1/2	7	1/2	4	1	1	1	1/3	1	1	3	1/2	1	1	3	1	1	1	1	1	2	1/2	1/3	1	1	1	1.19
KBK11	2	2	3	2	3	1/2	3	1/2	3	2	1/2	1/2	1/3	2	1/2	1	1/2	3	2	1	1	1/2	1/2	1/2	2	1/2	1	1	1/3	1	1.04	
KBK12	2	2	3	2	2	1/2	7	2	5	2	2	2	2	2	2	1	4	2	1	1	1	2	2	2	2	2	1/3	1	1/3	1/3	1.59	

Tabel rata-rata geometrik untuk perbandingan antara kriteria kebisingan (K9) dengan kriteria lainnya pada tanah keras

Perbandingan Kriteria	Benjamin						Waskita	Wainjin					Joshie Arencu				Adhi Karya				Etika Prana		Duta Graha				PP					Rata-rata geometrik
	BG1	BG2	BG3	BG4	BG5	BG6	BG7	WS1	WR1	WR2	WR3	WR4	WR5	JA1	JA2	AK1	AK2	AK3	AK4	EP1	EP2	DG1	DG2	DG3	DG4	PP1	PP2	PP3	PP4	PP5		
KBK10	3	2	2	2	1	1	1	1	1	2	1	2	2	3	1	2	1	3	2	3	1	1	1	2	2	1	1	2	1	1	1.49	
KBK11	3	2	2	2	3	3	1/5	3	1/3	2	2	2	3	2	2	3	2	3	2	3	1	2	2	2	2	1	2	2	3	3	1.91	
KBK12	3	2	2	2	3	3	1	3	1	3	2	2	3	3	2	2	1	3	2	2	1	2	2	2	2	1	3	2	2	1	1.97	

Tabel rata-rata geometrik untuk perbandingan antara kriteria kenyamanan (K10) dengan kriteria lainnya pada tanah keras

Perbandingan Kriteria	Benjamin							Wasinda					Waringin					Joshie Aranco				Adhi Kaya				Elika Prana				Data Graha				PP					Rata-rata geometrik
	BG1	BG2	BG3	BG4	BG5	BG6	BG7	WS1	WR1	WR2	WR3	WR4	WR5	JA1	JA2	AK1	AK2	AK3	AK4	EP1	EP2	DG1	DG2	DG3	DG4	PP1	PP2	PP3	PP4	PP5									
K10K11	3	2	3	2	2	5	15	12	13	3	2	1	3	3	1	3	1	3	2	2	1	2	2	2	2	13	1	2	2	1	155								
K10K12	1	1	1	1	3	4	1	2	1	2	1	1	3	2	1	2	1	1	2	2	1	1	1	1	1	2	1	2	2	1	139								

Tabel rata-rata geometrik untuk perbandingan antara kriteria lokasi proyek (K10) dengan kriteria lainnya pada tanah keras

Perbandingan Kriteria	Benjamin							Wasinda					Waringin					Joshie Aranco				Adhi Kaya				Elika Prana				Data Graha				PP					Rata-rata geometrik
	BG1	BG2	BG3	BG4	BG5	BG6	BG7	WS1	WR1	WR2	WR3	WR4	WR5	JA1	JA2	AK1	AK2	AK3	AK4	EP1	EP2	DG1	DG2	DG3	DG4	PP1	PP2	PP3	PP4	PP5									
K11K12	1	1	1	1/2	1	1	1	2	1	1	2	3	2	3	2	3	1	3	3	2	1	1	1	3	1	1	1	2	2	1	146								

Tabel rata-rata geometrik untuk perbandingan antara alternatif 1 dengan alternatif 2 untuk setiap kriteria pada tanah keras

Kriteria	Benjamin Gideon							Waskita	Waringin					Joshie Arencu				Adhi Karya				Elika Prana				Duta Graha					PP					Rata-rata geometrik
	BG1	BG2	BG3	BG4	BG5	BG6	BG7	WS1	WR1	WR2	WR3	WR4	WR5	JA1	JA2	AK1	AK2	AK3	AK4	EP1	EP2	DG1	DG2	DG3	DG4	PP1	PP2	PP3	PP4	PP5						
Jumlah kebutuhan barang	3	3	3	4	2	3	3	1	8	3	6	5	3	3	4	7	2	10	3	2	3	2	3	2	2	1	1	4	2	1	2.45					
Metode pelaksanaan	3	3	3	3	2	1	1/7	3	5	3	1	1	2	4	3	3	3	3	3	3	3	2	5	2	3	2	3	4	2	4	2.30					
Kondisi tanah	2	3	1	1	4	1	1	1	5	1	4	3	1	4	2	5	2	3	1	1	1	1	3	2	1	3	2	4	2	1	1.85					
Biaya pekerjaan	3	3	1	3	1	1/3	1	3	3	3	4	4	3	4	4	3	3	1/3	1	1	1/2	2	2	1	3	2	3	1/3	1/3	3	1.89					
Lama waktu pekerjaan	1	1	1	1	1	3	1	3	3	2	1/8	1/5	2	4	4	3	1/3	3	3	3	1/5	2	3	2	3	2	1	1/5	1/3	1/3	1.22					
Ketersediaan	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	1/2	4	4	5	3	3	3	3	1	2	1/3	2	1/5	2	3	2	1	1/3	1	1/4	1.33					
Kebutuhan alat	1	1	1	1	1	1	1	3	1/4	3	4	1/7	2	5	3	1/8	4	3	1/5	1/3	1/3	2	1/2	3	1/3	1	1/4	1/3	1/4	1/4	0.85					
Kebutuhan SDM	1	1	1	1	1	1	1	3	1/4	1/4	1/5	1/7	1/4	5	4	1/7	4	3	1/5	1/3	1/3	2	1/2	3	1	1	1/3	1/3	1/5	1/4	0.89					
Kebisingan	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/5	1/5	1/7	1/8	1/9	1/9	1/8	1/6	1/5	1/7	1/7	1/5	1/3	1/7	1/7	1/6	1/5	1/7	1/5	1/6	1/7	1/4	1/6	1/8	1/7	0.18					
Kenyamanan	1	1	1	1	1/3	1/5	1	1/7	1/8	1/9	1/7	1/8	1/5	1/5	1/4	1/7	1/7	1/3	1/8	1/4	1/5	1/5	1/3	1/4	1/3	1/6	1/4	1/3	1/8	1/3	0.26					
Lokasi proyek	1	1	1	1	1/2	1/3	1/7	1/7	1/8	1/9	1/8	1/9	1/5	1	1/3	1/8	1/8	1/5	1/8	1/4	1/4	1/5	1	1/4	1/3	1/6	1/5	1/3	1/8	1/5	0.26					
Jarak lingkungan sekitar	1	1/3	1	1	1	1/3	1/7	1/9	1/8	1/9	1/9	1/9	1/5	1/5	1/3	1/6	1/8	1/5	1/8	1/3	1/6	1/5	1/5	1/4	1/3	1/7	1/2	1/5	1/8	1/5	0.24					

Tabel rata-rata geometrik untuk perbandingan antara kriteria jumlah kebutuhan tiang (K1) dengan kriteria lainnya pada tanah lunak

Perbandingan Kriteria	Benjamin Gideon						Waskita		Waringin					Joshie Arengo				Adhi Karya				Eka Prana		Duta Graha				PP					Rata-rata geometrik
	BG1	BG2	BG3	BG4	BG5	BG6	BG7	WS1	WR1	WR2	WR3	WR4	WR5	JA1	JA2	AK1	AK2	AK3	AK4	EP1	EP2	DG1	DG2	DG3	DG4	PP1	PP2	PP3	PP4	PP5			
K1-K2	1	3	1	1	1	1/2	2	3	3	3	5	4	2	6	4	1	3	2	2	3	1/4	5	4	1/3	6	1	2	3	3	3	2.02		
K1-K3	2	2	2	3	3	1/2	5	3	3	4	3	4	1/3	5	5	3	2	3	2	4	3	3	3	4	4	1	4	1/2	3	1/4	2.29		
K1-K4	1/2	3	1/2	1/2	1	1/3	6	2	3	5	3	4	3	5	5	4	3	4	4	4	3	3	4	4	2	3	3	2	4	2	2.48		
K1-K5	2	3	2	3	1	4	1	3	1	4	3	4	3	6	6	3	5	4	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	2.92		
K1-K6	1	3	1	1	3	3	1	3	1	5	6	3	3	7	5	4	4	3	3	4	3	6	6	4	3	4	3	4	4	3	3.05		
K1-K7	1	3	1	1	3	4	1	3	2	5	5	4	4	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	2	3	4	4	3	4	3.31		
K1-K8	1/2	1	1/2	3	3	5	1	3	2	5	5	4	4	7	6	6	5	6	5	4	6	5	7	7	2	3	3	4	4	4	3.37		
K1-K9	1/2	4	1/2	3	3	1/5	3	5	3	6	5	4	4	6	6	6	6	6	5	3	5	5	6	5	4	4	4	4	4	5	3.48		
K1-K10	1/2	1	1/2	3	3	1/5	3	5	3	5	5	4	4	7	7	7	5	6	5	5	5	5	6	7	3	5	3	5	3	3	3.52		
K1-K11	1/2	6	1/2	3	1	3	1	5	1	5	7	6	5	7	6	6	6	6	6	5	6	7	7	7	5	5	4	5	4	4	3.63		
K1-K12	2	6	2	2	1	1/5	1	5	1	5	6	6	4	7	7	7	5	7	6	5	6	6	6	7	5	5	4	5	5	4	3.77		

Tabel rata-rata geometrik untuk perbandingan antara kriteria metode pelaksanaan (K2) dengan kriteria lainnya pada tanah lunak

Perbandingan Kriteria	Benjamin							Waskita		Waringin					Joshie Arecco				Adhi Karya				Eka Prana				Duta Graha				PP					Rata-rata geometrik
	BG1	BG2	BG3	BG4	BG5	BG6	BG7	WS1	WR1	WR2	WR3	WR4	WR5	JA1	JA2	AK1	AK2	AK3	AK4	EP1	EP2	DG1	DG2	DG3	DG4	PP1	PP2	PP3	PP4	PP5						
K2K3	1/2	1/3	1/2	1/2	4	1	1	1	1	3	3	2	1/4	4	3	4	1/3	4	4	2	4	3	3	4	1/2	1	1	1/3	3	3	1.46					
K2K4	1/2	2	1/2	1/2	1	2	3	2	4	4	4	4	2	4	3	4	3	4	4	4	4	4	3	4	2	3	2	3	3	3	2.50					
K2K5	1	3	1	1	1	4	1	3	1	3	3	2	2	5	5	5	3	5	5	5	5	3	3	5	3	2	1	2	4	5	2.61					
K2K6	1	3	1	1	3	3	1	3	1	6	3	4	3	6	5	4	4	6	4	4	4	3	4	4	3	4	4	2	3	3	2.96					
K2K7	1	1	1	1	3	4	1	3	1	5	4	4	3	5	5	5	3	5	5	5	4	4	4	5	1	3	3	4	4	5	2.92					
K2K8	1	1	1	1	3	5	1	3	1	7	5	4	3	7	5	5	5	7	4	6	4	5	5	5	1	3	3	4	3	5	3.13					
K2K9	1/2	5	1/2	1/2	2	3	3	4	3	6	6	6	3	8	6	6	4	8	4	5	6	6	4	6	5	3	3	3	5	4	3.57					
K2K10	1/2	1	1/2	1/2	2	3	3	4	3	6	5	6	3	7	5	6	6	8	4	3	6	5	6	6	1	3	3	5	3	3	3.14					
K2K11	1/2	5	1/2	1/2	1	4	1	5	1	6	7	6	5	7	6	5	4	8	5	4	5	7	5	3	4	5	4	3	4	4	3.32					
K2K12	1	5	1	1	1	4	1	5	1	7	7	6	5	7	6	5	4	7	5	5	5	7	6	4	3	5	3	4	4	5	3.64					

Tabel rata-rata geometrik untuk perbandingan antara kriteria kondisi tanah (K3) dengan kriteria lainnya pada tanah lunak

Perbandingan Kriteria	Benjmin							Waskita	Waingn					Joshie Arencu				Adhi Kaya				Elika Prana				Duta Graha				PP					Rata-rata geometrik
	BG1	BG2	BG3	BG4	BG5	BG6	BG7	WS1	WR1	WR2	WR3	WR4	WR5	JA1	JA2	AK1	AK2	AK3	AK4	EP1	EP2	DG1	DG2	DG3	DG4	PP1	PP2	PP3	PP4	PP5					
K3K4	1	5	1	3	10	1	14	2	3	2	3	3	3	2	3	4	2	2	2	4	4	3	3	4	3	4	2	3	3	3	2,28				
K3K5	2	3	2	1	10	3	14	2	2	2	2	3	4	2	2	3	3	2	2	4	3	2	2	4	3	4	2	2	3	3	2,16				
K3K6	3	1	2	2	10	3	15	3	3	6	4	4	4	6	4	3	6	6	2	5	4	4	4	3	1	5	4	3	3	3	2,79				
K3K7	3	3	2	2	10	5	15	4	4	6	5	4	3	6	4	7	5	6	5	6	3	5	5	7	3	4	5	3	5	4	3,54				
K3K8	3	1	2	2	10	3	15	4	3	6	4	4	4	6	4	7	5	6	4	6	4	4	4	7	1	4	5	4	4	4	3,13				
K3K9	1	3	1	1	10	1	15	4	2	6	6	5	3	6	7	7	6	6	5	6	5	6	6	7	3	4	4	3	5	5	3,19				
K3K10	1	1	1	1	10	1	15	4	3	6	5	5	4	6	7	6	4	6	3	6	5	5	5	6	1	4	4	4	5	5	2,88				
K3K11	1	6	1	1	10	4	15	3	4	7	6	6	5	7	7	6	5	7	5	7	5	6	6	6	6	6	5	4	4	5	3,78				
K3K12	3	5	3	3	10	4	15	5	2	6	5	6	5	6	7	5	6	6	6	6	5	5	5	6	5	6	5	5	4	5	3,98				

Tabel rata-rata geometrik untuk perbandingan antara kriteria biaya pekerjaan (K4) dengan kriteria lainnya pada tanah lunak

Perbandingan Kriteria	Benjamin							Waskita	Wanngi					Joshie Aranco				Adhi Karya				Eka Prana				Duta Graha				PP					Rata-rata geometrik
	BG1	BG2	BG3	BG4	BG5	BG6	BG7	WS1	WR1	WR2	WR3	WR4	WR5	JA1	JA2	AK1	AK2	AK3	AK4	EP1	EP2	DG1	DG2	DG3	DG4	PP1	PP2	PP3	PP4	PP5					
K4K5	1	1	1	1	1	2	1	1	2	3	1/2	3	1/2	1	2	1	1/2	1/3	1	3	2	1/2	1	1	2	1/2	3	1/3	2	3	1.14				
K4K6	2	3	3	3	3	2	1	3	1	2	1/3	2	2	1	1/2	3	3	1/2	1	1/2	2	1/2	1/3	3	1	3	2	3	2	1	1.47				
K4K7	1	1	2	2	3	3	1	3	1	1	1/2	2	2	1/4	1/2	2	3	1	1	1/2	1/3	1/2	1/3	1	3	3	1	2	1	1/2	1.13				
K4K8	1	1/3	2	2	3	3	1	1	1	1/2	2	1	3	1	2	1	1	2	3	1	1	4	4	1/2	1/3	3	3	4	1	2	1.46				
K4K9	3	5	3	3	4	1	3	2	3	1/2	1/2	1	2	1	1/3	2	1	2	2	1/2	1/2	1	2	2	5	2	2	1/2	3	1/2	1.50				
K4K10	1	1	2	2	4	1	3	2	3	1	1/3	1	2	1/2	1/3	2	1	1	3	1/2	1/2	1	1	1	1	1	1	1/3	3	1/2	1.11				
K4K11	1	5	2	2	4	3	1	1	1	1	2	1	3	1/2	2	1	3	3	1	1	2	1/2	1	2	5	3	2	2	4	4	1.76				
K4K12	1	5	2	2	5	3	1	2	1	1	2	1	3	2	1/2	2	1/2	2	1	1/2	1	1/2	1	1	5	3	1	2	4	3	1.56				



Tabel rata-rata geometrik untuk perbandingan antara kriteria Lama waktu pekerjaan (K5) dengan kriteria lainnya pada tanah lunak

Perbandingan Kriteria	Benjamin						Wasita		Wainigo				Joshie Aranco				Adhi Karya				Eka Prana		Duta Graha				PP					Rata-rata geometrik
	BG1	BG2	BG3	BG4	BG5	BG6	BG7	WS1	WR1	WR2	WR3	WR4	WR5	JA1	JA2	AK1	AK2	AK3	AK4	EP1	EP2	DG1	DG2	DG3	DG4	PP1	PP2	PP3	PP4	PP5		
K5-K6	1	2	2	2	2	1/3	1	1	1	2	2	3	3	2	1	2	1	1	1	1	1	3	2	2	3	2	4	1	2	3	1	1.60
K5-K7	1	2	3	2	2	1	1	1	3	1	2	3	3	1	2	2	2	1	1	2	2	2	1	2	2	3	2	1	3	1	1.68	
K5-K8	2	2	3	2	5	1	1	3	1	1/2	4	3	3	1/2	1	1	1	1	1	1	1	4	1	1	2	2	1	2	3	1	1.52	
K5-K9	2	2	2	3	3	1/3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	2	3	1	3	2	3	2	2	3	1	3	3	2.33
K5-K10	2	2	2	3	3	1/3	3	3	3	2	2	2	4	2	2	2	3	2	2	2	2	2	1	2	2	1	3	1	2	2	1.98	
K5-K11	2	2	2	3	4	1	3	1/3	3	1	1/2	1/2	4	1	1/2	1	1/2	2	2	1/2	2	1/2	1/2	1/2	2	1	1	2	1/2	1/2	1.13	
K5-K12	2	2	3	2	5	1	3	3	3	2	2	2	4	2	2	2	2	2	2	2	1	2	3	2	2	1	1	2	2	2	2.06	

Tabel rata-rata geometrik untuk perbandingan antara kriteria Ketersediaan (K6) dengan kriteria lainnya pada tanah lunak

Perbandingan Kriteria	Benjamin							Wasika					Waringin					Joshie Aranco				Adhi Karya				Eka Prana				Duta Graha				PP					Rata-rata geometrik
	BG1	BG2	BG3	BG4	BG5	BG6	BG7	WS1	WR1	WR2	WR3	WR4	WR5	JA1	JA2	AK1	AK2	AK3	AK4	EP1	EP2	DG1	DG2	DG3	DG4	PP1	PP2	PP3	PP4	PP5									
K6-K7	1	1	2	2	1	1	1	3	3	2	1	2	1	2	2	1	3	3	1	2	1	1	2	2	1	3	1	1	2	1	151								
K6-K8	1	2	1	1	1	1	1	2	1	3	1	2	1	3	1	3	2	1	1	1	1	1	1	1	2	3	1	2	2	1	156								
K6-K9	2	1	2	3	3	1/3	4	1/2	3	3	1/2	1/2	1/3	3	1/2	1	1	3	1	1/2	1	1/2	1/2	1/2	1	2	1/3	1	1/2	1/3	098								
K6-K10	2	1	2	3	4	1/3	4	2	3	2	2	3	2	2	2	3	2	2	2	2	1	2	2	2	1	1	2	1/3	2	2	179								
K6-K11	2	2	1	1	3	1	1	1/2	1	3	1/2	1/3	1	3	1/2	3	1	1	2	1/2	1	1/2	1/2	1/2	2	1	1	2	1/2	1	104								
K6-K12	2	2	2	2	4	1	3	2	3	3	2	3	2	3	2	1	2	1	2	2	1	2	2	2	2	3	2	2	2	1	198								

Tabel rata-rata geometrik untuk perbandingan antara kriteria kebutuhan alat (K7) dengan kriteria lainnya pada tanah lunak

Perbandingan Kriteria	Benjamin							Wasika					Waringin					Joshie Aranco				Adhi Karya				Eka Prana				Duta Graha					PP					Rata-rata geometrik
	BG1	BG2	BG3	BG4	BG5	BG6	BG7	WS1	WR1	WR2	WR3	WR4	WR5	JA1	JA2	AK1	AK2	AK3	AK4	EP1	EP2	DG1	DG2	DG3	DG4	PP1	PP2	PP3	PP4	PP5										
K7-K8	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	2	1	1	2	1	3	2	1	1	2	1	2	1	1	3	1	2	2	2	1	132									
K7-K9	2	2	2	2	2	1	4	2	3	3	1	1	3	3	1	3	2	1	1/3	2	1	1	1	1/2	2	2	1/3	1	2	1	147									
K7-K10	2	3	2	2	2	1	4	1/2	4	2	1/2	1/2	1/2	2	1/2	3	1/2	2	2	1/2	4	1/2	1/2	1/2	3	3	1/2	2	3	1/2	129									
K7-K11	2	2	2	2	2	1	5	2	5	3	2	2	4	3	2	1	2	2	1/3	1	2	2	2	2	2	1	1/3	2	1/2	1	169									
K7-K12	2	2	2	2	2	1	1	3	1	2	1	1	3	2	1	1/2	3	2	1	3	3	3	1	4	2	2	1/2	1/2	2	1	157									

Tabel rata-rata geometrik untuk perbandingan antara kriteria kebutuhan SDM (K8) dengan kriteria lainnya pada tanah lunak

Perbandingan Kriteria	Benjamin							Wasita					Waringin					Jostie Aranco				Adhi Karya				Erika Prana				Duta Graha				PP					Rata-rata geometrik
	BG1	BG2	BG3	BG4	BG5	BG6	BG7	WS1	WR1	WR2	WR3	WR4	WR5	JA1	JA2	AK1	AK2	AK3	AK4	EP1	EP2	DG1	DG2	DG3	DG4	PP1	PP2	PP3	PP4	PP5									
K8-K9	3	2	2	2	3	1/2	7	1	4	2	4	2	3	2	3	3	2	1	2	2	2	2	2	4	2	3	2	1	3	3	2	222							
K8-K10	3	2	2	2	2	1/2	7	1/2	4	1	1	1	1/3	3	2	3	1/2	2	1	2	1	2	1	2	1	3	2	1/2	1/3	1	3	3	145						
K8-K11	2	2	3	2	3	1/2	3	1/2	3	2	1/2	1/2	1/3	2	1/2	1	1/2	3	2	2	2	2	1/2	1/2	1/2	2	1/2	1	3	1/3	1	113							
K8-K12	2	2	3	2	2	1/2	7	2	5	2	2	2	2	2	2	1	4	2	1	2	1	2	1	2	2	2	2	1/3	1	1/3	1/3	162							

Tabel rata-rata geometrik untuk perbandingan antara kriteria kebisingan (K9) dengan kriteria lainnya pada tanah lunak

Perbandingan Kriteria	Benjamin							Wasita					Waringin					Jostie Aranco				Adhi Karya				Erika Prana				Duta Graha				PP					Rata-rata geometrik
	BG1	BG2	BG3	BG4	BG5	BG6	BG7	WS1	WR1	WR2	WR3	WR4	WR5	JA1	JA2	AK1	AK2	AK3	AK4	EP1	EP2	DG1	DG2	DG3	DG4	PP1	PP2	PP3	PP4	PP5									
K9-K10	3	2	2	2	1	1	1	1	1	2	1	2	4	3	1	2	1	3	2	1	1	1	1	2	2	1	1	2	1	1	147								
K9-K11	3	2	2	2	3	3	1/5	3	1/3	2	2	2	3	1/2	2	3	1/3	3	2	3	1/2	3	1/3	4	2	1/2	2	1/3	3	3	151								
K9-K12	3	2	2	2	3	3	1	3	1/3	3	1/3	2	3	1/3	2	2	1	1/2	2	2	2	1	2	2	2	2	1	3	2	2	1	156							

Tabel rata-rata geometrik untuk perbandingan antara kriteria kenyamanan (K10) dengan kriteria lainnya pada tanah lunak

Perbandingan Kriteria	Benjamin						Wasita	Waningin					Jostie Arencu		Adhi Karya				Etika Prana		Duta Graha				PP					Rata-rata geometrik	
	BG1	BG2	BG3	BG4	BG5	BG6	BG7	WS1	WR1	WR2	WR3	WR4	WR5	JA1	JA2	AK1	AK2	AK3	AK4	EP1	EP2	DG1	DG2	DG3	DG4	PP1	PP2	PP3	PP4		PP5
K10-K11	3	2	3	2	2	5	15	12	11	3	2	3	2	2	3	1	3	2	2	1	2	2	3	2	3	13	3	2	2	1	1.73
K10-K12	1	1	1	1	3	4	1	2	3	2	1	3	3	2	1	2	1	1	2	1	3	1	2	1	1	2	2	4	3	1	1.64

Tabel rata-rata geometrik untuk perbandingan antara kriteria lokasi proyek (K11) dengan kriteria lainnya pada tanah lunak

Perbandingan Kriteria	Benjamin						Wasita	Waningin					Jostie Arencu		Adhi Karya				Etika Prana		Duta Graha				PP					Rata-rata geometrik	
	BG1	BG2	BG3	BG4	BG5	BG6	BG7	WS1	WR1	WR2	WR3	WR4	WR5	JA1	JA2	AK1	AK2	AK3	AK4	EP1	EP2	DG1	DG2	DG3	DG4	PP1	PP2	PP3	PP4		PP5
K11-K12	1	1	1	12	1	1	1	2	1	1	2	3	2	3	2	3	1	3	3	1	13	1	13	3	1	2	2	2	1	2	1.36

Tabel rata-rata geometrik untuk perbandingan antara alternatif 1 dengan alternatif 2 untuk setiap kriteria pada tanah lunak

Kriteria	Benjamin Gideon						Waskita	Waringin				Joshie Arenc		Adhi Karya				Elika Prana		Duta Graha				PP					Rata-rata geometrik		
	BG1	BG2	BG3	BG4	BG5	BG6	BG7	WS1	WR1	WR2	WR3	WR4	WR5	JA1	JA2	AK1	AK2	AK3	AK4	EP1	EP2	DG1	DG2	DG3	DG4	PP1	PP2	PP3		PP4	PP5
Jumlah kebutuhan tiang	3	3	3	4	2	3	1	3	6	7	6	6	6	5	5	3	3	5	6	3	5	4	2	5	5	4	3	4	5	6	3.88
Metode pelaksanaan	2	3	3	3	2	1	2	3	6	7	7	7	3	4	5	3	4	3	3	3	3	4	3	2	5	3	5	4	3	2	3.28
Kondisi tanah	3	2	2	2	4	1	1	3	5	6	6	5	6	4	5	3	6	3	7	4	2	4	3	5	5	5	4	4	4	6	3.61
Biaya pekerjaan	3	3	3	1/3	1	1/3	1	3	3	1	4	4	3	3	4	1	2	1	5	1/3	1/2	2	3	1	3	4	5	1/3	1/4	4	1.85
Lama waktu pekerjaan	1	1	1	1	1	3	1	3	3	2	1/3	3	3	3	4	1	3	1	3	2	1/4	2	2	2	3	2	1	1/5	2	3	1.55
Ketersediaan	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1/2	2	3	3	3	2	3	1	1/3	2	1/3	2	1/4	2	3	3	1	1/3	1	1/4	1.17
Kebutuhan alat	1	1	1	1	1	1	1	3	1/3	4	4	1/7	2	3	3	1/7	3	1	1/7	1/3	1/4	2	1/2	3	1/3	1	1/4	1/3	1/4	1/4	0.80
Kebutuhan SDM	1	1	1	1	1	1	1	3	1/5	1/5	1/5	1/7	1/4	3	3	1/7	3	4	1/7	1/3	1/4	2	1/2	3	1/3	1	1/3	1/3	1/5	1/4	0.63
Kebisingan	1/3	1/3	1/3	1/2	1/3	1/5	1/5	1/7	1/9	1/9	1/9	1/8	1/7	1/6	1/7	1/7	1/5	1/5	1/5	1/7	1/6	1/7	1/7	1/4	1/6	1/8	1/4	1/6	1/8	1/7	0.18
Kenyamanan	1	1	1	1	1/3	1/5	1	1/7	1/9	1/9	1/7	1/8	1/5	1/6	1/4	1/7	1/6	1/7	1/4	1/4	1/4	1/5	1/3	1/4	1/3	1/8	1	1/3	1/5	1/3	0.27
Lokasi proyek	1	1	1	1	1/2	1/3	1/7	1/7	1/8	1/9	1/8	1/9	1/5	1/6	1/3	1/8	1/6	1/7	1/5	1/3	1/5	1/5	1/3	1/4	1/3	1/8	1/5	1/3	1/8	1/5	0.24
Jarak lingkungan sekitar	1	1/3	1	1	1	1/3	1/7	1/9	1/8	1/9	1/9	1/9	1/5	1/6	1/3	1/8	1/4	1/7	1/6	1/4	1/6	1/5	1/7	1/4	1/3	1/8	1/2	1/5	1/8	1/5	0.23

KUISIONER

**PENGAMBILAN KEPUTUSAN UNTUK PEMILIHAN PONDASI
TIANG PADA TANAH LUNAK DAN KERAS DENGAN
MENGUNAKAN METODE ANALYTICAL HIERARCHY
PROCESS (AHP)**

Bapak/Ibu yang saya hormati,

Saya adalah mahasiswa dari jurusan Teknik Sipil (S-1) sedang mengadakan penelitian tentang Pengambilan Keputusan untuk Pemilihan Pondasi tiang pada tanah lunak dan keras dengan menggunakan metode Analytical Hierarchy Process (AHP). Saya mohon sebesar-besarnya bantuan Bapak/Ibu untuk berkenan menjawab pertanyaan-pertanyaan di bawah ini sesuai dengan pendapat dan persepsi Bapak/Ibu.

Penelitian yang saya lakukan ini hanyalah merupakan penelitian untuk mengembangkan pengetahuan tentang aplikasi AHP dalam pengambilan keputusan pada proyek konstruksi. Oleh sebab itu, penelitian ini hanya untuk kepentingan tugas akhir saja.

Atas segala kerjasama dan perhatiannya saya sampaikan terima kasih.

Pendahuluan:

Analytical Hierarchy Process (AHP) adalah sebuah model pengambilan keputusan yang luwes yang memberikan kesempatan bagi perorangan atau kelompok untuk membangun gagasan-gagasan dan mendefinisikan persoalan dengan cara membuat asumsi mereka masing-masing dan memperoleh pemecahan yang diinginkan dirinya. Proses ini bergantung pada imajinasi, pengalaman dan pengetahuan untuk menyusun hierarki dan pada logika, intuisi, dan pengalaman untuk memberikan pertimbangan. AHP sangat ampuh untuk menanggulangi berbagai persoalan yang kompleks.

Karakteristik tanah

Tanah memiliki berbagai macam karakteristik tetapi untuk mempermudah klasifikasi maka karakteristik tanah dibedakan menjadi 3 macam, yaitu lunak, sedang, dan keras. Baik itu berupa tanah lempung maupun pasir. Melalui data SPT dapat diketahui karakteristik tanah tersebut seperti yang ditunjukkan pada tabel berikut :

Tabel karakteristik tanah berdasarkan data SPT (J.E.BOWLES,1984)

Cohesionless soil (pasir)					
N (blows)	0-3	4-10	11-30	31-50	> 50
	Sangat lunak	Lunak	Sedang	Keras	Sangat Keras

Cohesive soil (lempung)					
N (blows)	0-3	4-6	6-15	16-25	> 25
	Sangat lunak	Lunak	Sedang	Keras	Sangat Keras

Biodata responden

Nama : ERLAN PUDDIAUTO

Umur : 36 tahun

Jabatan : STRUCTUR ENGINEER

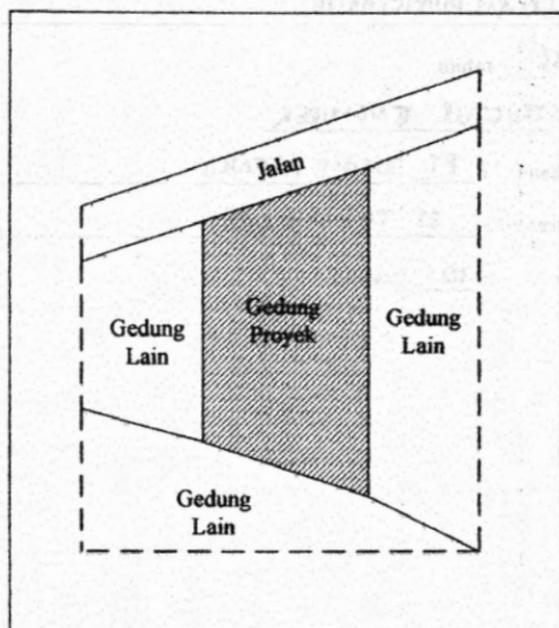
Nama perusahaan : PT JUSHIE ARENCO

Pendidikan terakhir : S1 TEKNIK SIPIL

Lama bekerja : 10 tahun

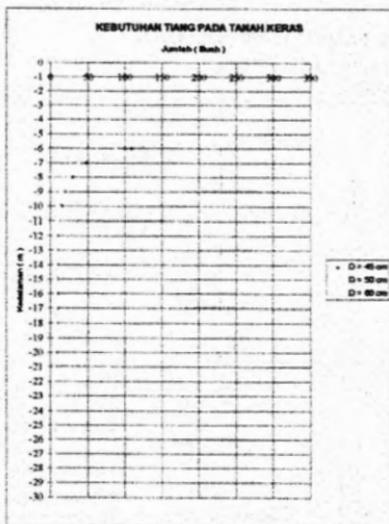
DATA PROYEK

Gambar Layout Proyek

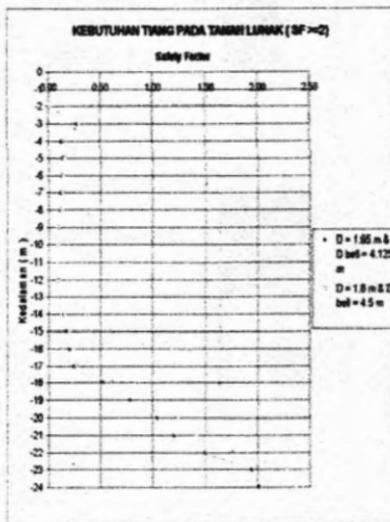
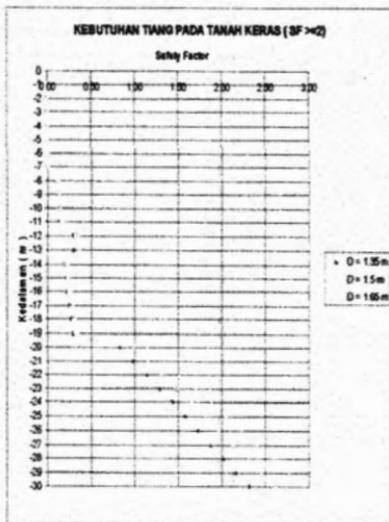


JUMLAH KEBUTUHAN TIANG

TIANG PANCANG



TIANG BOR




LABORATORIUM MEKANIKA TANAH DAN BATUAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN FTSP-ITS

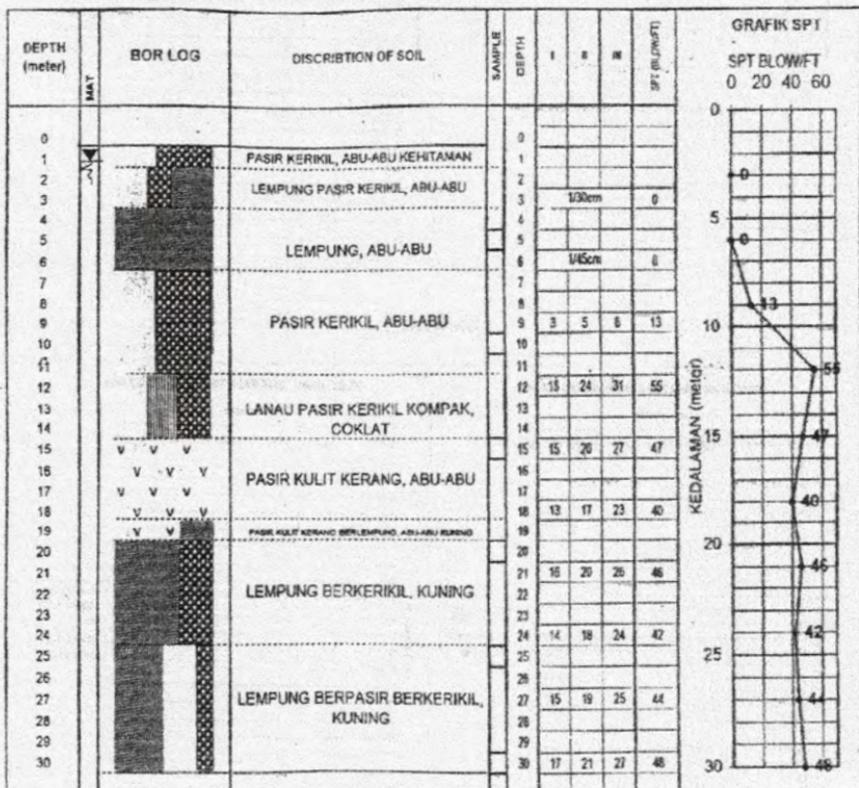
135

Kampus ITS, Keputih Sukolilo Surabaya, 60111, Telp. (031) 5994251-55 psw. 1140 Telp/Fax. (031) 5928601, e-mail: ts@labsoil@itscm.net

 KLIEN : PIMPJTA
 PROYEK : PEMB. GEDUNG STUDENT CENTRE ITS
 LOKASI : RESEARCH CENTRE ITS
 TITIK BOR No. : 9H

 TANGGAL : 21 - 25 April 2004
 MASTER BOR : Miran
 ELEVASI : +0.00 MUKA TANAH

LEGEND PASIR LEMPUNG LANAU KERIKIL KULIT KERANG UNDISURSED SAMPLE CADAS/BATU MAT



Petunjuk pengisian:

Untuk menentukan skala prioritas dalam pemilihan jenis pondasi tiang, apakah yang menurut anda lebih diutamakan berdasarkan kriteria-kriteria dibawah ini. Kriteria ini sengaja dibuat berdampingan untuk memudahkan dalam memilih diantara keduanya dengan pilihan angka 1-9 menurut pendapat anda adalah yang paling tepat dengan arti penilaian sebagai berikut :

Nilai	Keterangan
1	Kedua elemen sama pentingnya
3	Elemen yang satu sedikit lebih penting daripada elemen lainnya
5	Elemen yang satu lebih penting daripada elemen lainnya
7	Satu elemen jelas lebih mutlak penting daripada elemen lainnya
9	Satu elemen mutlak penting daripada elemen lainnya
2,4,6,8	Nilai-nilai antara dua nilai pertimbangan yang berdekatan

Contoh pengisian :

Manakah yang jumlah penumpangnya lebih banyak setiap tahunnya :

Cengkareng lebih banyak ← sama banyaknya → Juanda lebih banyak

Cengkareng	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Juanda
------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	--------

Hal ini berarti bahwa Cengkareng memiliki jumlah penumpang per tahun jelas lebih banyak daripada Juanda. (berdasarkan dari persepsi responden)

Apabila terdapat pertanyaan yang kurang jelas mengenai kuisioner dapat menghubungi Surveyor yaitu :

Nama : Achmad Soelistianto

Telepon/Hp :031-5991833 / 08121615896

Tanah Lunak

PERTANYAAN

1. Berikan penilaian anda berdasarkan kriteria berikut, manakah yang menurut anda lebih penting dalam pemilihan jenis pondasi pada proyek ini dengan berdasarkan data SPT yaitu berupa tanah lunak.

Kebutuhan tiang	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Metode pelaksanaan
Kebutuhan tiang	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kondisi Tanah
Kebutuhan tiang	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Biaya pekerjaan
Kebutuhan tiang	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Lama pengerjaan
Kebutuhan tiang	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Ketersediaan
Kebutuhan tiang	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kebutuhan alat
Kebutuhan tiang	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kebutuhan SDM
Kebutuhan tiang	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kebisingan
Kebutuhan tiang	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kenyamanan
Kebutuhan tiang	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Lokasi proyek
Kebutuhan tiang	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Jarak lingkungan sekitar

Metode pelaksanaan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kondisi Tanah
Metode pelaksanaan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Biaya pekerjaan
Metode pelaksanaan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Lama pengerjaan
Metode pelaksanaan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Ketersediaan
Metode pelaksanaan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kebutuhan alat
Metode pelaksanaan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kebutuhan SDM
Metode pelaksanaan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kebisingan
Metode pelaksanaan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kenyamanan
Metode	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Lokasi

Metode pelaksanaan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Jarak lingkungan sekitar
--------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	--------------------------

Kondisi Tanah	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Biaya pekerjaan
Kondisi Tanah	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Lama pengerjaan
Kondisi Tanah	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Ketersediaan
Kondisi Tanah	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kebutuhan alat
Kondisi Tanah	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kebutuhan SDM
Kondisi Tanah	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kebisingan
Kondisi Tanah	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kenyamanan
Kondisi Tanah	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Lokasi proyek
Kondisi Tanah	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Jarak lingkungan sekitar

Biaya pekerjaan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Lama pengerjaan
Biaya pekerjaan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Ketersediaan
Biaya pekerjaan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kebutuhan alat
Biaya pekerjaan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kebutuhan SDM
Biaya pekerjaan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kebisingan
Biaya pekerjaan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kenyamanan
Biaya pekerjaan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Lokasi proyek
Biaya pekerjaan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Jarak lingkungan sekitar

Lama pengerjaan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Ketersediaan
Lama pengerjaan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kebutuhan alat
Lama pengerjaan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kebutuhan SDM

Lama pengerjaan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kebisingan
Lama pengerjaan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kenyamanan
Lama pengerjaan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Lokasi proyek
Lama pengerjaan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Jarak lingkungan sekitar

Ketersediaan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kebutuhan alat
Ketersediaan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kebutuhan SDM
Ketersediaan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kebisingan
Ketersediaan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kenyamanan
Ketersediaan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Lokasi proyek
Ketersediaan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Jarak lingkungan sekitar

Kebutuhan alat	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kebutuhan SDM
Kebutuhan alat	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kebisingan
Kebutuhan alat	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kenyamanan
Kebutuhan alat	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Lokasi proyek
Kebutuhan alat	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Jarak lingkungan sekitar

Kebutuhan SDM	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kebisingan
Kebutuhan SDM	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kenyamanan
Kebutuhan SDM	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Lokasi proyek
Kebutuhan SDM	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Jarak lingkungan sekitar

Kebisingan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kenyamanan
Kebisingan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Lokasi proyek
Kebisingan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Jarak lingkungan sekitar

Kenyamanan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Lokasi proyek
Kenyamanan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Jarak lingkungan sekitar

Lokasi proyek	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Jarak lingkungan sekitar
---------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	--------------------------

2. Berikut ini adalah jenis pondasi yang digunakan sebagai alternatif desain :

Alternatif 1 : Tiang Pancang Beton Pratekan

Alternatif 2 : Tiang Bor Beton

Pada tanah Lunak..

Menurut anda alternatif pondasi yang manakah yang cocok untuk proyek ini berdasarkan kriteria **Kebutuhan tiang**

Alternatif 1 TIANG PANCANG	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alternatif 2 TIANG BOR
----------------------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---------------------------

Menurut anda alternatif pondasi yang manakah yang cocok untuk proyek ini berdasarkan kriteria **Metode Pelaksanaan**

Alternatif 1 TIANG PANCANG	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alternatif 2 TIANG BOR
----------------------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---------------------------

Menurut anda alternatif pondasi yang manakah yang cocok untuk proyek ini berdasarkan kriteria **Kondisi Tanah**

Alternatif 1 TIANG PANCANG	9	8	7	6	5	4	3	2	<input checked="" type="radio"/>	2	3	4	5	6	7	8	9	Alternatif 2 TIANG BOR
----------------------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	----------------------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---------------------------

Menurut anda alternatif pondasi yang manakah yang cocok untuk proyek ini berdasarkan kriteria **Biaya Pekerjaan**

Alternatif 1 TIANG PANCANG	9	8	7	6	5	4	<input checked="" type="radio"/>	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alternatif 2 TIANG BOR
----------------------------------	---	---	---	---	---	---	----------------------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---------------------------

Menurut anda alternatif pondasi yang manakah yang cocok untuk proyek ini berdasarkan kriteria **Lama Pekerjaan**

Alternatif 1 TIANG PANCANG	9	8	7	6	5	<input checked="" type="radio"/>	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alternatif 2 TIANG BOR
----------------------------------	---	---	---	---	---	----------------------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---------------------------

Menurut anda alternatif pondasi yang manakah yang cocok untuk proyek ini berdasarkan kriteria **Ketersediaan**

Alternatif 1 TIANG PANCANG	9	8	7	6	5	<input checked="" type="radio"/>	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alternatif 2 TIANG BOR
----------------------------------	---	---	---	---	---	----------------------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---------------------------

Menurut anda alternatif pondasi yang manakah yang cocok untuk proyek ini berdasarkan kriteria **Kebutuhan alat**

Alternatif 1 TIANG PANCANG	9	8	7	6	<input checked="" type="radio"/>	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alternatif 2 TIANG BOR
----------------------------------	---	---	---	---	----------------------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---------------------------

Menurut anda alternatif pondasi yang manakah yang cocok untuk proyek ini berdasarkan kriteria **Kebutuhan SDM**

Alternatif 1 TIANG PANCANG	9	8	7	6	5	<input checked="" type="radio"/>	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alternatif 2 TIANG BOR
----------------------------------	---	---	---	---	---	----------------------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---------------------------

Menurut anda alternatif pondasi yang manakah yang cocok untuk proyek ini berdasarkan kriteria **Kebisingan**

Alternatif 1 TIANG PANCANG	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alternatif 2 TIANG BOR
----------------------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---------------------------

Menurut anda alternatif pondasi yang manakah yang cocok untuk proyek ini berdasarkan kriteria **Kenyamanan**

Alternatif 1 TIANG PANCANG	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alternatif 2 TIANG BOR
----------------------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---------------------------

Menurut anda alternatif pondasi yang manakah yang cocok untuk proyek ini berdasarkan kriteria **Lokasi Proyek**

Alternatif 1 TIANG PANCANG	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alternatif 2 TIANG BOR
----------------------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---------------------------

Menurut anda alternatif pondasi yang manakah yang cocok untuk proyek ini berdasarkan kriteria **Jarak lingkungan sekitar**

Alternatif 1 TIANG PANCANG	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alternatif 2 TIANG BOR
----------------------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---------------------------

Tanah Keras

PERTANYAAN

3. Berikan penilaian anda berdasarkan kriteria berikut. manakah yang menurut anda lebih penting dalam pemilihan jenis pondasi pada proyek ini dengan berdasarkan data SPI yaitu berupa tanah keras.

Kebutuhan tiang	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Metode pelaksanaan
Kebutuhan tiang	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kondisi Tanah
Kebutuhan tiang	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Biaya pekerjaan
Kebutuhan tiang	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Lama pengerjaan
Kebutuhan tiang	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Ketersediaan
Kebutuhan tiang	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kebutuhan alat
Kebutuhan tiang	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kebutuhan SDM
Kebutuhan tiang	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kebisingan
Kebutuhan tiang	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kenyamanan
Kebutuhan tiang	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Lokasi proyek
Kebutuhan tiang	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Jarak lingkungan sekitar

Metode pelaksanaan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kondisi Tanah
Metode pelaksanaan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Biaya pekerjaan
Metode pelaksanaan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Lama pengerjaan
Metode pelaksanaan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Ketersediaan
Metode pelaksanaan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kebutuhan alat
Metode pelaksanaan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kebutuhan SDM
Metode pelaksanaan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kebisingan
Metode pelaksanaan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kenyamanan
Metode pelaksanaan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Lokasi proyek

Metode pelaksanaan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Jarak lingkungan sekitar
--------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	--------------------------

Kondisi Tanah	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Biaya pekerjaan
Kondisi Tanah	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Lama pengerjaan
Kondisi Tanah	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Ketersediaan
Kondisi Tanah	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kebutuhan alat
Kondisi Tanah	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kebutuhan SDM
Kondisi Tanah	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kebisingan
Kondisi Tanah	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kenyamanan
Kondisi Tanah	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Lokasi proyek
Kondisi Tanah	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Jarak lingkungan sekitar

Biaya pekerjaan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Lama pengerjaan
Biaya pekerjaan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Ketersediaan
Biaya pekerjaan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kebutuhan alat
Biaya pekerjaan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kebutuhan SDM
Biaya pekerjaan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kebisingan
Biaya pekerjaan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kenyamanan
Biaya pekerjaan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Lokasi proyek
Biaya pekerjaan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Jarak lingkungan sekitar

Lama pengerjaan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Ketersediaan
Lama pengerjaan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kebutuhan alat
Lama pengerjaan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kebutuhan SDM

Lama pengerjaan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kebisingan
Lama pengerjaan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kenyamanan
Lama pengerjaan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Lokasi proyek
Lama pengerjaan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Jarak lingkungan sekitar

Ketersediaan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kebutuhan alat
Ketersediaan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kebutuhan SDM
Ketersediaan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kebisingan
Ketersediaan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kenyamanan
Ketersediaan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Lokasi proyek
Ketersediaan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Jarak lingkungan sekitar

Kebutuhan alat	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kebutuhan SDM
Kebutuhan alat	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kebisingan
Kebutuhan alat	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kenyamanan
Kebutuhan alat	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Lokasi proyek
Kebutuhan alat	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Jarak lingkungan sekitar

Kebutuhan SDM	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kebisingan
Kebutuhan SDM	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kenyamanan
Kebutuhan SDM	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Lokasi proyek
Kebutuhan SDM	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Jarak lingkungan sekitar

Kebisingan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kenyamanan
Kebisingan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Lokasi proyek
Kebisingan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Jarak lingkungan sekitar

Kenyamanan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Lokasi proyek
Kenyamanan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Jarak lingkungan sekitar

Lokasi proyek	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Jarak lingkungan sekitar
---------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	--------------------------

4. Berikut ini adalah jenis pondasi yang digunakan sebagai alternatif desain :

Alternatif 1 : Tiang Pancang Beton Pratekan

Alternatif 2 : Tiang Bor Beton

Pada tanah Keras..

Menurut anda alternatif pondasi yang manakah yang cocok untuk proyek ini berdasarkan kriteria **Kebutuhan tiang**

Alternatif 1 TIANG PANCANG	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alternatif 2 TIANG BOR
----------------------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---------------------------

Menurut anda alternatif pondasi yang manakah yang cocok untuk proyek ini berdasarkan kriteria **Metode Pelaksanaan**

Alternatif 1 TIANG PANCANG	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alternatif 2 TIANG BOR
----------------------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---------------------------

Menurut anda alternatif pondasi yang manakah yang cocok untuk proyek ini berdasarkan kriteria **Kondisi Tanah**

Alternatif 1 TIANG PANCANG	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alternatif 2 TIANG BOR
----------------------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---------------------------

Menurut anda alternatif pondasi yang manakah yang cocok untuk proyek ini berdasarkan kriteria **Biaya Pekerjaan**

Alternatif 1 TIANG PANCANG	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alternatif 2 TIANG BOR
----------------------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---------------------------

Menurut anda alternatif pondasi yang manakah yang cocok untuk proyek ini berdasarkan kriteria **Lama Pengerjaan**

Alternatif 1 TIANG PANCANG	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alternatif 2 TIANG BOR
----------------------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---------------------------

Menurut anda alternatif pondasi yang manakah yang cocok untuk proyek ini berdasarkan kriteria **Ketersediaan**

Alternatif 1 TIANG PANCANG	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alternatif 2 TIANG BOR
----------------------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---------------------------

Menurut anda alternatif pondasi yang manakah yang cocok untuk proyek ini berdasarkan kriteria **Kebutuhan alat**

Alternatif 1 TIANG PANCANG	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alternatif 2 TIANG BOR
----------------------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---------------------------

Menurut anda alternatif pondasi yang manakah yang cocok untuk proyek ini berdasarkan kriteria **Kebutuhan SDM**

Alternatif 1 TIANG PANCANG	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alternatif 2 TIANG BOR
----------------------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---------------------------

Menurut anda alternatif pondasi yang manakah yang cocok untuk proyek ini berdasarkan kriteria **Kebisingan**

Alternatif 1 TIANG PANCANG	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alternatif 2 TIANG BOR
----------------------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---------------------------

Menurut anda alternatif pondasi yang manakah yang cocok untuk proyek ini berdasarkan kriteria **Kenyamanan**

Alternatif 1 TIANG PANCANG	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alternatif 2 TIANG BOR
----------------------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---------------------------

Menurut anda alternatif pondasi yang manakah yang cocok untuk proyek ini berdasarkan kriteria **Lokasi Proyek**

Alternatif 1 TIANG PANCANG	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alternatif 2 TIANG BOR
----------------------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---------------------------

Menurut anda alternatif pondasi yang manakah yang cocok untuk proyek ini berdasarkan kriteria **Jarak lingkungan sekitar**

Alternatif 1 TIANG PANCANG	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alternatif 2 TIANG BOR
----------------------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---------------------------

Tingkat 1 :
Fokus

Pondasi paling sesuai proyek HTC pada tanah keras

Tingkat 2 :
Kriteria

Teknis
(0.471)

Ekonomi
(0.333)

Sosial
(0.109)

Lingkungan
(0.087)

Tingkat 3 :
Sub kriteria

Jumlah
kebutuhan
tiang
(0.184)

Metode
pelaksanaan
(0.147)

Kondisi tanah
(0.140)

Biaya
pekerjaan
(0.071)

Lama waktu
pekerjaan
(0.083)

Ketersediaan
(0.065)

Kebutuhan
alat
(0.058)

Kebutuhan
SDM
(0.056)

Kebisingan
(0.056)

Kenyamanan
(0.053)

Lokasi proyek
(0.047)

Jarak dengan
lingkungan
sekitar
(0.040)

Tingkat 4 :
Alternatif

Tiang
Pancang
(0.539)

Tiang Bor
(0.461)

Gambar hierarki dan pembobotan pondasi paling sesuai pada tanah keras

Tingkat 1 :
Fokus

Pondasi paling sesuai proyek HTC pada tanah lunak

Tingkat 2 :
Kriteria

Teknis
(0.500)

Ekonomi
(0.321)

Sosial
(0.096)

Lingkungan
(0.080)

Tingkat 3 :
Sub kriteria

Jumlah
utuhan
iang
(1.197)

Metode
pelaksanaan
(0.156)

Kondisi tanah
(0.147)

Biaya
pekerjaan
(0.070)

Lama waktu
pekerjaan
(0.077)

Ketersediaan
(0.061)

Kebutuhan
alat
(0.057)

Kebutuhan
SDM
(0.056)

Kebisingan
(0.049)

Kenyamanan
(0.049)

Lokasi proyek
(0.044)

Jarak dengan
lingkungan
sekitar
(0.036)

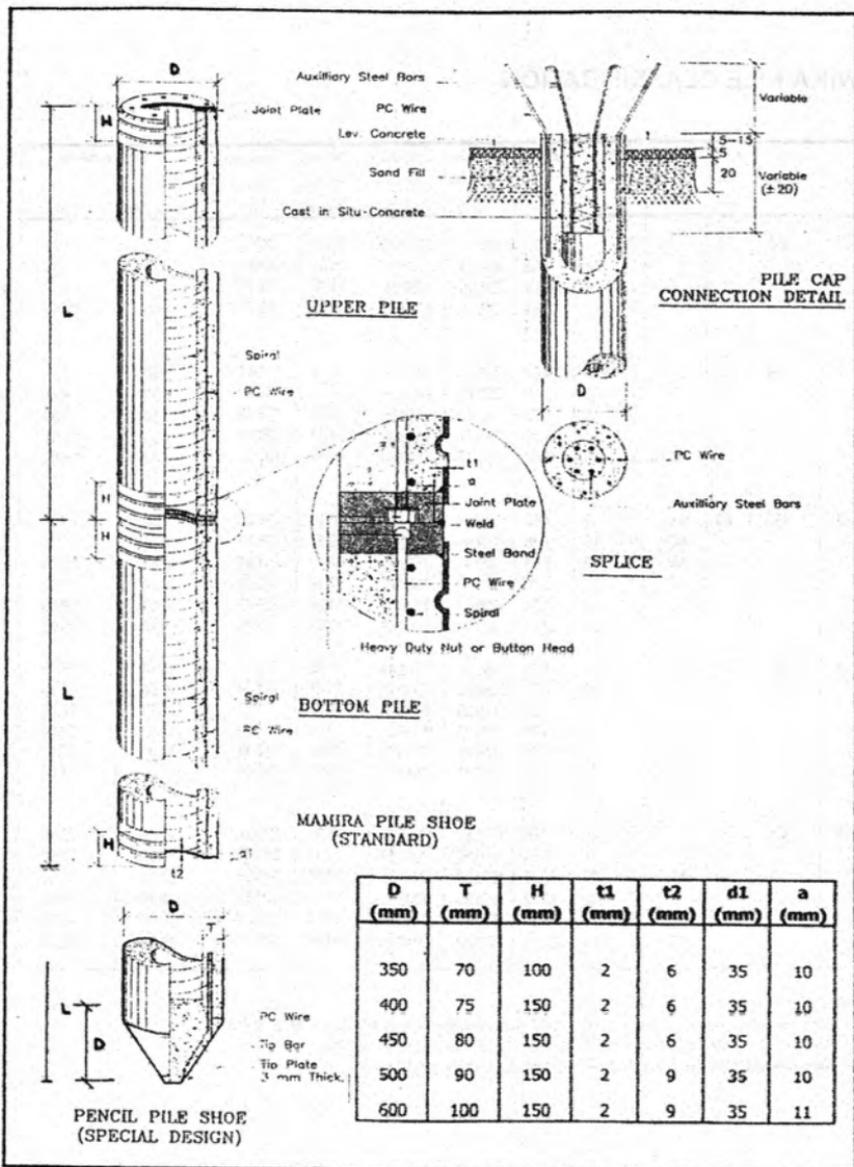
Tingkat 4 :
Alternatif

Tiang
Pancang
(0.595)

Tiang Bor
(0.405)

Gambar hierarki dan pembobotan pondasi paling sesuai pada tanah lunak

PILE HEAD, SPLICE & SHOE



WIKI PILE CLASSIFICATION

No.	Pile Diameter (mm)	Thick (mm)	Class	PC Wire		Area of Steel (cm ²)	Area of Concrete (cm ²)	Section Modulus (cm ³)	Effective Prestress (Kg/cm ²)	Allowable Axial (T)	Bending Moment				
				D(mm)	Numb						Crack (Tm)	Ult (Tm)			
1	350	70	A1	7	8	3.08	615.75	3711.17	46.74	92.15	3.50	5.25			
			A3	7	12	4.62	615.75	3734.91	66.67	88.89	4.20	6.30			
			B	7	16	6.16	615.75	3758.65	84.46	85.97	5.00	9.00			
			C	9	12	7.63	615.75	3781.43	100.95	83.26	6.00	12.00			
2	400	75	A2	7	12	4.62	765.77	5405.79	55.25	112.87	5.50	8.25			
			A3	7	16	6.16	765.77	5432.93	70.73	109.71	6.50	9.75			
			B	9	12	7.63	765.77	5458.95	80.16	107.79	7.50	13.50			
				7	20	7.70	765.77	5460.06	84.84	106.83	7.50	13.50			
			C	9	16	10.18	765.77	5503.81	105.53	102.62	9.00	18.00			
3	450	80	A1	7	12	4.62	929.91	7499.79	46.49	139.23	7.50	11.25			
			A2	7	16	6.16	929.91	7532.03	59.97	135.90	8.50	12.75			
			A3	9	12	7.63	929.91	7562.96	67.46	134.04	10.00	15.00			
				7	20	7.70	929.91	7564.27	72.49	132.79	10.00	15.00			
			B	7	24	9.24	929.91	7596.51	84.08	129.92	11.00	19.80			
				9	20	12.72	929.91	7669.56	108.62	123.85	12.50	25.00			
			4	500	90	A1	7	16	6.16	1159.25	10362.44	49.45	172.66	10.50	15.75
						A2	7	20	7.70	1159.25	10399.83	60.19	169.34	12.50	18.75
9	12	7.63					1159.25	10398.31	56.02	170.63	12.50	18.75			
A3	7	24				9.24	1159.25	10437.22	70.32	166.21	14.00	21.00			
	7	28				10.78	1159.25	10474.61	80.48	163.08	15.00	27.00			
B	9	24				15.27	1159.25	10583.74	104.56	155.64	17.00	34.00			
5	600	100				A1	7	20	7.70	1570.80	17255.62	46.00	235.40	17.00	25.50
			A2	7	24	9.24	1570.80	17303.38	54.13	232.00	19.00	28.50			
				9	20	12.72	1570.80	17411.58	66.82	226.69	22.00	33.00			
			A3	7	32	12.32	1570.80	17398.90	69.38	225.62	22.00	33.00			
				9	24	15.27	1570.80	17490.53	80.13	221.12	25.00	45.00			
			B	9	32	20.36	1570.80	17648.44	102.89	211.60	29.00	58.00			

Notes :

1. Piles generally comply to JIS A 5335 - 1987 and modified to suit ACI 543 - 1979 & P.B.I 71
2. Specified Concrete cube Compressive strength is 600 Kg/cm² at 28 days.
3. Allowable axial load is applicable to pile acting as a short strut

Tabel Rekapitulasi Perhitungan Tiang Pancang diameter 45 cm tiap Kedalaman pada Tanah Keras

Depth (m)	N (blow/ft)	N_{cor}	N_p	Q_p (ton)	N_s	Q_s (ton)	Q_{ult} (ton)	P_{ijin} SF=2	N (buah)
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
5	0.00	0.00	1.05	6.69	0.00	0.00	6.69	3.35	300
6	0.00	0.00	2.93	18.64	0.00	0.00	18.64	9.32	108
7	4.33	6.31	6.53	41.52	0.90	1.78	43.30	21.65	48
8	8.67	11.27	10.24	65.17	2.20	4.97	70.14	35.07	30
9	13.00	15.27	14.99	95.38	3.65	9.29	104.67	52.34	15
10	27.00	17.34	19.65	125.03	4.18	11.83	136.86	68.43	12
11	41.00	24.50	23.98	152.52	6.79	21.12	173.64	86.82	10
12	55.00	32.20	27.37	174.13	8.91	30.22	204.35	102.18	10
13	52.33	30.04	28.45	180.98	10.53	38.72	219.70	109.85	10
14	49.67	27.95	28.05	178.47	11.78	46.62	225.09	112.54	10
15	47.00	25.96	26.11	166.13	12.72	53.96	220.08	110.04	10
16	44.67	24.22	24.31	154.62	13.44	60.81	215.43	107.71	10
17	42.33	22.55	22.97	146.12	13.98	67.18	213.30	106.65	10
18	40.00	20.93	24.56	156.22	14.36	73.10	229.32	114.66	9
19	42.00	21.60	27.00	171.75	14.74	79.21	250.95	125.48	8
20	44.00	37.11	31.91	202.98	15.86	89.70	292.68	146.34	8
21	46.00	38.19	34.41	218.91	16.93	100.50	319.40	159.70	8
22	44.67	36.50	36.08	229.51	17.82	110.82	340.33	170.16	6
23	43.33	34.87	35.18	223.77	18.56	120.68	344.45	172.22	6
24	42.00	33.29	34.11	216.98	19.17	130.09	347.07	173.53	6
25	42.67	33.33	33.60	213.72	19.74	139.51	353.23	176.62	6
26	43.33	33.36	33.44	212.75	20.26	148.94	361.69	180.85	6
27	44.00	33.39	33.64	214.03	20.75	158.39	372.41	186.21	6
28	45.33	33.92	34.01	216.37	21.22	167.98	384.35	192.17	6
29	46.67	34.47	34.20	217.55	21.67	177.72	395.28	197.64	6
30	48.00	35.01	34.47	219.27	22.12	187.62	406.89	203.44	6

Tabel Rekapitulasi Perhitungan Tiang Pancang diameter 50 cm tiap Kedalaman pada Tanah Keras

Depth (m)	N (blow/ft)	N _{corr}	N _p	Q _p (ton)	N _s	Q _s (ton)	Q _{ult} (ton)	P _{ijin} SF=2	N (buah)
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
5	0.00	0.00	1.05	8.26	0.00	0.00	8.26	4.13	242
6	0.00	0.00	2.93	23.01	0.00	0.00	23.01	11.51	88
7	4.33	6.31	6.53	51.26	0.90	1.98	53.24	26.62	38
8	8.67	11.27	10.24	80.45	2.20	5.52	85.97	42.99	24
9	13.00	15.27	14.99	117.76	3.65	10.32	128.08	64.04	16
10	27.00	17.34	19.65	154.36	4.18	13.14	167.50	83.75	12
11	41.00	24.50	23.98	188.30	6.79	23.46	211.76	105.88	10
12	55.00	32.20	27.37	214.96	8.91	33.59	248.55	124.28	9
13	52.33	30.04	28.45	223.43	10.53	43.02	266.45	133.23	8
14	49.67	27.95	28.05	220.33	11.78	51.80	272.13	136.06	8
15	47.00	25.96	26.11	205.09	12.72	59.95	265.05	132.52	8
16	44.67	24.22	24.31	190.89	13.44	67.56	258.45	129.23	8
17	42.33	22.55	22.97	180.39	13.98	74.65	255.04	127.52	8
18	40.00	20.93	24.56	192.87	14.36	81.22	274.09	137.05	8
19	42.00	21.60	27.00	212.03	14.74	88.01	300.04	150.02	8
20	44.00	37.11	31.91	250.59	15.86	99.67	350.26	175.13	6
21	46.00	38.19	34.41	270.26	16.93	111.67	381.92	190.96	6
22	44.67	36.50	36.08	283.35	17.82	123.13	406.48	203.24	5
23	43.33	34.87	35.18	276.26	18.56	134.09	410.35	205.18	5
24	42.00	33.29	34.11	267.87	19.17	144.55	412.42	206.21	5
25	42.67	33.33	33.60	263.86	19.74	155.02	418.87	209.44	5
26	43.33	33.36	33.44	262.65	20.26	165.50	428.15	214.07	5
27	44.00	33.39	33.64	264.23	20.75	175.99	440.22	220.11	5
28	45.33	33.92	34.01	267.13	21.22	186.64	453.77	226.89	5
29	46.67	34.47	34.20	268.59	21.67	197.47	466.06	233.03	5
30	48.00	35.01	34.47	270.70	22.12	208.47	479.17	239.59	5

Tabel Rekapitulasi Perhitungan Tiang Pancang diameter 60 cm tiap Kedalaman pada Tanah Keras

Depth (m)	N (blow/ft)	N _{corr}	N _p	Q _p (ton)	N _s	Q _s (ton)	Q _{ult} (ton)	P _{gs} SF=2	N (buah)
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
5	0.00	0.00	1.05	11.89	0.00	0.00	11.89	5.95	168
6	0.00	0.00	2.93	33.14	0.00	0.00	33.14	16.57	62
7	4.33	6.31	6.53	73.81	0.90	2.38	76.19	38.10	27
8	8.67	11.27	10.24	115.85	2.20	6.63	122.48	61.24	18
9	13.00	15.27	14.99	169.57	3.65	12.38	181.95	90.98	12
10	27.00	17.34	19.65	222.27	4.18	15.77	238.05	119.02	19
11	41.00	24.50	23.98	271.15	6.79	28.16	299.31	149.65	8
12	55.00	32.20	27.37	309.57	8.91	40.30	349.86	174.93	6
13	52.33	30.04	28.45	321.74	10.53	51.62	373.37	186.68	6
14	49.67	27.95	28.05	317.28	11.78	62.16	379.44	189.72	6
15	47.00	25.96	26.11	295.33	12.72	71.95	367.28	183.64	6
16	44.67	24.22	24.31	274.88	13.44	81.08	355.96	177.98	6
17	42.33	22.55	22.97	259.77	13.98	89.58	349.34	174.67	6
18	40.00	20.93	24.56	277.73	14.36	97.47	375.20	187.60	6
19	42.00	21.60	27.00	305.32	14.74	105.61	410.94	205.47	5
20	44.00	37.11	31.91	360.86	15.86	119.60	480.46	240.23	5
21	46.00	38.19	34.41	389.17	16.93	134.00	523.17	261.58	4
22	44.67	36.50	36.08	408.02	17.82	147.76	555.78	277.89	4
23	43.33	34.87	35.18	397.82	18.56	160.91	558.73	279.36	4
24	42.00	33.29	34.11	385.74	19.17	173.46	559.19	279.60	4
25	42.67	33.33	33.60	379.95	19.74	186.02	565.97	282.99	4
26	43.33	33.36	33.44	378.22	20.26	198.60	576.82	288.41	4
27	44.00	33.39	33.64	380.50	20.75	211.19	591.68	295.84	4
28	45.33	33.92	34.01	384.66	21.22	223.98	608.64	304.32	4
29	46.67	34.47	34.20	386.76	21.67	236.97	623.74	311.87	4
30	48.00	35.01	34.47	389.81	22.12	250.17	639.98	319.99	4

Tabel Rekapitulasi Perhitungan Tiang Pancang diameter 45 cm tiap Kedalaman pada Tanah Lunak

Depth (m)	N (blow/ft)	N_{cor}	N_p	Q_p (ton)	N_s	Q_s (ton)	Q_{ult} (ton)	P_{gm} SF=2	N (buah)
1	1.00	4.27	7.55	48.02	4.27	1.21	49.22	24.61	42
2	2.00	6.04	7.44	47.32	5.16	2.92	50.24	25.12	40
3	5.00	12.33	7.55	48.01	7.55	6.40	54.41	27.20	38
4	3.33	7.11	5.96	37.94	7.44	8.41	46.36	23.18	44
5	1.67	3.19	4.30	27.38	6.59	9.31	36.69	18.35	55
6	0.00	0.00	1.72	10.92	5.49	9.31	20.24	10.12	100
7	0.00	0.00	0.53	3.38	4.71	9.31	12.70	6.35	158
8	0.00	0.00	0.00	0.00	4.12	9.31	9.31	4.66	215
9	0.00	0.00	0.00	0.00	3.66	9.31	9.31	4.66	215
10	0.00	0.00	0.00	0.00	3.29	9.31	9.31	4.66	215
11	0.00	0.00	0.06	0.36	3.00	9.31	9.68	4.84	208
12	0.00	0.00	0.17	1.08	2.75	9.31	10.39	5.20	192
13	0.33	0.34	0.39	2.47	2.56	9.41	11.88	5.94	168
14	0.67	0.67	0.63	4.02	2.43	9.60	13.62	6.81	148
15	1.00	0.97	0.91	5.80	2.33	9.88	15.67	7.84	128
16	1.33	1.13	1.15	7.31	2.25	10.20	17.51	8.75	114
17	1.67	1.38	1.51	9.62	2.20	10.59	20.21	10.10	99
18	2.00	1.61	1.98	12.61	2.17	11.04	23.65	11.83	85
19	3.33	2.60	2.70	17.20	2.19	11.78	28.97	14.49	70
20	4.67	3.56	4.65	29.59	2.26	12.78	42.38	21.19	48
21	6.00	4.46	7.77	49.44	2.37	14.05	63.49	31.75	32
22	16.67	12.12	13.02	82.83	2.81	17.47	100.30	50.15	20
23	27.33	19.43	15.61	99.32	3.53	22.96	122.28	61.14	16
24	38.00	26.44	19.33	122.96	4.49	30.44	153.40	76.70	14

Tabel Rekapitulasi Perhitungan Tiang Pancang diameter 50 cm tiap Kedalaman pada Tanah Lunak

Depth (m)	N (blow/ft)	N_{corr}	N_p	Q_p (ton)	N_s	Q_s (ton)	Q_{an} (ton)	P_{gin} SF=2	N (buah)
1	1.00	4.27	7.55	59.28	4.27	1.34	60.62	30.31	33
2	2.00	6.04	7.44	58.42	5.16	3.24	61.66	30.83	33
3	5.00	12.33	7.55	59.27	7.55	7.11	66.38	33.19	30
4	3.33	7.11	5.96	46.84	7.44	9.35	56.19	28.10	36
5	1.67	3.19	4.30	33.80	6.59	10.35	44.15	22.08	46
6	0.00	0.00	1.72	13.49	5.49	10.35	23.84	11.92	84
7	0.00	0.00	0.53	4.18	4.71	10.35	14.53	7.26	138
8	0.00	0.00	0.00	0.00	4.12	10.35	10.35	5.18	194
9	0.00	0.00	0.00	0.00	3.66	10.35	10.35	5.18	194
10	0.00	0.00	0.00	0.00	3.29	10.35	10.35	5.18	194
11	0.00	0.00	0.06	0.45	3.00	10.35	10.80	5.40	185
12	0.00	0.00	0.17	1.33	2.75	10.35	11.68	5.84	172
13	0.33	0.34	0.39	3.05	2.56	10.46	13.51	6.75	148
14	0.67	0.67	0.63	4.96	2.43	10.67	15.63	7.82	128
15	1.00	0.97	0.91	7.16	2.33	10.97	18.13	9.07	110
16	1.33	1.13	1.15	9.03	2.25	11.33	20.36	10.18	99
17	1.67	1.38	1.51	11.88	2.20	11.76	23.64	11.82	85
18	2.00	1.61	1.98	15.57	2.17	12.27	27.84	13.92	72
19	3.33	2.60	2.70	21.23	2.19	13.09	34.32	17.16	58
20	4.67	3.56	4.65	36.53	2.26	14.20	50.74	25.37	40
21	6.00	4.46	7.77	61.04	2.37	15.61	76.65	38.32	26
22	16.67	12.12	13.02	102.26	2.81	19.41	121.68	60.84	18
23	27.33	19.43	15.61	122.62	3.53	25.52	148.13	74.07	14
24	38.00	26.44	19.33	151.80	4.49	33.82	185.63	92.81	12

Tabel Rekapitulasi Perhitungan Tiang Pancang diameter 60 cm tiap Kedalaman pada Tanah Lunak

Depth (m)	N (blow/ft)	N _{corr}	N _p	Q _p (ton)	N _s	Q _s (ton)	Q _{sk} (ton)	P _{ijin} SF=2	N (buah)
1	1.00	4.27	7.55	85.36	4.27	1.61	86.97	43.49	24
2	2.00	6.04	7.44	84.13	5.16	3.89	88.02	44.01	24
3	5.00	12.33	7.55	85.34	7.55	8.54	93.88	46.94	22
4	3.33	7.11	5.96	67.45	7.44	11.22	78.67	39.34	26
5	1.67	3.19	4.30	48.68	6.59	12.42	61.10	30.55	33
6	0.00	0.00	1.72	19.42	5.49	12.42	31.84	15.92	63
7	0.00	0.00	0.53	6.01	4.71	12.42	18.43	9.22	110
8	0.00	0.00	0.00	0.00	4.12	12.42	12.42	6.21	162
9	0.00	0.00	0.00	0.00	3.66	12.42	12.42	6.21	162
10	0.00	0.00	0.00	0.00	3.29	12.42	12.42	6.21	162
11	0.00	0.00	0.06	0.65	3.00	12.42	13.07	6.53	154
12	0.00	0.00	0.17	1.91	2.75	12.42	14.33	7.17	140
13	0.33	0.34	0.39	4.39	2.56	12.55	16.94	8.47	118
14	0.67	0.67	0.63	7.14	2.43	12.80	19.95	9.97	100
15	1.00	0.97	0.91	10.31	2.33	13.17	23.48	11.74	85
16	1.33	1.13	1.15	13.00	2.25	13.60	26.59	13.30	75
17	1.67	1.38	1.51	17.11	2.20	14.12	31.22	15.61	64
18	2.00	1.61	1.98	22.42	2.17	14.72	37.14	18.57	54
19	3.33	2.60	2.70	30.57	2.19	15.70	46.28	23.14	44
20	4.67	3.56	4.65	52.61	2.26	17.05	69.65	34.83	30
21	6.00	4.46	7.77	87.90	2.37	18.73	106.63	53.31	20
22	16.67	12.12	13.02	147.26	2.81	23.30	170.55	85.28	12
23	27.33	19.43	15.61	176.57	3.53	30.62	207.19	103.59	10
24	38.00	26.44	19.33	218.59	4.49	40.59	259.18	129.59	8

Tabel Rekapitulasi Perhitungan Tiang Bor diameter 1350 mm tiap Kedalaman pada Tanah Keras

Depth (m)	L/P	N (blow/ft)	γ' (t/m^3)	Po (t/m^2)	N_{corr}	q_{li} (kPa)	Φ	Q_{sa} (ton)	Q_{sc} (ton)	Q_b total	Q_p (ton)	Q_{ult} (ton)	SF	
1	P	0.00	0.59	0.59	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	NOT OK
2	P	0.00	0.59	1.18	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	NOT OK
3	P	0.00	0.59	1.77	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	NOT OK
4	L	0.00	0.59	2.36	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	NOT OK
5	L	0.00	0.59	2.95	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	NOT OK
6	L	0.00	0.59	3.54	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	NOT OK
7	P	4.33	0.825	4.365	6.31	0	31	7.78	0	7.78	0.00	7.78	0.01	NOT OK
8	P	8.67	0.825	5.19	11.27	0	31	15.86	0	15.86	86.47	102.33	0.10	NOT OK
9	P	13.00	0.825	6.015	15.27	0	31	27.58	0	27.58	86.47	114.04	0.11	NOT OK
10	P	27.00	0.825	6.84	17.34	0	31	41.81	0	41.81	86.47	128.28	0.13	NOT OK
11	P	41.00	0.825	7.665	24.50	0	31	58.57	0	58.57	86.47	145.04	0.15	NOT OK
12	P	55.00	0.825	8.49	32.20	0	33	72.59	0	72.59	216.17	288.76	0.29	NOT OK
13	P	52.33	0.825	9.315	30.04	0	33	84.21	0	84.21	216.17	300.38	0.30	NOT OK
14	P	49.67	0.825	10.14	27.95	0	33	100.44	0	100.44	86.47	186.91	0.19	NOT OK
15	P	47.00	0.806	10.946	25.96	0	34	116.09	0	116.09	86.47	202.55	0.20	NOT OK
16	P	44.67	0.806	11.752	24.22	0	34	134.04	0	134.04	86.47	220.51	0.22	NOT OK
17	P	42.33	0.806	12.558	22.55	0	34	154.30	0	154.30	86.47	240.77	0.24	NOT OK
18	P	40.00	0.806	13.364	20.93	0	34	176.86	0	176.86	86.47	263.33	0.26	NOT OK
19	P	42.00	0.806	14.17	21.60	0	34	201.73	0	201.73	86.47	288.20	0.29	NOT OK
20	L	44.00	0.758	14.928	37.11	360	0	0	155.56	357.29	472.75	830.04	0.83	NOT OK
21	L	46.00	0.758	15.686	38.19	360	0	0	311.12	512.85	468.38	981.23	0.98	NOT OK
22	L	44.67	0.758	16.444	36.50	360	0	0	466.68	668.41	464.00	1132.41	1.13	NOT OK

23	L	43.33	0.758	17.202	34.87	360	0	0	622.24	823.97	459.62	1283.59	1.29	NOT OK
24	L	42.00	0.758	17.96	33.29	360	0	0	777.80	979.53	455.24	1434.77	1.44	NOT OK
25	L	42.67	0.75	18.71	33.33	340	0	0	924.72	1126.45	450.87	1577.31	1.58	NOT OK
26	L	43.33	0.75	19.46	33.36	340	0	0	1071.63	1273.36	446.49	1719.85	1.72	NOT OK
27	L	44.00	0.75	20.21	33.39	340	0	0	1218.55	1420.28	446.49	1866.77	1.87	NOT OK
28	L	45.33	0.75	20.96	33.92	340	0	0	1365.47	1567.20	446.49	2013.69	2.02	OK
29	L	46.67	0.689	21.649	34.47	340	0	0	1512.39	1714.12	446.49	2160.60	2.16	OK
30	L	48.00	0.689	22.338	35.01	340	0	0	1659.30	1861.03	446.49	2307.52	2.31	OK

Tabel Rekapitulasi Perhitungan Tiang Bor diameter 1500 mm tiap Kedalaman pada Tanah Keras

Depth (m)	L/P	N (blow/ft)	γ' (t/m ³)	Po (t/m ²)	N _{corr}	q _u (kPa)	Φ	Q _{ss} (ton)	Q _{bc} (ton)	Q _s total	Q _p (ton)	Q _{ult} (ton)	SF	
1	P	0.00	0.59	0.59	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	NOT OK
2	P	0.00	0.59	1.18	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	NOT OK
3	P	0.00	0.59	1.77	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	NOT OK
4	L	0.00	0.59	2.36	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	NOT OK
5	L	0.00	0.59	2.95	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	NOT OK
6	L	0.00	0.59	3.54	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	NOT OK
7	P	4.33	0.825	4.365	6.31	0	31	8.65	0	8.65	0.00	8.65	0.01	NOT OK
8	P	8.67	0.825	5.19	11.27	0	31	17.63	0	17.63	96.07	113.70	0.11	NOT OK
9	P	13.00	0.825	6.015	15.27	0	31	30.64	0	30.64	96.07	126.71	0.13	NOT OK
10	P	27.00	0.825	6.84	17.34	0	31	46.46	0	46.46	96.07	142.53	0.14	NOT OK
11	P	41.00	0.825	7.665	24.50	0	31	65.08	0	65.08	96.07	161.15	0.16	NOT OK
12	P	55.00	0.825	8.49	32.20	0	33	80.66	0	80.66	240.18	320.84	0.32	NOT OK
13	P	52.33	0.825	9.315	30.04	0	33	93.57	0	93.57	240.18	333.75	0.33	NOT OK
14	P	49.67	0.825	10.14	27.95	0	33	111.60	0	111.60	96.07	207.67	0.21	NOT OK
15	P	47.00	0.806	10.946	25.96	0	34	128.99	0	128.99	96.07	225.06	0.23	NOT OK
16	P	44.67	0.806	11.752	24.22	0	34	148.94	0	148.94	96.07	245.01	0.25	NOT OK
17	P	42.33	0.806	12.558	22.55	0	34	171.44	0	171.44	96.07	267.52	0.27	NOT OK
18	P	40.00	0.806	13.364	20.93	0	34	196.51	0	196.51	96.07	292.59	0.29	NOT OK
19	P	42.00	0.806	14.17	21.60	0	34	224.14	0	224.14	96.07	320.22	0.32	NOT OK
20	L	44.00	0.758	14.928	37.11	360	0	0	172.84	396.98	583.65	980.63	0.98	NOT OK
21	L	46.00	0.758	15.686	38.19	360	0	0	345.69	569.83	578.24	1148.07	1.15	NOT OK
22	L	44.67	0.758	16.444	36.50	360	0	0	518.53	742.67	572.84	1315.51	1.32	NOT OK
23	L	43.33	0.758	17.202	34.87	360	0	0	691.38	915.52	567.43	1482.95	1.49	NOT OK

24	L	42.00	0.758	17.96	33.29	360	0	0	864.22	1088.36	562.03	1650.39	1.65	NOT OK
25	L	42.67	0.75	18.71	33.33	340	0	0	1027.46	1251.60	556.63	1808.23	1.81	NOT OK
26	L	43.33	0.75	19.46	33.36	340	0	0	1190.70	1414.84	551.22	1966.06	1.97	NOT OK
27	L	44.00	0.75	20.21	33.39	340	0	0	1353.94	1578.08	551.22	2129.31	2.13	OK
28	L	45.33	0.75	20.96	33.92	340	0	0	1517.19	1741.33	551.22	2292.55	2.30	OK
29	L	46.67	0.689	21.649	34.47	340	0	0	1680.43	1904.57	551.22	2455.79	2.46	OK
30	L	48.00	0.689	22.338	35.01	340	0	0	1843.67	2067.81	551.22	2619.03	2.62	OK

Tabel Rekapitulasi Perhitungan Tiang Bor diameter 1650 mm tiap Kedalaman pada Tanah Keras

Depth (m)	L/P	N (blow/ft)	γ' (t/m^3)	Po (t/m^2)	N _{corr}	q _u (kPa)	Φ	Q _{ss} (ton)	Q _{bc} (ton)	Q _s total	Q _p (ton)	Q _{ult} (ton)	SF	
1	P	0.00	0.59	0.59	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	NOT OK
2	P	0.00	0.59	1.18	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	NOT OK
3	P	0.00	0.59	1.77	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	NOT OK
4	L	0.00	0.59	2.36	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	NOT OK
5	L	0.00	0.59	2.95	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	NOT OK
6	L	0.00	0.59	3.54	0.00	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	NOT OK
7	P	4.33	0.825	4.365	6.31	0	31	9.51	0	9.51	0.00	9.51	0.01	NOT OK
8	P	8.67	0.825	5.19	11.27	0	31	19.39	0	19.39	105.68	125.07	0.13	NOT OK
9	P	13.00	0.825	6.015	15.27	0	31	30.64	0	30.64	105.68	136.32	0.14	NOT OK
10	P	27.00	0.825	6.84	17.34	0	31	51.10	0	51.10	105.68	156.78	0.16	NOT OK
11	P	41.00	0.825	7.665	24.50	0	31	71.58	0	71.58	105.68	177.27	0.18	NOT OK
12	P	55.00	0.825	8.49	32.20	0	33	88.72	0	88.72	264.20	352.93	0.35	NOT OK
13	P	52.33	0.825	9.315	30.04	0	33	102.93	0	102.93	264.20	367.13	0.37	NOT OK
14	P	49.67	0.825	10.14	27.95	0	33	122.76	0	122.76	105.68	228.44	0.23	NOT OK
15	P	47.00	0.806	10.946	25.96	0	34	141.89	0	141.89	105.68	247.57	0.25	NOT OK
16	P	44.67	0.806	11.752	24.22	0	34	163.83	0	163.83	105.68	269.51	0.27	NOT OK
17	P	42.33	0.806	12.558	22.55	0	34	188.59	0	188.59	105.68	294.27	0.29	NOT OK
18	P	40.00	0.806	13.364	20.93	0	34	216.16	0	216.16	105.68	321.85	0.32	NOT OK
19	P	42.00	0.806	14.17	21.60	0	34	246.56	0	246.56	105.68	352.24	0.35	NOT OK
20	L	44.00	0.758	14.928	37.11	360	0	0	190.13	436.69	706.21	1142.90	1.15	NOT OK
21	L	46.00	0.758	15.686	38.19	360	0	0	380.26	626.82	699.67	1326.49	1.33	NOT OK
22	L	44.67	0.758	16.444	36.50	360	0	0	570.39	816.95	693.13	1510.08	1.51	NOT OK
23	L	43.33	0.758	17.202	34.87	360	0	0	760.51	1007.07	686.59	1693.67	1.70	NOT OK

24	L	42.00	0.758	17.96	33.29	360	0	0	950.64	1197.20	680.06	1877.26	1.88	NOT OK
25	L	42.67	0.75	18.71	33.33	340	0	0	1130.21	1376.77	673.52	2050.28	2.05	OK
26	L	43.33	0.75	19.46	33.36	340	0	0	1309.77	1556.33	666.98	2223.31	2.23	OK
27	L	44.00	0.75	20.21	33.39	340	0	0	1489.34	1735.90	666.98	2402.88	2.41	OK
28	L	45.33	0.75	20.96	33.92	340	0	0	1668.91	1915.47	666.98	2582.44	2.59	OK
29	L	46.67	0.689	21.649	34.47	340	0	0	1848.47	2095.03	666.98	2762.01	2.77	OK
30	L	48.00	0.689	22.338	35.01	340	0	0	2028.04	2274.60	666.98	2941.57	2.95	OK

Tabel Rekapitulasi Perhitungan Tiang Bor diameter 1650 mm dan diameter *bell* 4125 mm tiap Kedalaman pada Tanah Lunak

Depth (m)	L/P	N (blow/ft)	γ' (t/m^3)	Po (t/m^2)	N_{corr}	q_u (kPa)	Φ	Q_{ss} (ton)	Q_{sc} (ton)	Q_b total	Q_p (ton)	Q_{ult} (ton)	SF	
1	P	1.00	0.535	0.535	4.27	0	26	0.95	0	0.95	0.00	0.95	0.00	NOT OK
2	P	2.00	0.535	1.07	6.04	0	26	3.79	0	3.79	0.00	3.79	0.00	NOT OK
3	L	5.00	0.535	1.605	12.33	0	26	8.52	0	8.52	264.20	272.72	0.27	NOT OK
4	L	3.33	0.535	2.14	7.11	9	0	0.00	4.75	13.27	110.35	123.62	0.12	NOT OK
5	L	1.67	0.535	2.675	3.19	9	0	0.00	9.51	18.02	110.35	128.37	0.13	NOT OK
6	L	0.00	0.555	3.33	0.00	9	0	0.00	14.26	22.78	98.08	120.86	0.12	NOT OK
7	L	0.00	0.555	3.885	0.00	9	0	0.00	19.01	27.53	85.82	113.35	0.11	NOT OK
8	L	0.00	0.555	4.44	0.00	9	0	0.00	23.77	32.28	73.56	105.85	0.11	NOT OK
9	L	0.00	0.555	4.995	0.00	9	0	0.00	28.52	37.04	61.30	98.34	0.10	NOT OK
10	L	0.00	0.555	5.55	0.00	3	0	0.00	30.10	38.62	49.04	87.66	0.09	NOT OK
11	L	0.00	0.535	5.885	0.00	3	0	0.00	31.69	40.21	36.78	76.99	0.08	NOT OK
12	L	0.00	0.693	8.316	0.00	3	0	0.00	33.27	41.79	36.78	78.57	0.08	NOT OK
13	L	0.33	0.693	9.009	0.34	3	0	0.00	34.86	43.37	65.39	108.76	0.11	NOT OK
14	L	0.67	0.693	9.702	0.67	3	0	0.00	36.44	44.96	94.00	138.96	0.14	NOT OK
15	L	1.00	0.693	10.395	0.97	3	0	0.00	38.03	46.54	122.61	169.15	0.17	NOT OK
16	L	1.33	0.84	13.44	1.13	3	0	0.00	39.61	48.13	151.21	199.34	0.20	NOT OK
17	L	1.67	0.84	14.28	1.38	17	0	0.00	48.59	57.11	179.82	236.93	0.24	NOT OK
18	L	2.00	0.84	15.12	1.61	17	0	0.00	57.57	66.08	456.71	522.79	0.52	NOT OK
19	L	3.33	0.84	15.96	2.60	17	0	0.00	66.54	75.06	704.99	780.05	0.78	NOT OK
20	L	4.67	0.84	16.8	3.56	17	0	0.00	75.52	84.04	953.26	1037.30	1.04	NOT OK
21	L	6.00	0.84	17.64	4.46	17	0	0.00	84.50	93.02	1102.23	1195.25	1.20	NOT OK



22	L	16.67	0.84	18.48	12.12	138.5	0	0.00	157.65	166.17	1325.68	1491.84	1.49	NOT OK
23	L	27.33	0.84	19.32	19.43	138.5	0	0.00	230.79	239.31	1698.10	1937.41	1.94	NOT OK
24	L	38.00	0.84	20.16	26.44	138.5	0	0.00	303.94	312.46	1698.10	2010.55	2.01	OK



Tabel Rekapitulasi Perhitungan Tiang Bor diameter 1800 mm dan diameter *bell* 4500 mm tiap Kedalaman pada Tanah Lunak

Depth (m)	L/P	N (blow/ft)	γ' (t/m^3)	Po (t/m^2)	N_{corr}	q_u (kPa)	Φ	Q_{us} (ton)	Q_{uc} (ton)	Q_u total	Q_p (ton)	Q_{ult} (ton)	SF	
1	P	1.00	0.535	0.535	4.27	0	26	1.03	0	1.03	0.00	1.03	0.00	NOT OK
2	P	2.00	0.535	1.07	6.04	0	26	4.13	0	4.13	0.00	4.13	0.00	NOT OK
3	L	5.00	0.535	1.605	12.33	0	26	9.29	0	9.29	288.22	297.51	0.30	NOT OK
4	L	3.33	0.535	2.14	7.11	9	0	0.00	5.19	14.48	131.32	145.80	0.15	NOT OK
5	L	1.67	0.535	2.675	3.19	9	0	0.00	10.37	19.66	131.32	150.98	0.15	NOT OK
6	L	0.00	0.555	3.33	0.00	9	0	0.00	15.56	24.85	116.73	141.58	0.14	NOT OK
7	L	0.00	0.555	3.885	0.00	9	0	0.00	20.74	30.03	102.14	132.17	0.13	NOT OK
8	L	0.00	0.555	4.44	0.00	9	0	0.00	25.93	35.22	87.55	122.76	0.12	NOT OK
9	L	0.00	0.555	4.995	0.00	9	0	0.00	31.11	40.40	72.96	113.36	0.11	NOT OK
10	L	0.00	0.555	5.55	0.00	3	0	0.00	32.84	42.13	58.36	100.50	0.10	NOT OK
11	L	0.00	0.535	5.885	0.00	3	0	0.00	34.57	43.86	43.77	87.63	0.09	NOT OK
12	L	0.00	0.693	8.316	0.00	3	0	0.00	36.30	45.59	43.77	89.36	0.09	NOT OK
13	L	0.33	0.693	9.009	0.34	3	0	0.00	38.03	47.32	77.82	125.14	0.13	NOT OK
14	L	0.67	0.693	9.702	0.67	3	0	0.00	39.75	49.05	111.87	160.91	0.16	NOT OK
15	L	1.00	0.693	10.395	0.97	3	0	0.00	41.48	50.77	145.91	196.69	0.20	NOT OK
16	L	1.33	0.84	13.44	1.13	3	0	0.00	43.21	52.50	179.96	232.46	0.23	NOT OK
17	L	1.67	0.84	14.28	1.38	17	0	0.00	53.01	62.30	214.00	276.30	0.28	NOT OK
18	L	2.00	0.84	15.12	1.61	17	0	0.00	62.80	72.09	543.52	615.61	0.62	NOT OK
19	L	3.33	0.84	15.96	2.60	17	0	0.00	72.59	81.89	838.99	920.88	0.92	NOT OK
20	L	4.67	0.84	16.8	3.56	17	0	0.00	82.39	91.68	1134.46	1226.14	1.23	NOT OK
21	L	6.00	0.84	17.64	4.46	17	0	0.00	92.18	101.47	1311.74	1413.22	1.42	NOT OK

22	L	16.67	0.84	18.48	12.12	138.5	0	0.00	171.98	181.27	1577.67	1758.94	1.76	NOT OK
23	L	27.33	0.84	19.32	19.43	138.5	0	0.00	251.78	261.07	2020.87	2281.94	2.29	OK
24	L	38.00	0.84	20.16	26.44	138.5	0	0.00	331.57	340.86	2020.87	2361.74	2.37	OK



Penulis dilahirkan di Surabaya, 18 Januari 1984, merupakan anak pertama dari 3 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu TK Taruna Bakti Bandung, SD Taruna Bakti Bandung, SMP Dapena 1 Surabaya, dan SMAN 5 Surabaya. Setelah penulis lulus dari SMAN pada tahun 2002, kemudian mengikuti SPMB dan diterima di Jurusan Teknik Sipil, FTSP-ITS pada tahun angkatan 2002 dengan NRP 3102.100.065.