

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG DENGAN PONDASI TIANG BOR PADA BANGUNAN GEDUNG FAKULTAS ILMU KOMPUTER DENGAN VARIASI DIMENSI MENGUNAKAN METODE REESE&WRIGHT (1977) *(REDESIGN WITH DRILLED POLE FOUNDATIONS IN COMPUTER SCIENCE FACULTY BUILDING WITH VARIATION OF DIMENSIONS USING THE REESE&WRIGHT METHOD (1977))*

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Teknik Sipil



Silva Nuraini Sa'da
17511063

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2023**

TUGAS AKHIR

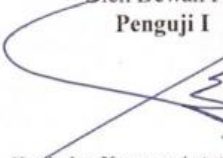
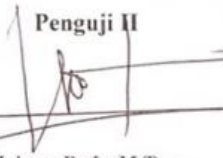
PERENCANAAN ULANG DENGAN PONDASI TIANG BOR PADA BANGUNAN GEDUNG FAKULTAS ILMU KOMPUTER DENGAN VARIASI DIMENSI MENGGUNAKAN METODE REESE&WRIGHT (1977) (REDESIGN WITH DRILLED POLE FOUNDATIONS IN COMPUTER SCIENCE FACULTY BUILDING WITH VARIATION OF DIMENSIONS USING THE REESE&WRIGHT METHOD (1977))

Disusun oleh

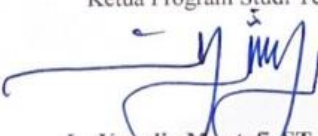
Silva Nuraini Sa'da
17511063

Telah diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

Diuji pada tanggal _____
Oleh Dewan Penguji

<p>Pembimbing</p>  <p><u>Akhmad Marzuko, ST., MT</u> NIK: 885110107</p>	<p>Penguji I</p>  <p><u>Hamindya Kusuma Artati, S.T., MT.</u> NIK: 045110407</p>	<p>Penguji II</p>  <p><u>Lalu Makrup, Dc.Ir., M.T</u> NIK: 885110106</p>
--	---	---

Mengesahkan,
Ketua Program Studi Teknik Sipil


Ir. Yunalia Muntafi, ST., MT., Ph.D
NIK: 095110101



PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk penyelesaian program Sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan laporan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian laporan Tugas Akhir ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku.

Yogyakarta, 2023

Yang membuat pernyataan



(Silva Nuraini Sa'da)

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul *Perencanaan Ulang Dengan Pondasi Tiang Bor Dengan Variasi Dimensi Menggunakan Metode Reese & Wright (1977)*. Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat strata satu di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini banyak hambatan yang dihadapi penulis, namun berkat saran, kritik, serta dorongan semangat dari berbagai pihak, alhamdulillah Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Berkaitan dengan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Bapak Akhmad Marzuko, ST., MT., selaku Dosen Pembimbing,
2. Ibu Hanindya Kusuma Artati, S.T., MT., selaku Dosen Pembimbing I
3. Bapak Lalu Makrup, Dr.Ir., M.T., selaku Dosen Pembimbing II
4. Ibu Ir. Yunalia Muntafi, ST., MT., Ph.D., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta,
5. Kedua Orang Tua saya Bapak Syamsul Edi dan Ibu Ida Hadijah, Adik saya M. Dabo Sa'da yang telah memberikan dukungan, motivasi, biaya dan doa tiada henti hingga selesainya Tugas Akhir ini,
6. Keluarga besar saya Dylan, Rina, Fadlan, Ecik, Ria, Rana, Bima, Rifky, Angga. Yang telah memberi dukungan, motivasi, dan doa tiada henti hingga selesainya Tugas Akhir.

Akhirnya Penulis berharap agar Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak yang membacanya.

Yogyakarta, Maret 2023

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iv
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	ix
ABSTRAK	x
ABSTRACT	1
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Penelitian	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Batasan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pondasi Tiang Bor (<i>Bore Pile Foundation</i>)	5
2.2 Daya Dukung Pondasi Tiang Bor	6
2.3 Perbandingan Penelitian Terdahulu Terhadap Penelitian Yang Akan Dilakukan	7
BAB III LANDASAN TEORI	10
3.1 Tanah	10
3.2 Penyelidikan Tanah	11
3.3 Pengertian Pondasi	11
3.4 Pondasi Dangkal (<i>Shallow Foundation</i>)	12
3.5 Pondasi <i>Bore Pile</i>	13
3.6 Pembebanan Pondasi	13

3.6.1	Beban Mati	14
3.6.2	Beban Hidup	16
3.7	Distribusi Beban Gempa	16
3.8	Kapasitas Dukung Pondasi Tiang Bor	26
3.9	Kapasitas Dukung Tiang Tunggal Berdasarkan Data Sondir (CPT)	27
3.10	Kapasitas Dukung Tiang Kelompok	30
3.11	Penurunan Pondasi Tiang Bor (<i>Settlement</i>)	34
3.12	ETABS	36
BAB IV METODE PENELITIAN		37
4.1	Metode Penelitian	37
4.2	Pengumpulan Data	37
4.3	Analisis Data	38
4.3.1	Analisis Pembebanan	38
4.3.2	Analisis Pondasi Tiang Bor	38
4.4	Bagan Alir	39
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN		43
5.1	Data Proyek	43
5.1.1	Data Umum	44
5.1.2	Spesifikasi Bahan Material	44
5.1.3	Denah Konstruksi	45
5.1.4	Data Struktur	46
5.2	Pembebanan Struktur	48
5.2.1	Peraturan Pembebanan	48
5.2.2	Kombinasi Pembebanan	49
5.3	Input dan Output ETABS	50
5.4	Data Karakteristik Tanah	51
5.5	Desain Pondasi Tiang Bor	53
5.6	Koreksi CPT Ke N-SPT	54
5.7	Daya Dukung Pondasi Esisting	55
5.8	Kapasitas Dukung Tiang Bor	56
5.8.1	Daya Dukung Aksial	56
5.7.1	Kapasitas Dukung Tiang Kelompok	59

5.7.2 Analisis Distribusi Tiang Ke Tiang	59
5.7.4 Gaya Lateral Pada Tiang Diameter 400 mm	62
5.7.5 Gaya Lateral Pada Tiang Diameter 600 mm	64
5.7.6 Gaya Lateral Pada Tiang Diameter 800 mm	65
5.7.7 Penurunan Elastik Pondasi Tiang	67
5.9 Pembahasan	68
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	72
6.1. Kesimpulan	72
6.2. Saran	72
DAFTAR PUSTAKA	73
LAMPIRAN	75

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perbandingan Penelitian Terdahulu Dengan Penelitian Yang Akan Dilakukan	9
	Beban Sendiri Bahan Bangunan Dan Komponen Gedung	15
Tabel 3.2	Nilai Parameter Perioda Pendekatan C_t dan x	18
Tabel 3.3	Koefisien C_u	19
Tabel 3.4	Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Nongedung	20
Tabel 3.5	Faktor Keutamaan (I) Untuk Berbagai Kategori Bangunan	22
Tabel 3.6	Koefisien Situs, F_a	24
Tabel 3.7	Koefisien Situs, F_v	24
Tabel 3.8	Koefisien Faktor, F_b	28
Tabel 3.9	Empirical Faktor, F_s	28
Tabel 3.10	<i>Pile Types Factor, a_s</i>	29
Tabel 3.11	<i>Bearing Capacity Factor, k_b</i>	30
Tabel 3.12	<i>Bearing Capacity Factor, k_b</i>	30
Tabel 3.13	Nilai Indeks Kompresi (C_c)	35
Tabel 3.14	Nilai Angka Pori (e)	36
Tabel 5.1	Tipe Dan Dimensi Kolom Gedung Fakultas Ilmu Komputer Univesitas Muhammadiyah Metro	53
Tabel 5.2	Tipe Dimensi Balok Gedung Fakultas Ilmu Komputer Universitas Muhammadiyah Metro	54
Tabel 5.3	Tipe Dan Dimensi Pelat Gedung Fakultas Ilmu Komputer Universitas Muhammadiyah Metro	54
Tabel 5.4	Kombinasi Pembebanan Untuk Beban Gempa Gravitasi Dan Gempa Dinamis Menurut SNI 1726-2012	55
Tabel 5.5	Hasil Penyelidikan Hasil Rekap CPT 01, 02, Dan 03	57
Tabel 5.6	Korelasi Nilai CPT Dengan N-SPT	61
Tabel 5.7	Rekapitulasi Daya Dukung Tiang <i>Bore Pile</i>	63

Tabel 5.8	Faktor Kekakuan Pondasi Diameter 400 mm	66
Tabel 5.9	Data Tanah Dan Bahan	67
Tabel 5.10	Penentuan Tipe Tiang	67
Tabel 5.11	Tahanan Lateral Tiang (H_u)	67
Tabel 5.12	Faktor Kekakuan Pondasi Diameter 600 mm	68
Tabel 5.13	Data Tanah Dan Bahan	68
Tabel 5.14	Penentuan Tipe Tiang	69
Tabel 5.15	Tahanan Lateral Tiang (H_u)	69
Tabel 5.16	Faktor Kekakuan Pondasi Diameter 600 mm	70
Tabel 5.17	Data Tanah Dan Bahan	70
Tabel 5.18	Penentuan Tipe Tiang	70
Tabel 5.19	Tahanan Lateral Tiang (H_u)	71

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Peta Wilayah Percepatan Batuan Dasar Pada Perioda Pendek (S_s)	19
Gambar 3.2	Peta Wilayah Percepatan Batuan Dasar Pada 1 Detik (S_1)	19
Gambar 3.3	Tiang Ditinjau Dari Cara Mendukung Bebannya	22
Gambar 3.4	Kelomppok Tiang	27
Gambar 3.5	Kelompok Tiang	27
Gambar 3.6	Jarak Antar Tiang	28
Gambar 4.1	Bagan Alir Pembebanan Struktur Dengan ETABS	36
Gambar 4.2	Bagan Alir Metode Penelitian	37
Gambar 5.1	Denah Lokasi Gedung Fakultas Ilmu Komputer Universitas Muhammadiyah Metro	39
Gambar 5.2	Denah Lantai 1	41
Gambar 5.3	Denah Lantai 2	41
Gambar 5.4	Denah Lantai 3	42
Gambar 5.5	Denah Lantai 4	42
Gambar 5.6	Permodelan 3D Gedung Pada ETABS	46

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Jadwal Kegiatan	76
Lampiran 2	Hasil Uji CPT	77
Lampiran 3	Grafik Uji CPT	78
Lampiran 4	Hasil Uji CPT kelompok	79
Lampiran 5	Hasil Grafik CPT kelompok	80

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

ΔH	= tebal lapisan (m)
ΔP	= tegangan efektif tanah pada lapisan ke-I (kN/m^2)
$\sum x^2$	= jumlah kuadrat absis-absis tiang pancang
$\sum y^2$	= jumlah kuadrat ordinat-ordinat tiang pancang
θ	= <i>Arc tg d/s</i> (dalam derajat)
A_b	= luas ujung tiang bor (m^2)
A_p	= luas penampang tiang (m^2)
a_s	= koefisien faktor berdasarkan jenis tanah
A_s	= luas selimut tiang (m^2)
C_c	= indeks kompresi ($-\log p'$)
C_s	= koefisien gempa
CPT	= <i>Cone penetration test</i>
C_t	= nilai parameter
C_u	= batas atas (mg/kg)
d	= diameter tiang (m)
E_g	= efisiensi kelompok tiang
E	= angka pori (kg/cm^2)
e_o	= angka pori (kg/cm^2)
E_p	= modulus elastisitas tiang (kN/m^2)
f	= tahanan selimut persatuan luas (kN/m)
F_b	= koefisien faktor berdasarkan jenis tiang (kg/cm^2)
F_i	= gaya horizontal tingkat ke-I (kN)
F_s	= emperical faktor berdasarkan jenis tiang (kg/cm^2)
f_s	= nilai rata-rata hambatan setempat sepanjang tiang
H_i	= Tinggi lantai ke-I (m)
h_n	= tinggi bangunan (m)
k	= koefisien
k_b	= faktor koefisien berdasarkan jenis tiang

kN	= satuan gaya
k_s	= koefisien <i>skin friction</i> berdasarkan jenis tiang (ton/m ³)
kPa	= satuan tekanan
L	= panjang tiang (m)
m	= jumlah baris tiang
M_x	= momen yang bekerja pada bidang yang tegak lurus sumbu x (kNm)
M_y	= momen yang bekerja pada bidang yang tegak lurus sumbu y (kNm)
n	= jumlah tiang dalam kelompok
n'	= jumlah tiang dalam satu baris
P	= beban aksial pada tiang ke-i. (kN)
P_o'	= tegangan efektif tanah (kN/m ²)
Q	= beban yang bekerja (kN)
Q_a	= beban maksimum tiang tunggal (kN)
Q_b	= kapasitas dukung ujung tiang (N)
Q_g	= beban maksimum kelompok tiang mengakibatkan keruntuhan (kN)
s	= jarak pusat ke pusat tiang (m)
S_{pg}	= penurunan kelompok tiang (m)
Ss	= perioda pendek (SB)
S1	= periode 1 detik (SB)
q_b	= tahanan ujung tiang persatuan luas
q_c	= nilai perlawanan konus (kg/cm ²)
q_c	= $(q_{c1} + q_{c2})/2$ (kg/cm ²)
q_{c1}	= q_c rata-rata 8D di atas ujung tiang (kg/cm ²)
q_{c2}	= q_c rata-rata 4D di bawah ujung tiang (kg/cm ²)
q_{cs}	= nilai rata-rata tahanan ujung sepanjang tiang
Q_g	= beban maksimum kelompok tiang yang mengakibatkan keruntuhan (ton)
Q_s	= kapasitas dukung selimut tiang (ton)
Q_u	= kapasitas dukung ultimit pondasi (ton)
Q_{ult}	= kapasitas dukung ultimit tiang (ton)
S	= jarak pusat ke pusat tiang (m)
S_{pg}	= penurunan kelompok tiang (m)

SPT	= standar penetrasi tes
T	= waktu (detik)
T _a	= fundamental pendekatan (detik)
T _c	= Perioda computed (menit)
V	= gaya geser (kN)
W _i	= berat lantai ke-I (kg)
W _t	= berat total bangunan (ton/m ³)
x _i ,y _i	= absis atau jarak tiang ke pusat berat kelompok tiang ke tiang nomor-i.

ABSTRAK

Penurunan pondasi secara setempat maupun merata tidak di bolehkan melebihi batas maksimal, karena melebihi batas maksimal akan terjadinya retak pada struktur hingga keruntuhan bangunan akan terjadi. perancangan struktur pada pondasi harus mempertimbangkan sifat fisik tanah seperti tekstur tanah, struktur tanah dan konsistensi tanah. Hal seperti ini berkaitan dengan kekuatan daya dukung tanah dalam menahan beban yang berkerja di atasnya. Pondasi dalam pada struktur bertingkat sering menggunakan pondasi tiang pancang dan pondasi tiang bor. Perbedaan dari kedua jenis pondasi ini terletak pada pelaksanaan di lapangan. Pada penelitian ini di lakukan perencanaan kembali dengan pondasi tiang bornya menggunakan variasi dimensi, kemudian akan bandingkan kapasitas dukung pondasi exsting dengan pondasi tiang bor menggunakan metode Reese & Wright.

Analisis data merupakan metode yang digunakan dalam menyederhanakan dan mempermudah pemahaman data yang telah diperoleh. Analisis yang dilakukan yaitu yang pertama dengan analisis pembebanan menggunakan bantuan aplikasi ETABS dan Microsoft Excel 2016, analisis dimulai dengan memasukkan data struktur bangunan gedung meliputi data balok, kolom, pelat, dan beban yang bekerja berupa beban mati, beban hidup serta beban gempa. Data-data tersebut akan menghasilkan gaya yang bekerja pada kolom seperti gaya aksial, gaya geser dan momen yang akan digunakan pada analisis kapasitas dukung pondasi. Analisis yang kedua yakni analisis pondasi tiang bor dengan hasil output analisis ETABS digunakan dalam mengalisis kapasitas dukung pondasi tiang bor dengan diameter 0,4 m, 0,6 m dan 0,8 m.

Lalu dengan metode dan analisis tersebut diperoleh hasil, jika jenis pondasi yang aman digunakan adalah pondasi *bore pile*. Kesimpulan penelitian ini dimana dalam pondasi *pile cap* di rencanakan 3 *group bor pile*, 3 tiang bor pile di rencanakan karena 3 tiang tersebut memiliki tingkat keamanan yang efektif jika dilihat dari kapasitas dukung tiang kelompok sebesar $184,40 T > 130 (P)$ (aman), gaya aksial maksimum pada tiang $658,23 \text{ kN} \leq 702,49 \phi P_n$ (Aman), gaya leteral kombinasi 64 dua arah $53,24 \text{ kN} \leq 684,00 \phi H_n$ (Aman) dan menghasilkan penurunan elastic tiang grup sebesar 100,20 mm. Gaya lateral pada tiang dengan 3 ukuran yang berbeda masing-masing dimana tiang dengan diameter 400 mm memiliki gaya lateral $53,24 \text{ kN} \leq \phi H_n$, tiang dengan diameter 600 mm memiliki gaya lateral $53,24 \text{ kN} \leq \phi H_n$ dan tiang dengan diameter 800 mm memiliki gaya lateral $58,60 \text{ kN} \leq \phi H_n$. Maka dengan hasil penelitian ini gedung UMM dianggap aman menggunakan pondasi *bore pile*.

Kata kunci: Bored Pile, Pondasi Tiang Bor, Reese&Wright, Kapasitas Dukung

ABSTRACT

Local or even subsidence of the foundation is not allowed to exceed the maximum limit, because exceeding the maximum limit will cause cracks in the structure so that the collapse of the building will occur. the design of the structure on the foundation must consider the physical properties of the soil such as soil texture, soil structure and soil consistency. Things like this are related to the strength of the soil's carrying capacity in holding the load acting on it. Deep foundations for multilevel structures often use pile foundations and drilled pile foundations. The difference between these two types of foundation lies in the implementation in the field. In this study, we re-planned the drilled pile foundation using a variation of dimensions, then compared the bearing capacity of the existing foundation with the drilled pile foundation using the Reese&Wright method.

Data analysis is a method used to simplify and make it easier to understand the data that has been obtained. The first analysis was carried out by loading analysis using the help of the ETABS application and Microsoft Excel 2016, the analysis began by entering building structure data including data on beams, columns, slabs, and working loads in the form of dead loads, live loads and earthquake loads. These data will produce forces acting on the column such as axial forces, shear forces and moments which will be used in the foundation bearing capacity analysis. The second analysis is the analysis of drilled pile foundations with the output of the ETABS analysis used to analyze the bearing capacity of the bored pile foundations with diameters of 0.4 m, 0.6 m and 0.8 m.

Then with the method and analysis the results are obtained, if the type of foundation that is safe to use is the bore pile foundation. The conclusion from this study is that in the pile cap foundation, 3 groups of drill piles are planned, 3 piles are planned because the 3 piles have an effective level of safety when viewed from the bearing capacity of the group piles of $184.40 T > 130 (P)$ (safe), the maximum axial force on the pile is $658.23 \text{ kN} \leq 702.49 \phi P_n$ (Safe), the lateral force of the two-way combination 64 is $53.24 \text{ kN} \leq 684.00 \phi H_n$ (Safe) and produces an elastic settlement of the pile group of 100.20 mm. Lateral force on piles with 3 different sizes where a pile with a diameter of 400 mm has a lateral force of $53.24 \text{ kN} \leq \phi H_n$, a pile with a diameter of 600 mm has a lateral force of $53.24 \text{ kN} \leq \phi H_n$ and a pile with a diameter of 800 mm has a force lateral $58.60 \text{ kN} \leq \phi H_n$ and with the results of this study the UMM building was considered safe using bore pile foundations

Keywords: Bored Pile, Drilled Pile Foundation, Reese&Wright, Support Capacity

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan dunia konstruksi bangunan pada era globalisasi saat ini semakin maju. Salah satu perkembangan konstruksi saat ini yang semakin marak yaitu pembangunan gedung pendidikan yang bertujuan sebagai sarana untuk mendukung ilmu guna mempermudah proses belajar mengajar.

Konstruksi bangunan dapat dibagi menjadi dua bagian utama yaitu struktur atas dan struktur bawah. Pada struktur atas memiliki bagian bangunan yang berada di atas permukaan tanah yaitu kolom, balok plat dan plat, pada struktur bawah bangunan yang berada di bawah permukaan tanah yaitu pondasi, pondasi berada di bawah struktur bangunan yang meneruskan beban yang ditahan oleh pondasi dan beratnya sendiri untuk diteruskan ke dalam tanah dan batuan yang terletak bawah bangunan (Bowles, 1997).

Pada pembahasan diatas, maka pondasi harus mampu menjaga kestabilan struktur akibat beban-beban yang berkerja. Penurunan pondasi secara setempat maupun merata tidak di bolehkan melebihi batas maksimal, karena melebihi batas maksimal akan terjadinya retak pada struktur hingga keruntuhan bangunan akan terjadi. perancangan struktur pada pondasi harus mempertimbangkan sifat fisik tanah seperti tekstur tanah, struktur tanah dan konsistensi tanah. Hal seperti ini berkaitan dengan kekuatan daya dukung tanah dalam menahan beban yang berkerja di atasnya.

Pondasi memiliki dua macam yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam. Pondasi dangkal digunakan ketika lapisan tanah keras maupun menahan beban yang berada di atasnya yang dekat dengan permukaan tanah. Penggunaan pondasi dalam meliputi pembangunan gedung bertingkat, jembatan hingga struktur lepas pantai (*offshore platform*).

Pondasi dalam pada struktur bertingkat sering menggunakan pondasi tiang pancang dan pondasi tiang bor. Perbedaan dari kedua jenis pondasi ini terletak pada

pelaksanaan di lapangan. Pondasi tiang pancang yaitu pondasi beton *precast*. Sehingga pemancangan Pondasi ini langsung dipancang hingga mencapai tanah keras, dengan memakai alat berat *driven pile*. Pada pondasi tiang bor, pelaksanaan dimulai dengan melakukan pengeboran tanah terlebih dahulu, kemudian diisi dengan tulangan yang telah di rangkai, dan di lanjutkan dengan pengecoran tiang bor.

Kontruksi pada Gedung Universitas Muhammadiyah Metro Lampung ini, di rencanakan menggunakan pondasi *foot plate*. Pada penelitian ini di lakukan perencanaan kembali dengan pondasi tiang bornya menggunakan variasi dimensi, kemudian akan bandingkan kapasitas dukung pondasi *exsting* dengan pondasi tiang bor menggunakan metode *Reese&Wright*. Pemilihan metode tersebut didasarkan dengan data tanah yang digunakan. Umumnya penyelidikan tanah dilapangan terdiri dari uji sondir, uji N-SPT dan uji bor log.

1.2 Rumusan Penelitian

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini sebagai berikut.

1. Bagaimana perbedaan nilai kapasitas dukung ultimit pondasi tiang dangkal eksisting dengan perhitungan desain menggunakan metode *Reese&Wright* (1977)?
2. Bagaimana perbedaan nilai gaya lateral yang terjadi pada pondasi dangkal dengan diameter tiang 40 cm 60 cm dan 80 cm menggunakan perhitungan desain metode *Reese & Wright* (1977)?
3. Berapa nilai penurunan kelompok tiang yang terjadi pada pondasi dengan menggunakan metode *Reesse & Wright* (1977)?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui nilai kapasitas daya dukung dari alternatif desain pondasi tiang bor dengan menggunakan metode *Reese & Wright* (1977).

2. Mengetahui kapasitas dukung kelompok tiang bor (desain) menggunakan metode *Reese & Wright* (1977).
3. Mengetahui penurunan kelompok tiang yang terjadi pada pondasi.

1.4 Batasan Penelitian

Mengingat luasnya permasalahan tentang pondasi bor pile maka penulis memberi batasan-batasan di dalam penelitian yang dilakan. Adapun batasan-batasan tersebut dapat dijabarkan sebagai berikut.

1. Data geoteknik pada penelitian ini adalah hasil dari penyelidikan tanah yang diperoleh dari Proyek Pembangunan Gedung Universitas Muhammadiyah Metro.
2. Data hasil penyelidikan tanah yang digunakan dalam analisis perhitungan berdasarkan data sondir.
3. Penelitian dilakukan hanya pada Gedung 1, yaitu Gedung Fakultas Ilmu Komputer.
4. Perhitungan struktur bangunan gedung sesuai dengan peraturan SKBI 1.3.53.1987 tentang pedoman perencanaan pembebanan untuk Rumah dan Gedung dan SNI 03-1727-2013 tentang Beban Minimum untuk perancangan bangunan Gedung.
5. Peraturan ketahanan gempa menggunakan aturan SNI 03-1726-2012 dan SNI 03-1726-2019 tentang Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung.
6. Analisis pembebanan menggunakan aplikasi ETABS.
7. Pondasi eksisting Gedung Universitas Muhammadiyah Metro Fakultas Ilmu Komputer menggunakan pondasi *footplat*.
8. Data hasil perhitungan eksisting untuk pondasi yang digunakan pada Proyek Pembangunan Gedung Universitas Muhammadiyah Metro akan di lakukan *redesign* dengan pondasi *bore pile* di gunakan 40 cm 60 cm dan 80 cm dengan kedalaman 10 m mutu beton yang digunakan K-300 kg/cm².
9. *Redesign bore pile* dengan menggunakan metode *Reese & Wright*. Tidak menghitung analisis RAB.

1.5 Manfaat Penelitian

Berikut merupakan manfaat penelitian yang akan di laksanakan untuk mengetahui perbandingan pada masing-masing metode yang di gunakan, pada konsep dasar atau teori, parameter *input* serta prosedur pengerjaannya. Selain itu, proses ini mendapatkan informasi kepada pihak-pihak yang membutuhkan informasi mengenai perencanaan ulang struktur bawah beserta daya dukungnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pondasi Tiang Bor (*Bore Pile Foundation*)

Pondasi *bore pile* adalah jenis pondasi dalam yang berbentuk tabung berfungsi meneruskan beban struktur bangunan di atasnya dari permukaan tanah sampai lapisan tanah keras. Pondasi *bore pile* memiliki fungsi yang sama dengan pondasi tiang pancang atau pondasi dalam lainnya. Interaksi antara pondasi *bore pile* dengan tanah diharapkan dapat menghasilkan daya dukung yang mampu memikul dan memberikan keamanan pada struktur bagian atas. Pondasi dirancang agar mampu mendukung beban sampai batas keamanan tertentu, termasuk mendukung beban maksimum yang mungkin terjadi. Penggunaan pondasi dalam sebagai pondasi dari suatu bangunan dengan daya dukung tanah yang cukup untuk memikul berat dari bangunan dan seluruh beban yang bekerja berada pada lapisan dengan kedalaman > 8 meter dari permukaan tanah (Bowles, 1997).

Penelitian yang dilakukan oleh Ulfa Jusi (2015) adalah tentang analisa kuat dukung pondasi *bore pile* berdasarkan data pengujian lapangan (*Cone* dan *Standard Penetration Test*). Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui kuat dukung tiang *bore pile* dari hasil sondir dan standar penetrasi tes (SPT) kemudian dibandingkan dengan hasil kuat dukung tiang *bore pile*. Metode yang digunakan untuk sondir adalah metode *Schmertmann* dan *Nottingham* serta metode *Meyerhoff*, sedangkan standar penetrasi test (SPT) menggunakan metode *O'Neil dan Reese*, *Meyerhoff*, *Coyle*, dan *Castello*.

Penelitian yang dilakukan oleh Wibarini dan Zakiah (2016) adalah tentang perencanaan pondasi *bore pile* pada Gedung Parkir Politeknik Negeri Bandung. Analisis daya dukung pondasi *bore pile* menggunakan metode *Meyerhoff* dan *Terzaghi*. Penelitian ini menggunakan 5 tipe pondasi yang masing-masing pondasi menggunakan diameter 0,6 m. Namun peneliti juga melakukan variasi dimensi pondasi *bore pile* dengan diameter 0,5 m, 0,6 m dan 0,8 m berdasarkan data SPT. Analisis daya dukung pondasi menggunakan metode *Meyerhoff* dan *Terzaghi*.

Berdasarkan penelitian tersebut diperoleh daya dukung ultimit pondasi (Q_u) metode *Meyerhoff* diameter 0,5 m, 0,6 m dan 0,8 m, diperoleh masing-masing sebesar 242,68 ton, 336,02 ton, dan 567,5 ton, serta metode *Terzaghi* dengan diameter 0,5 m, 0,6 m dan 0,8 m, diperoleh masing-masing sebesar 242,74 ton, 336,11 ton dan 567,67 ton.

Penelitian yang dilakukan oleh Amanda (2017) adalah tentang perencanaan ulang struktur bawah. Tujuan dari penelitian adalah menganalisis dan membandingkan kapasitas dukung ultimit desain eksisting dan merancang kelompok tiang *alternative* desain pondasi *bore pile*

Penelitian yang dilakukan oleh Mz Ibnu Hidayat (2018) adalah tentang perencanaan ulang struktur bawah dengan pondasi *bore pile* pada Gedung White Hotel Sedan Yogyakarta. Pondasi *bore pile* direncanakan dengan variasi diameter yang berbeda-beda yaitu 60 cm, 70 cm dan 80 cm Perhitungan daya dukung pondasi berdasarkan data CPT dengan menggunakan metode *Schmertmann&Nottingham*, *Meyerhoff*, dan *Reese&Wright*. Berdasarkan penelitian tersebut diperoleh kapasitas dukung ultimit tiang (Q_u) *existing* (tiang pancang) dengan diameter 60 cm sebesar 3043,868 kN. Kapasitas dukung ultimit (Q_u) tiang bor metode *Meyerhoff* diameter 60 cm, 70 cm, 80 cm, diperoleh masing-masing sebesar 7344,490 kN, 9627,267 kN, dan 12157,019 kN, metode *Reese&Wright* diameter 60 cm, 70 cm, 80 cm, diperoleh masing-masing sebesar 4490,117 kN, 5423,082 kN, dan 6408,793 kN, serta metode *Schmertmann&Nottingham* diameter 60 cm, 70 cm, 80 cm, diperoleh masing-masing sebesar 5546,154 kN, 7094,132 kN, dan 8657,126 kN.

2.2 Daya Dukung Pondasi Tiang Bor

Kapasitas dukung tiang adalah kemampuan atau kapasitas tiang dalam mendukung beban (Hardiyatmo, 2011). Kapasitas dukung tiang adalah kemampuan atau kapasitas tiang dalam mendukung beban. Jika satuan yang digunakan dalam kapasitas dukung pondasi dangkal adalah satuan tekanan (kPa), maka dalam kapasitas dukung tiang satuannya adalah satuan gaya (kN). Dalam beberapa literatur digunakan istilah *pile capacity* atau *pile carrying capacity* (Fahmi, 2018). Pada penelitian ini perhitungan kapasitas daya dukung yang dilakukan untuk

mendesain ulang tiang bor untuk pondasi gedung Universitas Muhammadiyah Metro yaitu daya dukung ultimit dan daya dukung kelompok tiang, setelah dilakukan perhitungan tersebut maka dilakukan perhitungan penurunan tiang akibat beban yang dipikul.

Penelitian yang dilakukan oleh Prayogo dan Saptowati (2016) adalah tentang uji sondir (CPT) dilakukan untuk mengetahui elevasi lapisan tanah keras dan homogenitas tanah dalam arah lateral. Pengujian ini dilaksanakan hingga mencapai lapisan tanah keras dimana alat sondir dilengkapi dengan *adhesion jacket cone type bagemann* yang dapat mengukur nilai perlawanan konus (*cone resistance*) dan hambatan lekat (*local friction*) secara langsung di lapangan. Hasil pengujian sondir akan disajikan dalam bentuk diagram sondir yang memperlihatkan hubungan antara depth sondir di bawah muka tanah dan nilai perlawanan konus (q_c) serta jumlah hambatan pelekat, kemudian hasil tersebut dapat digunakan dalam analisis daya dukung pondasi.

2.3 Perbandingan Penelitian Terdahulu Terhadap Penelitian Yang Akan Dilakukan

Sebelum melakukan suatu penelitian perlu dilakukan perbandingan antara penelitian terdahulu dengan penelitian yang sedang dilakukan, hal ini dimaksudkan agar mencegah tidak adanya plagiasi dari penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Serta menjaga orisinilitas dari penelitian yang sedang dilakukan. Adapun perbedaan penelitian terdahulu dan penelitian yang sedang dilakukan dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu Dengan Penelitian Yang Akan Dilakukan

Aspek Peneliti	Penelitian Terdahulu					Penelitian Sekarang
	Ulfa Jusi (2015)	Wibarini, dkk (2016)	Amanda (2017)	Mz (2018)	Fahri (2018)	Sa'da (2022)
Judul penelitian	Analisa Kuat Dukung Pondasi <i>Bore Pile</i> Berdasarkan Data Pengujian Lapangan (<i>Cone</i> dan <i>Nstandard Penetration Test</i>)	Perencanaan Pondasi <i>Bore pile</i> Pada Gedung Parkir Politeknik Negeri Bandung	Perencanaan Ulang Struktural Bawah Abutment Dengan Pondasi <i>Bore Pile</i>	Perencanaan Ulang Struktur Bawah Dengan Pondasi <i>Bore pile</i> Pada Gedung White Hotel Sedan Yogyakarta	Perencanaan Ulang Pondasi Tiang Pancang Dengan Variasi Diameter Menggunakan Metode Meyerhoff, Aoki&De Alencar Dan Luciano Decourt	Perencanaan Ulang Dengan Pondasi Tiang Bor Dengan Variasi Dimensi Menggunakan Metode <i>Reese&Wright</i> (1977)
Tujuan Penelitian	Menghitung dan membandingkan kuat dukung metode penyelidikan dari data sondir dan SPT	Merencanakan struktur bawah menggunakan pondasi <i>bore pile</i> pada perencanaan pembangunan gedung parkir di Politeknik Negeri Bandung.	merancang dan menganalisis kapasitas dukung kelompok tiang alternatif desain pondasi <i>bore pile</i> dari beberapa diameter dengan metode <i>Mayerhoff</i> dan <i>Reese&Wright</i> ,	Mengetahui perbandingan kapasitas dukung pondasi dengan tiga metode, diameter dan jumlah tiang dengan <i>safety factor</i> 3.	Mengetahui kapasitas dukung pondasi tiang pancang dengan kapasitas dukung pondasi <i>existing (bore pile)</i> dan penurunan yang terjadi pada pondasi tiang pancang.	Mengetahui kapasitas dukung pondasi <i>bore pile</i> dengan kapasitas dukung pondasi <i>existing (foot plat)</i> dan penurunan yang terjadi pada pondasi <i>bore pile</i> .

Sumber: Ulfa Jusi (2015), Wibarini, dkk (2016), Amanda (2017), Mz (2018), Fahri (2018)

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu Dengan Penelitian Yang Akan Dilakukan

Aspek Peneliti	Penelitian Terdahulu					Penelitian Sekarang
	Ulfa Jusi (2015)	Wibarini, dkk (2016)	Amanda (2017)	Mz (2018)	Fahri (2018)	Sa'da (2023)
Metode Penelitian	Schmertmann dan Nottingham, <i>O'Neil dan Reese, Meyerhoff, Coyle dan Castello</i>	<i>Meyerhoff dan Terzaghi</i>	<i>Meyerhoff dan Reese & Wright</i>	<i>Meyerhoff, Schmertmann & Nottingham, dan Reese & Wright</i>	<i>Meyerhoff, Aoki De Alencar dan Luciano Decourt</i>	<i>Reese & Wright.</i>
Hasil Penelitian	Menggunakan diameter tiang 0,4 m, 0,6 m dan 0,8 m. P yang diterima pondasi sebesar 1763,42 KN. Q_u pada pondasi sebesar 2350,44 KN dengan diameter 0,8 m metode Coyle dan Castello	Menggunakan diameter tiang 0,5 m, 0,6 m dan 0,8 m. P yang diterima pondasi sebesar 260,62 ton. Q_u pada pondasi sebesar 567,670 ton dengan diameter 0,8 m	Menggunakan diameter tiang 0,4 m, 0,6 m dan 0,8 m. P yang diterima pondasi sebesar 13784,9 kN Q_g pada pondasi sebesar 15995,843 kN KN dengan diameter 0,8 m	Menggunakan diameter tiang 60 cm, 70 cm dan 80 cm. P yang diterima pondasi sebesar 2881,653 kN, sedangkan Q_g pada pondasi sebesar 4947,828 kN dengan diameter 60 cm metode Meyerhoff.	Menggunakan diameter tiang 0,3 m, 0,4 m dan 0,5 m. P pada pondasi sebesar 903,296 ton. Q_u pondasi existing sebesar 1096,16 ton dengan dimensi 0,8 m, sedangkan Q_u desain pondasi tiang pancang sebesar 938,246 ton dengan dimensi 0,5 m.	Menggunakan diameter tiang 40 cm, 60 cm dan 80 cm. P yang diteruskan pada pondasi sebesar 1300 Kn, sedangkan Q_g pada pondasi bore pile dengan diameter 60 cm sebesar 1844 Kn. Metode <i>Reese & Wright</i>

Sumber: Ulfa Jusi (2015), Wibarini, dkk (2016), Amanda (2017), Mz (2018), Fahri (2018)

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Tanah

Tanah adalah gabungan mineral organik serta endapan lepas (*loose*), yang berada di atas batuan dasar (*bedrock*). Terjadinya butiran lemah dapat disebabkan karena karbonat, zat organik atau senyawa oksida yang mengendap di antara partikel. Tempat di antara partikel dapat bersih air, udara ataupun keduanya (Hardiyatmo, 2010)

Proses pembentukan tanah dari batuan terbagi menjadi dua yaitu, terjadi secara fisis ataupun kimawi. Proses fisis berupa erosi akibat *wind blow*, Pengikisan oleh air dan *glacier* atau pemecahan yang dikarenakan pembekuan dan pencairan es dalam bantuan, sedangkan pada proses kimiawi menghasilkan struktur susunan mineral batuan. Terjadinya penyebab tersebut dikarenakan air yang mengandung asam alkali, Oksigen dan karbondioksida (Wesley, 1997)

Menurut *Bowls (1994)* tanah merupakan campuran partikel-partikel yang terdiri dari salah satu atau seluruh jenis yaitu:

1. Berangkal (*boulders*) adalah pecahan batuan yang besar, ukurannya lebih besar dari 250 hingga 300 mm dan kerakal (*cobbles/pebbles*) adalah fragmen batuan yang berukuran 150 mm hingga 250mm,
2. Krikil atau disebut (*gravel*) adalah batuan yang memiliki ukuran 5 mm hingga 150 mm,
3. Pasir atau disebut (*sand*) adalah partikel batuan yang berukuran 0,0074 mm hingga 5 mm, yang dimana ukuran ini kasar dengan ukuran 3 mm hingga 5 mm hingga bahan halus yang berukuran < 1 mm,
4. Lanau (*silt*) yakni partikel bantuan yang memiliki ukuran lebih dari 0,002 mm hingga 0,0074 mm,
5. Lempung atau biasa disebut (*clay*) yakni partikel mineral yang berukuran lebih kecil dari 0,002 mm yang merupakan sumber utama dari kohesi pada tanah kohesif.

3.2 Penyelidikan Tanah

Penyelidikan Tanah merupakan hal yang wajib dilakukan ketika akan melakukan pekerjaan konstruksi berskala besar seperti pembangunan gedung bertingkat, pembangunan jalan beton, dll. Penyelidikan tanah sendiri merupakan pekerjaan / kegiatan untuk mengetahui karakteristik maupun daya dukung tanah beserta kondisi geologinya. Dengan melakukan pengujian tanah maka kita dapat menentukan jenis pondasi yang tepat untuk digunakan pada konstruksi bangunan. Selain itu juga dapat digunakan untuk menentukan perlakuan yang tepat agar tanah bisa mendukung terhadap jenis pondasi yang diterapkan. Dari penyelidikan inilah akan ditentukan baik alternatif, jenis, kedalaman hingga dimensi pondasi yang paling efisien namun tetap aman digunakan.

Penyelidikan tanah mempunyai tujuan sebagai berikut.

1. Menentukan sifat-sifat tanah yang terkait dengan perancangan struktur yang dibangun di atasnya.
2. Menentukan kapasitas dukung tanah menurut tipe pondasi yang dipilih.
3. Menentukan tipe dan kedalaman pondasi.
4. Untuk mengetahui posisi muka air tanah.
5. Untuk memprediksi besarnya penurunan.
6. Menyelidiki keamanan suatu struktur bila penyelidikan dilakukan pada bangunan yang telah ada sebelumnya..

Cone Penetration Test (CPT) adalah suatu uji tanah yang dilakukan dengan cara melakukan penetrasi konus ke dalam tanah yang bertujuan untuk mengetahui daya dukung tanah tiap kedalaman tertentu berdasarkan parameter-parameter perlawanan tanah terhadap ujung konus dan hambatan akibat lekatan tanah dengan selubung konus. Parameter tersebut berupa perlawanan konus (q), perlawanan geser (f_s), angka banding geser (R_f), dan geseran total tanah (T), yang dapat digunakan untuk interpretasi perlapisan tanah yang merupakan bagian dari desain pondasi.

3.3 Pengertian Pondasi

Pondasi adalah suatu komponen struktur yang sangat penting karena semua beban yang timbul akan diterima oleh pondasi. Sebuah bangunan tidak dapat begitu

saja didirikan langsung diatas tanah, untuk itu diperlukan adanya struktur bangunan bawah yang disebut pondasi. Oleh karena itu, pondasi merupakan bangunan sub struktur dibawah tanah yang berfungsi sebagai pendukung seluruh berat dari bangunan dan meneruskan beban yang didukung ke tanah dibawahnya sekaligus menstabilkan beban. Suatu system pondasi harus dihitung untuk menjamin keamanan, kestabilan bangunan diatasnya, tidak boleh terjadi penurunan Sebagian atau seluruhnya melebihi batas-batas yang diijinkan.

Adapun syarat untuk pekerjaan pondasi yang harus diperhatikan, baik secara fungsional mampu mendukung dan menyalurkan dengan baik beban-beban diatasnya dan secara struktural pondasi tidak ambles dan tidak berubah bentuk. Syarat yang harus diperhatikan dalam pekerjaan pondasi sebagai berikut ini.

1. Dasar pondasi harus mempunyai lebar yang cukup dan harus diletakkan pada lapisan tanah yang keras.
2. Harus dihindari memasang pondasi Sebagian pada tanah keras, Sebagian pada tanah lembek.
3. Pondasi harus dipasang menerus di bawah seluruh dinding bangunan dan dibawah kolom-kolom pendukung yang berdiri bebas.
4. Apabila digunakan pondasi setempat, pondasi itu harus dirangkai satu dengan balok pengikat (balok sloof).
5. Pondasi harus dibuat dari bahan yang awet berada didalam tanah dan kuat menahan gaya-gaya yang bekerja padanya terutama gaya desak.
6. Apabila lapisan tanah keras tidak sama dalamnya, tapi untuk seluruh panjang pondasi harus diletakkan pada kedalaman yang sama.

3.4 Pondasi Dangkal (*Shallow Foundation*)

Pondasi dangkal disebut demikian karena kedalamannya masuknya ke tanah relative dangkal, hanya beberapa meter masuknya ke dalam tanah. Salah satu tipe yang sering digunakan adalah pondasi menerus yang biasa pada rumah-rumah, dibuat dari beton atau pasangan batu, meneruskan beban dari dinding dan kolom bangunan ke tanah keras. Pondasi dangkal dapat dibedakan menjadi beberapa jenis, yaitu:

1. Pondasi setempat (*single footing*).
2. Pondasi menerus (*continuous footing*).
3. Pondasi pelat (*plate foundation*).
4. Pondasi cakar ayam (*foot plate*).
5. Pondasi sarang laba-laba.

3.5 Pondasi *Bore Pile*

Tiang Bor (*Bore pile*) adalah jenis pondasi yang tiang yang pemasanganya dilakukan dengan mengebor tanah dahulu baru kemudian dimasukkan tulangan yang telah dirangkai ke dalam lubang bor kemudian dicor beton (Hardiyatmo, 2010).

Pondasi tiang bor adalah jenis pondasi yang dalam pembuatanya dilakukan dengan cara mengebor tanah baru kemudian dimasukan tulangan dan dicor dengan beton. Tiang 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 tahanan dukung ujung tiang.

Pemilihan pondasi tiang bor didasarkan pada kapasitas tiang perunit yang tinggi dan kondisi lingkungan pekerjaan yang tidak memungkinkan untuk memilih tiang pancang. Tiang pancang yang lebih praktis dalam pelaksanaan dan kekuatan tiang yang seragam tidak dapat sepenuhnya dilaksanakan disembarang tempat dikarenakan faktor lingkungan yang terkadang tidak mendukung. Akan tetapi dalam tiang bor, dikarenakan pelaksanaanya menggali tanah dan mengisinya dengan beton maka tanah dari hasil pemboran dapat dicocokkan dengan tanah hasil penyelidikan tanah yang sudah dilaksanakan.

3.6 Pembebanan Pondasi

Pembebanan merupakan hal yang palinh awal diperhitungkan dalam perencanaan dan analisis Gedung. Umumnya pembebanan pada struktur gedung dikelompokkan menjadi dua berdasarkan arah kerjanya yakni beban vertikal dan

horizontal. Beban vertikal yang bekerja pada struktur gedung meliputi beban mati dan beban hidup, sedangkan beban horizontal berupa beban angin serta beban gempa.

3.6.1 Beban Mati

Berat sendiri ialah berat dari semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian-penyelesaian, mesin-mesin semata peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung itu. Berat sendiri dari bahan-bahan bangunan penting dan dari beberapa komponen gedung yang harus ditinjau di dalam menentukan beban mati dari suatu gedung, harus diambil menurut Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Beban Sendiri Bahan Bangunan dan Komponen Gedung	
BAHAN BANGUNAN	
Baja	7.850 kg/m ³
Batu alam	2.600 kg/m ³
Batu belah, batu bulat, batu gunung (berat tumpuk)	1.500 kg/m ³
Batu karang (berat tumpuk)	700 kg/m ³
Batu pecah	1.45 kg/m ³
Besi tuang	7.250 kg/m ³
Besi ⁽¹⁾	2.200 kg/m ³
Beton bertulang ⁽²⁾	2.400 kg/m ³
Kayu (Kelas 1) ⁽³⁾	1.000 kg/m ³
Kerikil, koral (kering udara sampai lembab, tanpa diayak)	1.650 kg/m ³
Pasangan bata merah	1.700 kg/m ³
Pasangan batu belah, batu bulat, batu gunung	2.200 kg/m ³
Pasangan batu cetak	2.200 kg/m ³
Pasangan batu karang	1.450 kg/m ³
Pasir (kering udara sampai lembab)	1.600 kg/m ³
Pasir (jenuh air)	1.800 kg/m ³
Pasir, kerikil, koral (kering udara sampai lembab)	1.850 kg/m ³
Tanah, lempung dan lanau (kering udara sampai lembab)	1.700 kg/m ³

Lanjutan Tabel 3.1 Beban Sendiri Bahan Bangunan Dan Komponen Gedung

BAHAN BANGUNAN	
Tanah, lempung dan lanau (basah)	2.00 kg/m ³
Timah hitam (timbel)	11.400 kg/m ³
KOMPONEN GEDUNG	
Adukan, per cm tebal	
- dari semen	21 kg/m ²
- dari kapur, semen merah atau tras	17 kg/m ²
Aspal, termasuk bahan-bahan mineral penambah, per cm tebal:	
Dinding psangan batu merah	
- satu batu	450 kg/m ²
- setengah batu	250 kg/m ²
Dinding psangan batako:	
Berlubang	
- tebal dinding 20 cm (HB 20)	200 kg/m ²
- tebal dinding 10 cm (HB 10)	120 kg/m ²
Tanpa lubang	
- tebal dinding 15 cm	300 kg/m ²
- tebal dinding 10 cm	200 kg/m ²
Langit-langit dan dinding (termasuk rusuk-rusuknya, tanpa penggantung langit-langit atau pengaku), terdiri dari:	
- semen asbes (etemit dan bahan lain sejenis), dengan tebal maksimum 4 mm	11 kg/m ²
- kaca, dengan tebal 3 – 5 mm	10 kg/m ²
Lantai kayu sederhana dengan balok kayu, tanpa langit-langit dengan bentang maksimum 5 m dan untuk beban hidup maksimum 200 kg/m ²	40 kg/m ²
Penggantung langit-langit (dari kayu), dengan bentang maksimum 5 m dan jarak s.k.s minimum 0,80 m	7 kg/m ²
Penutup atap genting dengan reng dan usuk/kaso per m ² bidang atap	50 kg/m ²

Lanjutan Tabel 3.1 Beban Sendiri Bahan Bangunan Dan Komponen Gedung
KOMPONEN GEDUNG

Penutup atas sirap dengan reng dan usuk/kaso, per m ² bidang atap	40 kg/m ²
Penutup atap seng gelombang (BJLS-25) tanpa gordeng	10 kg/m ²
Penutup lantai dari ubin semen Portland, teraso dan beton, tanpa adukan, per cm tebal	24 kg/m ²
Semen asbes gelombang (tebal 5 mm)	11 kg/m ²
Catatan: (1) Nilai ini tidak berlaku untuk beton pengisi (2) Untuk beton getar, beton kejut, beton mampat dan beton padat lain sejenis, berat sendirinya harus ditentukan tersendiri (3) Nilai ini adalah nilai rata-rata, untuk jenis-jenis kayu tertentu lihat Pedoman Perencanaan Konstruksi Kayu	

Sumber: SKBI 1.3.53.1987

3.6.2 Beban Hidup

Beban hidup ialah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung, dan ke dalamnya termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah, mesin-mesin serta peralatan yang tidak merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung dan dapat diganti selama masa hidup dari gedung itu, sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai atau atap tersebut. Khusus pada atap ke dalam beban hidup dapat termasuk beban yang berasal dari air hujan, baik akibat genangan maupun akibat tekanan jenis (energi kinetik) butiran air.

3.7 Distribusi Beban Gempa

Gempa bumi adalah bergetarnya permukaan tanah karena pelepasan energi secara tiba-tiba akibat dari pecah/slipnya massa batuan di lapisan kerak bumi. Energi tersebut terakumulasi dan terperangkap pada waktu yang lama kemudian terlepas dan merambat ke segala arah sampai ke permukaan tanah. Hal tersebut membuat permukaan tanah bergelombang yang mengakibatkan bangunan

diatasnya bergetar. Pada saat bangunan bergetar, timbul gaya-gaya pada struktur bangunan karena adanya kecenderungan massa bangunan untuk mempertahankan dirinya dari gerakan.

Menurut SNI-03-1726-2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung tahapan pada analisis distribusi beban gempa dapat dijelaskan sebagai berikut.

1. Periode struktur bangunan (T)

Periode getar struktur merupakan salah satu nilai yang penting dalam merancang bangunan tahan gempa. Periode getar struktur akan menentukan besarnya beban gempa yang akan mempengaruhi perancangan struktur bangunan. Periode struktur bangunan ditentukan dengan perhitungan sebagai berikut.

- a. Periode fundamental pendekatan (T_a) dipengaruhi oleh tinggi bangunan (h_n), nilai parameter C_t dan x . perhitungan T_a dapat dilihat pada Persamaan 3.1 berikut.

$$T_a = C_t \times h_{nx} \quad (3.1)$$

dengan:

T_a = fundamental pendekatan (detik)

C_t = nilai parameter

h_{nx} = tinggi bangunan (m)

Adapun nilai parameter periode pendekatan C_t dan x dapat dilihat pada Tabel 3.2 berikut:

Tabel 3.2 Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan x

Tipe Struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka pemikul 100% gaya seismik yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya seismik:		
Rangka baja pemikul momen	0,0724	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488	0,75

Sumber: SNI 03-1726-2019 (2019)

b. Periode *computed* (T_c)

Periode *computed* dihitung dengan menggunakan aplikasi *ETABS* yang berfungsi untuk membandingkan nilai periode fundamental (T) yang akan digunakan pada analisis beban dengan 3 syarat batasan sebagai berikut.

- 1) Jika $T_c > C_u \times T_a$ digunakan $T = C_u \times T_a$
- 2) Jika $T_a < T_c < C_u \times T_a$ digunakan $T = T_c$
- 3) Jika T_c

Berdasarkan SNI 03-1726-2019 bagian 7.8.2 persamaan periode fundamental (T) menggunakan pendekatan nilai koefisien batas atas (C_u) yang dihitung dengan menggunakan Tabel 3.3 berikut:

Tabel 3.3 Koefisien C_u

Parameter Percepatan Respons Spektral Desain pada 1 Detik, S_{D1}	Koefisien C_u
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

Sumber: SNI 03-1726-2019 (2019)

2. Faktor keutamaan (I) dan kategori risiko struktur bangunan

Berdasarkan SNI 03-1726-2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung bagian 4.1.2, nilai faktor keutamaan (I) dan kategori risiko bangunan dapat dilihat pada Tabel 3.4 dan Tabel 3.5.

Tabel 3.4 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Nongedung

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
<p>Gedung dan nongedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fasilitas pertanian, perkebunan, perternakan, dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya 	I

Lanjutan Tabel 3.4 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Nongedung

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
<p>Semua Gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I, III, IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/rumah susun - Pusat perbelanjaan/mall - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik 	II
<p>Gedung dan nongedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bioskop - Gedung pertemuan - Stadion - Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas penitipan anak - Penjara - Bangunan untuk orang jompo 	III

Lanjutan Tabel 3.4 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Nongedung

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
<p>Gedung dan nongedung, tidak termasuk kedalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pusat pembangkit listrik biasa - Fasilitas penanganan air - Fasilitas penanganan limbah - Pusat telekomunikasi <p>Gedung dan nongedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Rumah ibadah - Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat - Pusat pembangkit energi dan fasilitas public lainnya yang dibutuhkan pada saat kendaraan darurat - Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangka penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangka air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat 	III

Lanjutan Tabel 3.4 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Nongedung

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
Gedung dan nongedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.	III
Gedung dan nongedung yang dikategorikan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk: <ul style="list-style-type: none"> - Bangunan-bangunan monumental - Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan 	

Sumber: SNI 03-1726-2019

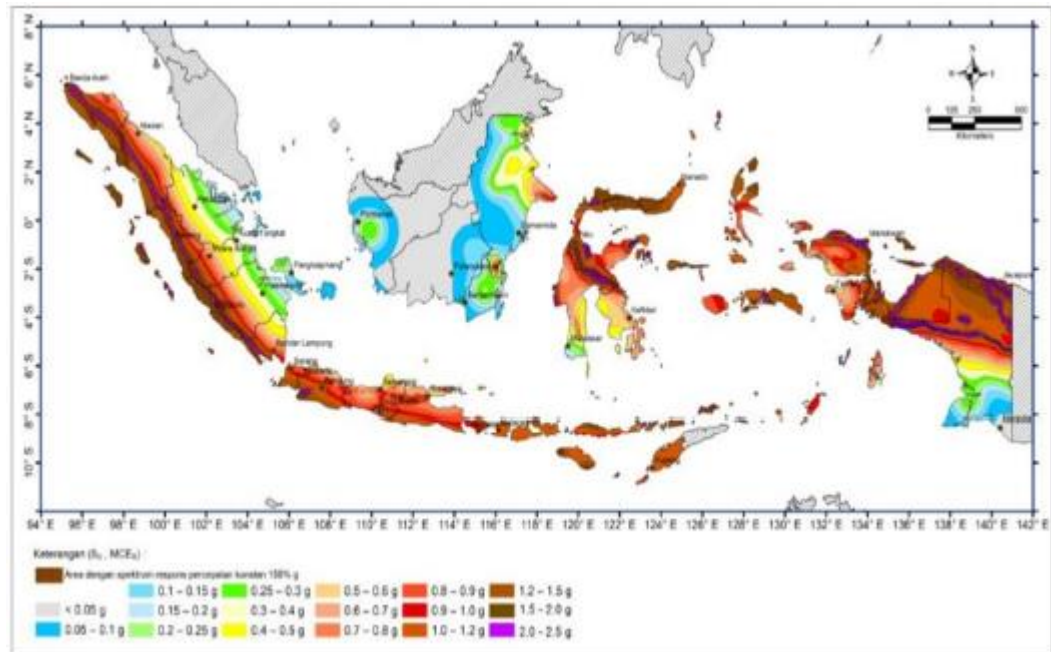
Tabel 3.5 Faktor Keutamaan (I) Untuk Berbagai Kategori Bangunan

Kategori Risiko	Faktor Keutamaan Gempa, I_e
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

Sumber: SNI 03-1726-2019

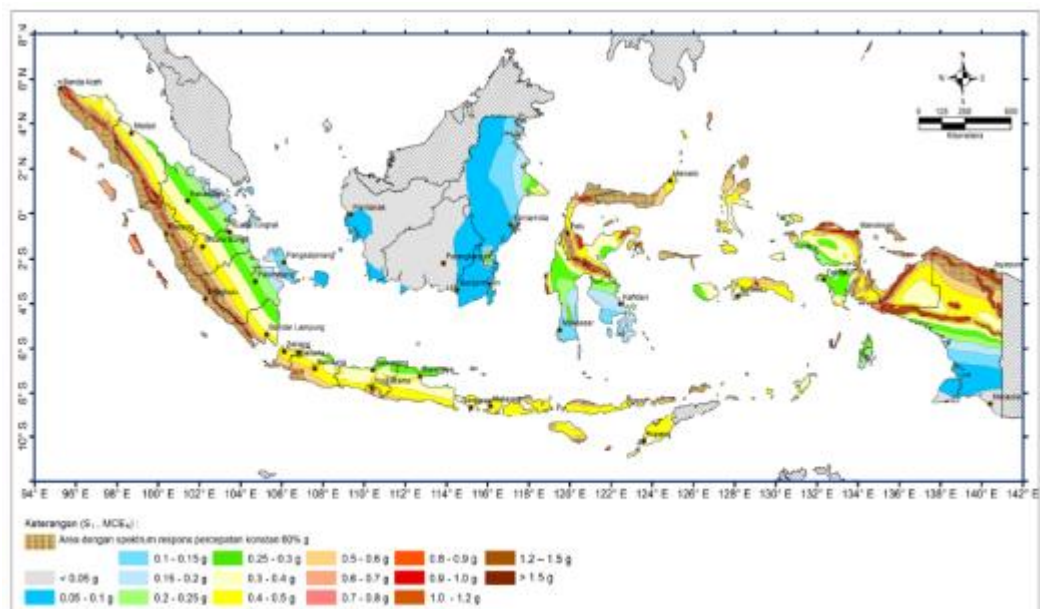
3. Respon spektrum gempa

Berdasarkan SNI 03-1726-2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, agar menghasilkan nilai respons spektrum gempa, maka perlu diketahui terlebih dahulu parameter percepatan terpetakan, yang meliputi percepatan batuan dasar pada perioda pendek (S_s) dan percepatan batuan dasar pada perioda 1 detik (S_1). Adapun penentuan parameter S_s dan S_1 dapat dilihat pada Gambar 3.1 dan Gambar 3.2.



Gambar 3.1 Peta Wilayah Percepatan Batuan Dasar Pada Periode Pendek (S_s)

Sumber: SNI 1726-2019



Gambar 3.2 Peta Wilayah Percepatan Batuan Dasar Pada 1 Detik (S_1)

Sumber: SNI 1726-2019

Adapun untuk nilai F_a , F_v , S_s dan S_1 dapat dilihat pada Tabel 3.6 dan Tabel 3.7.

Tabel 3.6 Koefisien Situs, F_a

Kelas Situs	Parameter respons spectral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R) terpetakan pada periode pendek, $T = 0,2$ detik, S_s					
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s = 1,25$	$S_s \geq 1,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
SC	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0
SE	2,4	1,7	1,3	1,1	0,9	0,8
SF	$SS^{(a)}$					

Sumber: SNI 03-1726-2019 (2019)

Tabel 3.7 Koefisien Situs, F_v

Kelas Situs	Parameter respons spectral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R) terpetakan pada periode 1 detik, S_1					
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 = 0,5$	$S_1 \geq 0,6$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SC	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4
SD	2,4	2,2	2,0	1,9	1,8	1,7
SE	4,2	3,3	2,8	2,4	2,2	2,0
SF	$SS^{(a)}$					

Sumber: SNI 03-1726-2019 (2019)

Adapun untuk nilai S_s dan S_1 dapat dilihat pada SNI 03-1726-2019 dalam pasal berikut.

- Parameter percepatan respon spektral MCE dari prta gempa pada periode pendek, redaman 5% (S_s) dapat dilihat pada pasal 6.1.2.
- Parameter percepatan respon spektral MCE dari peta gempa pada periode 1 detik, redaman 5% (S_1) dapat dilihat pada pasal 6.1.2.

4. Beban geser nominal (V)

Adapun perhitungan beban geser nominal dapat dirumuskan menggunakan persamaan 3.2.

$$V = C_s \times W_t \quad (3.2)$$

dengan:

C_s = koefisien gempa

W_t = berat total bangunan (ton/m^3)

5. Distribusi gaya geser

Distribusi gaya geser horizontal merupakan jumlah dari gaya horizontal akibat gaya gempa yang bekerja pada tingkat bangunan. Gaya geser horizontal diperoleh dari persamaan 3.3.

$$F_i = \frac{W_i \times H_i}{\sum W_i \times H_i} \times V \quad (3.3)$$

dengan:

F_i = gaya horizontal tingkat ke-I (kN)

W_i = berat lantai ke-I (kg)

H_i = Tinggi lantai ke-I (m)

V = gaya geser (kN)

Faktor lain yang juga berpengaruh pada perhitungan distribusi gaya geser horizontal yaitu nilai eksponen. Eksponen yang terkait dengan perioda struktur sebagai berikut.

a. Untuk struktur dengan $T \leq 0,5$ detik, $k = 1$.

b. Untuk struktur dengan $T \geq 2,5$ detik, $k = 2$.

c. Untuk struktur dengan nilai $0,5 < T < 2,5$ detik, k ditentukan dengan interpolasi.

3.8 Kapasitas Dukung Pondasi Tiang Bor

Kapasitas dukung tiang adalah kemampuan atau kapasitas tiang dalam mendukung beban. Jika satuan yang digunakan dalam kapasitas dukung pondasi dangkal adalah satuan tekanan (kPa), maka dalam kapasitas dukung tiang satuannya adalah satuan gaya (kN). (Fahmi, 2018)

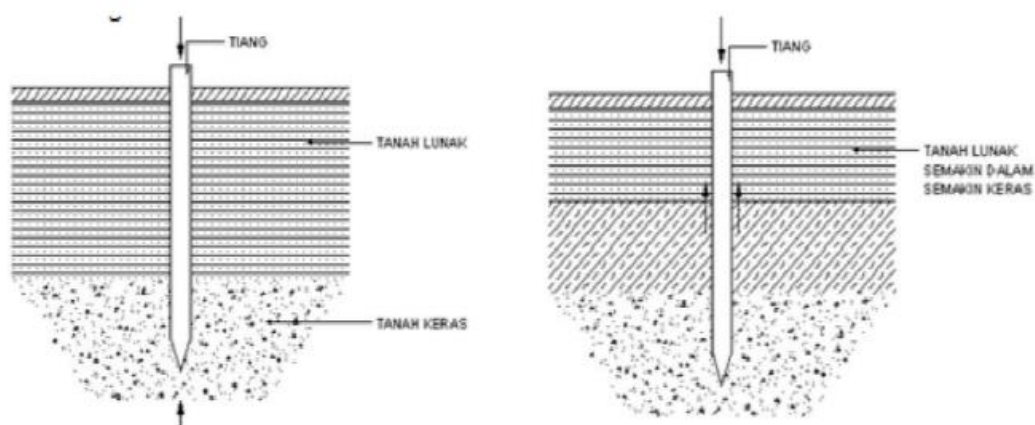
Ditinjau dari cara mendukung beban, tiang dapat dibagi menjadi 2 (dua) macam (Hardiyatmo, 2002), yaitu:

1. Tiang gesek (*friction pile*)

Tiang gesek (*friction pile*) adalah tiang yang kapasitas dukungnya lebih ditentukan oleh perlawanan gesek antara dinding tiang dan tanah disekitarnya.

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

Tiang dukung ujung (*end bearing pile*) adalah tiang yang kapasitas dukungnya ditentukan oleh tahanan ujung tiang. Umumnya tiang dukung ujung berada dalam zone tanah yang lunak yang berada diatas tanah keras. Tiangtiang dipancang sampai mencapai batuan dasar atau lapisan keras lain yang dapat mendukung beban yang diperkirakan tidak mengakibatkan penurunan berlebihan. Kapasitas tiang sepenuhnya ditentukan dari tahanan dukung lapisan keras yang berada dibawah ujung tiang. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 3.3 tiang ditinjau dari cara mendukung bebannya.



Gambar 3.3 Tiang Ditinjau Dari Cara Mendukung Bebannya

Sumber: Hardiyatmo, 2002

3.9 Kapasitas Dukung Tiang Tunggal Berdasarkan Data Sondir (CPT)

Dalam perencanaan pondasi tiang, data tanah sangat diperlukan dalam mengetahui kapasitas daya dukung (*bearing capacity*) dari tiang itu sendiri. Berbeda dengan uji SPT, CPT akan menghasilkan nilai-nilai tahanan konus (q_c) yang dapat dikorelasikan secara langsung dengan kapasitas dukung tanah dan penurunan pondasi dangkal dan pondasi tiang. Kapasitas daya dukung aksial ultimit tiang umumnya dapat ditentukan dengan Persamaan 3.4 berikut.

$$Q_{ult} = Q_b + Q_s = q_b \times A_b + f \times A_s \quad (3.4)$$

dengan:

Q_{ult} = kapasitas dukung ultimit tiang (ton)

Q_b = kapasitas dukung ujung tiang (N)

Q_s = kapasitas dukung selimut tiang (ton)

q_b = tahanan ujung tiang persatuan luas

A_b = luas ujung tiang bor (m^2)

f = tahanan selimut persatuan luas (kN/m)

A_s = luas selimut tiang (m^2)

3.9.1 Kapasitas Dukung Tiang Metode Reese & Wright (1977)

Perhitungan kapasitas dukung metode *Metode Reese & Wright (1977)*

Dapat dihitung menggunakan dua persamaan pada tanah yang memiliki kohesif dan tanah non kohesif. Tanah pada penelitian ini termasuk dalam jenis tanah keras sehingga kapasitas ujung tiang dapat dihitung menggunakan persamaan (3.5)

$$Q_p = 9 \cdot C_u \cdot A_p \quad (3.5)$$

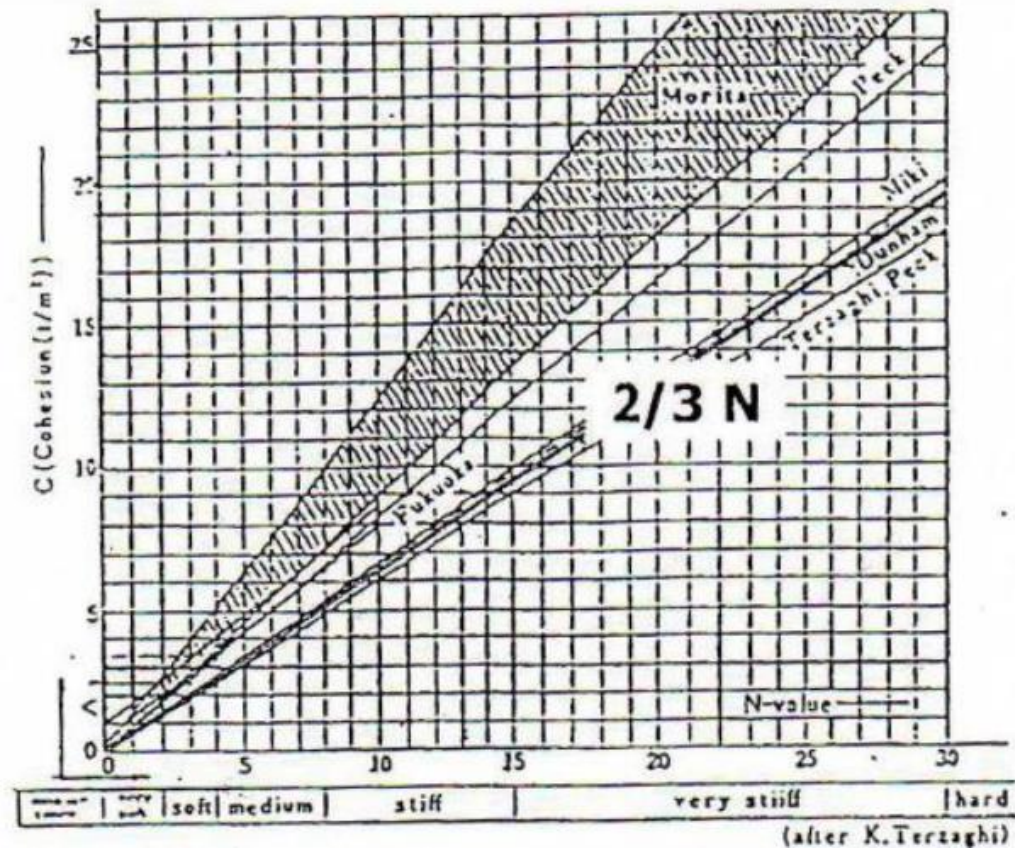
Dengan:

Q_p = kapasitas dukung ujung tiang (kN)

C_u = nilai kohesi tanah di bawah dasar tiang (kN/ m^2)

A_p = luas penampang tiang bor (m^2)

Terzaghi dan Peck (1967) mendapatkan korelasi nilai rata-rata kohesi tanah lempung yang dapat dilihat pada Gambar 3.4



Gambar 3.4 Korelasi N-SPT dengan Kohesi tanah pada Tanah Lempung

Sumber : Terzaghi dan Peck, 1967

Pada gambar grafik korelasi N-SPT dengan Kohesi tanah pada gambar 3.4 didapatkan persamaan nilai C_u dapat dihitung dengan persamaan 3.6

$$C_u = N \cdot \frac{2}{3} \cdot 10 \quad (3.6)$$

Dengan:

C_u = nilai kohesi tanah (kN/m^2)

N = nilai N-SPT

Selain itu, Terzaghi dan Peck (1967) juga memberikan table korelasi C_u dengan nilai N-SPT yang dapat dilihat Table 3.8.

Table 3.8 Korelasi N-SPT dengan Cu Pada Tanah Lempung

Konsisten	N	Cu (kN/m ²)
Sangat lunak	0 – 2	<12
Lunak	2 – 4	12 – 25
Sedang	4 – 8	25 – 50
Kaku	8 – 15	50 – 100
Sangat kaku	15 – 30	100 – 200
Keras	>30	>200

Sumber : Terzaghi dan Peck (1967)

Selanjutnya untuk tahanan selimut atau *skin friction* pada tanah kohesif dapat dihitung menggunakan persamaan 3.7

$$Q_s = \alpha \cdot C_u \cdot A_s \cdot L \quad (3.7)$$

Dengan:

α = koefisien adhesi antara tanah dan tiang (0,55)

C_u = nilai kohesi *undrained* (kN/m²)

A_s = keliling tiang (m)

L = panjang lapisan tanah (m)

Q_s = daya dukung selimut tiang (kN)

Setelah mendapatkan nilai tahanan ujung dan tahanan selimut, maka daya dukung ultimit pondasi tiang dapat diketahui melalui persamaan 3.4

$$Q_{ult} = Q_p + Q_s \quad (3.8)$$

Dengan:

Q_p = daya dukung ujung tiang (kN)

Q_s = daya dukung selimut tiang (kN)

3.10 Korelasi Nilai CPT ke N-SPT Metode Meyerhoff (1956)

Korelasi terhadap perhitungan ini menggunakan metode meyerhoff dimana metode ini menggunakan pendekatan hubungan nilai N-SPT dengan tanah konus dengan persamaan berikut.

$$q_c = 4N$$

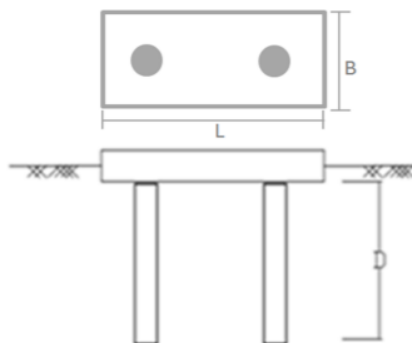
$$q_c = 2.5N$$

Namun demikian antara N-SPT dengan q_c sangat dipengaruhi oleh karakteristik geografis. Harus dilakukan penelitian lebih lanjut yang lebih spesifik untuk suatu wilayah tertentu untuk memperoleh korelasi N-SPT q_c yang lebih akurat

3.11 Kapasitas Dukung Tiang Kelompok

Tiang kelompok adalah sekumpulan tiang yang dipasang secara relatif berdekatan dan biasanya diikat menjadi satu bagian atasnya dengan menggunakan *pile cap*. Gambar tiang kelompok dapat dilihat pada Gambar 3.4. Untuk menghitung *pile cap* dianggap/dibuat kaku sempurna, sehingga:

1. Bila beban-beban yang bekerja pada kelompok tiang tersebut menimbulkan penurunan, maka setelah penurunan bidang *pile cap* tetap merupakan bidang datar.
2. Gaya yang bekerja pada tiang berbanding lurus dengan penurunan tiang-tiang.



Gambar 3.5 Kelompok Tiang

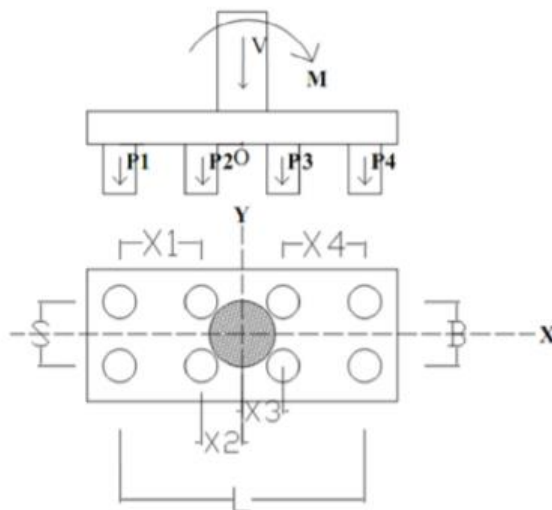
dengan:

D = dalam pondasi (m)

B = lebar pondasi (m)

L = Panjang pondasi (m)

Kelompok tiang yang bekerja dua arah (x dan y), dipengaruhi oleh beban vertikal dan momen (x dan y) yang akan mempengaruhi terhadap kapasitas daya dukung pondasi tiang, seperti pada Gambar 3.5 berikut.



Gambar 3.6 Kelompok Tiang

Untuk menghitung tekanan aksial pada masing-masing tiang digunakan Persamaan 3.9 berikut ini.

$$P = \frac{V}{n} \pm \frac{M_y \times X_i}{\sum X^2} \pm \frac{M_x \times y_i}{\sum y^2} \quad (3.9)$$

dengan:

P = beban aksial pada tiang ke-I (kN)

V = jumlah beban vertikal yang bekerja pada pusat kelompok tiang (kN)

M_x = momen yang bekerja pada bidang yang tegak lurus sumbu x (kNm)

M_y = momen yang bekerja pada bidang yang tegak lurus sumbu y (kNm)

n = banyaknya tiang pancang dalam kelompok tiang pancang (*pile group*).

x_i, y_i = absis atau jarak tiang ke pusat berat kelompok tiang ke tiang nomor-i.

$\sum x^2$ = jumlah kuadrat absis-absis tiang pancang.

$\sum y^2$ = jumlah kuadrat ordinat-ordinat tiang pancang.

Jarak antar tiang berdasarkan Dirjen Bina Marga Departemen P.U.T.L. disyaratkan dengan Persamaan 3.10 dan Persamaan 3.11 berikut:

$$S \geq 2,5D \quad (3.10)$$

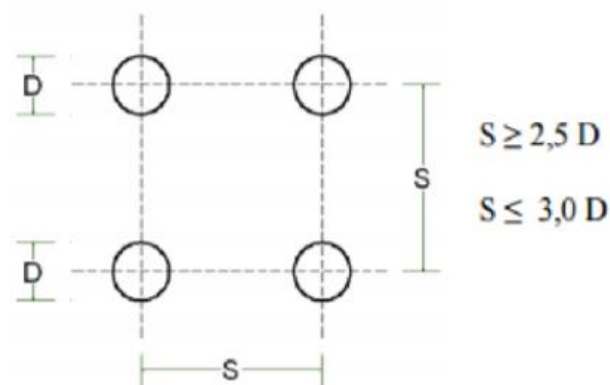
$$S \leq 3D \quad (3.11)$$

dengan:

S = jarak pusat ke pusat tiang (m)

D = diameter tiang (m)

Jarak antar tiang dapat dilihat pada Gambar 3.6 berikut.



Gambar 3.7 Jarak Antar Tiang

Sumber: Sardjono, 1988

Jika kelompok tiang berada dalam tanah lempung lunak, pasir tidak padat, atau timbunan, dengan dasar tiang yang bertumpu pada lapisan kaku, maka kelompok tiang tersebut tidak mempunyai resiko akan mengalami keruntuhan geser umum, asalkan diberikan faktor aman yang cukup terhadap bahaya keruntuhan tiang tunggalnya. Pada kelompok tiang yang dasarnya bertumpu pada lapisan lempung lunak, faktor aman terhadap keruntuhan blok harus diperhitungkan, terutama untuk jarak tiang-tiang yang dekat.

Jarak antara dua tiang dalam satu kelompok tiang memiliki ketentuan jarak minimum 0,60 m dan maksimum 2,00 m. Ketentuan tersebut didasarkan pada pertimbangan apabila $S < 2,5D$ maka kemungkinan tanah di dekat kelompok tiang akan naik berlebihan karena terdesak oleh tiang-tiang yang dipancang terlalu berdekatan. Selain itu, terangkatnya tiang-tiang di dekatnya yang telah dipancang lebih dahulu. Adapun jika $S > 3D$ hanya akan membuat biaya menjadi boros, karena dimensi *pile cap* akan semakin besar.

Umumnya model keruntuhan blok terjadi bila rasio jarak tiang dibagi diameter (S/D) sekitar kurang dari 2 (dua). Whitaker (1957) memperlihatkan bahwa keruntuhan blok terjadi pada jarak $1,5d$ untuk kelompok tiang yang berjumlah 3×3 , dan lebih kecil dari $2,25d$ untuk tiang yang berjumlah 9×9 . Kapasitas ultimit kelompok tiang dengan memperlihatkan faktor efisiensi tiang dinyatakan dengan rumus pada Persamaan 3.12 berikut.

$$Q_g = E_q \times n \times Q_a \quad (3.12)$$

dengan:

Q_g = beban maksimum kelompok tiang yang mengakibatkan keruntuhan (kN)

E_g = efisiensi kelompok tiang

n = jumlah tiang dalam kelompok

Q_a = beban maksimum tiang tunggal (kN)

Beberapa persamaan efisiensi tiang telah diusulkan untuk menghitung kapasitas kelompok tiang, namun semuanya hanya bersifat pendekatan. Persamaan-persamaan yang diusulkan didasarkan pada susunan tiang, dengan mengabaikan panjang tiang, variasi bentuk tiang yang meruncing, variasi sifat tanah dengan kedalaman dan pengaruh muka air tanah. Salah satu dari persamaan- 32 persamaan efisiensi tiang tersebut, yang disarankan oleh Converse-Labarre Formula, dapat dilihat pada Persamaan 3.13 berikut.

$$E_g = 1 - \theta \frac{(n'-1)m + (m-1)n'}{90 \times m \times n'} \quad (3.13)$$

dengan:

- E_g = efisiensi kelompok tiang
 m = jumlah baris tiang
 n' = jumlah tiang dalam satu baris
 θ = $Arc\ tg\ d/s$ (dalam derajat)
 s = jarak pusat ke pusat tiang (m) (lihat Gambar 3.10)
 d = diameter tiang (m)

Berdasarkan hasil pengujian pada non-kohefif atau pasir yang disampaikan Brown, dkk (2010), nilai efisiensi kelompok tiang 1,0 atau lebih dapat diperoleh dengan jarak antar tiang 3D - 4D (Paulus, 2016).

3.12 Penurunan Pondasi Tiang Bor (*Settlement*)

Perhitungan penurunan pondasi dilakukan untuk pencegahan terhadap penurunan pondasi yang berlebihan sehingga terjadi kegagalan struktur bangunan.

1. Penurunan Pondasi Tiang Tunggal

Perhitungan penurunan pondasi tiang tunggal dapat diselesaikan dengan menggunakan metode empiris yang dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.14 berikut ini.

$$S = \frac{D}{100} + \frac{Q \times L}{A_p \times E_p} \quad (3.14)$$

dengan:

- S = penurunan total di kepala tiang (m)
 D = diameter tiang (m)
 Q = beban yang bekerja (kN)
 A_p = luas penampang tiang (m^2)
 L = panjang tiang (m)
 E_p = modulus elastisitas tiang (kN/m^2)

2. Penurunan Pondasi Kelompok Tiang

Penurunan pondasi kelompok tiang pada umumnya lebih besar dari penurunan pada tiang tunggal. Hal ini dikarenakan adanya pengaruh tegangan pada daerah cakupan yang lebih luas serta lebih dalam. Sesuai dengan hasil

penyelidikan tanah di lapangan, didapatkan hasil bahwa pondasi tiang berada pada lapisan tanah Clayshale. Jadi dalam penentuan penurunan pondasi kelompok tiang digunakan Persamaan 3.15.

$$S_{pg} = \Sigma \frac{C_c \times \Delta H}{1 + e_o} \times \log \frac{P_o' + \Delta P}{P_o'} \quad (3.15)$$

dengan:

S_{pg} = penurunan kelompok tiang (m)

C_c = indeks kompresi (lihat Tabel 3.13)

ΔH = tebal lapisan (m)

e_o = angka pori (lihat Tabel 3.14)

P_o' = tegangan efektif tanah (Kn/m^2)

ΔP = tegangan efektif tanah pada lapisan ke-I (kN/m^2)

Tabel 3.9 Nilai Indeks Kompresi (C_c)

Jenis Tanah	C_c
Gambut	1,00 – 4,50
Lempung plastis	0,15 – 1,00
Lempung kaku	0,06 – 0,15
Lempung setengah kaku	0,03 – 0,06
Pasir lepas	0,025 – 0,05
Pasir padat	0,005 – 0,01

Sumber: Soedarmo dan Purnomo (1993)

Tabel 3.10 Nilai Angka Pori (e)

Jenis Tanah	Angka Pori (e)
Pasir seragam, tidak padat	0,85
Pasir seragam, padat	0,51
Pasir berbutir campuran, tidak padat	0,67
Pasir berbutir campuran, padat	0,43
Lempung lunak sedikit organik	1,90
Lempung lunak sangat organik	3,00

Sumber: Hardiyatmo (2010)

3.13 ETABS

ETABS adalah program yang berfungsi untuk menganalisis suatu struktur bangunan. ETABS menjadi salah satu aplikasi yang berguna untuk menganalisis struktur – struktur bangunan tinggi termasuk menentukan beban aksial, gaya geser dan momen. ETABS (*Extended Three Analysis Building Systems*) adalah program yang dikembangkan oleh *Computers and Structures Incorporated* (CSI) yang didirikan oleh Ashrafi Habibullah.

Tahapan dalam pemodelan dan analisis struktur pada ETABS dapat dijabarkan sebagai berikut.

1. Menentukan *grid system* sebagai batas pemodelan struktur. Pembuatan dilakukan dengan memasukkan jumlah baris struktur beserta jaraknya sesuai arah x, y dan z. sehingga titik-titik struktur termodelkan dengan tepat.
2. Menentukan nilai dan material struktur. Penentuan material struktur meliputi mutu beton (f'_c), modulus elastisitas, tegangang leleh (f_y) dan tegangan putus (f_u).
3. Menentukan dimensi penampang struktur (*frame sections*) berupa berupa balok, kolom, dan pelat.
4. Menentukan pembebanan dan kombinasi beban yang bekerja pada struktur, meliputi beban mati (DL), beban hidup (LL) dan beban gempa (E_x , E_y)
5. Melakukan analisis sesuai yang dibutuhkan.

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Metode Penelitian

Metode penelitian adalah suatu cara untuk memecahkan masalah ataupun cara mengembangkan ilmu pengetahuan dengan menggunakan metode ilmiah. Secara lebih luas lagi dijelaskan bahwa metode penelitian adalah cara-cara ilmiah untuk mendapatkan data yang valid, dengan tujuan dapat ditemukan, dikembangkan dan dibuktikan, suatu pengetahuan tertentu sehingga pada gilirannya dapat digunakan untuk memahami, memecahkan, dan mengantisipasi masalah.

4.2 Pengumpulan Data

Pengumpulan data berasal dari instansi terkait yang digunakan sebagai sarana untuk mencapai maksud dan tujuan penelitian. Data yang diperoleh adalah sebagai berikut.

1. Data Geoteknik

Data tanah yang digunakan merupakan hasil penyelidikan tanah pada Gedung Universitas Muhammadiyah Metro. Uji penyelidikan tanah yang dilakukan meliputi pekerjaan lapangan dan laboratorium.

a. Pekerjaan lapangan

Pada penelitian ini, pengumpulan data berasal dari proyek Pembangunan Gedung Universitas Muhammadiyah Metro. Uji Penyelidikan Tanah Data penyelidikan tanah berupa data tanah hasil sondir pada 1 titik dengan kedalaman 6 meter.

b. Labolatorium

Kegiatan laboratorium yang dilakukan meliputi kadar air alami, berat volume, berat jenis, analisis saringan, *atterberg limit*, *unconfined compression strength test*, *direct shear*, dan *consolidation test*.

2. Data Teknik Bangunan

Data teknis bangunan yang diperoleh meliputi gambar denah bangunan dan gambar detail struktur (detail balok, kolom, pelat dan tulangan).

4.3 Analisis Data

Analisis data merupakan metode yang digunakan dalam menyederhanakan dan mempermudah pemahaman data yang telah diperoleh. Data tersebut selanjutnya dianalisis berdasarkan tahap pengerjaannya atau perhitungannya. Pada penelitian ini, tahapan pengerjaannya sebagai berikut.

4.3.1 Analisis Pembebanan

Nilai beban yang bekerja pada pondasi perlu diketahui sehingga dilakukan analisis pembebanannya. Dalam penelitian ini analisis pembebanan menggunakan bantuan aplikasi ETABS dan Microsoft Excel 2016. Analisis dimulai dengan memasukkan data struktur bangunan gedung meliputi data balok, kolom, pelat, dan beban yang bekerja berupa beban mati, beban hidup serta beban gempa. Data-data tersebut akan menghasilkan gaya yang berkerja pada kolom seperti gaya aksial, gaya geser dan momen yang akan digunakan pada analisis kapasitas dukung pondasi.

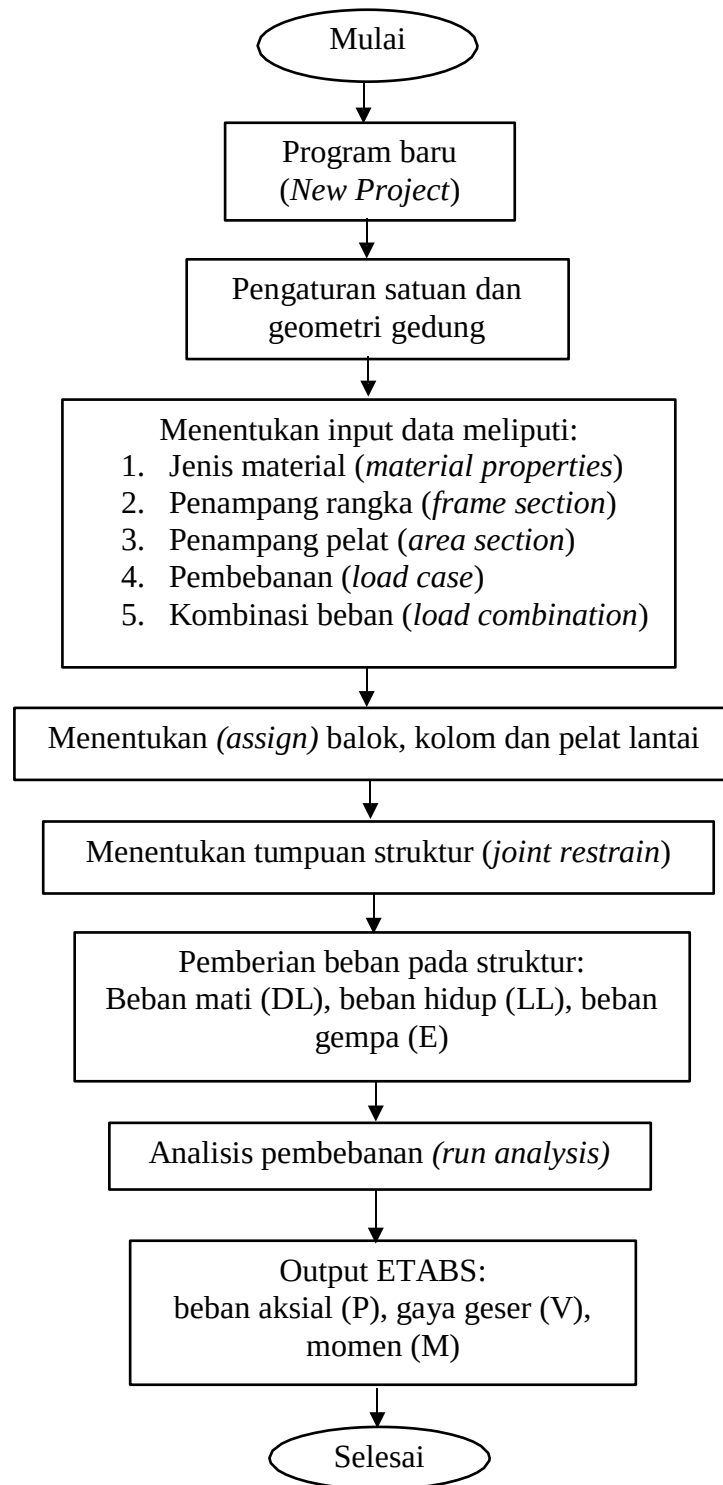
4.3.2 Analisis Pondasi Tiang Bor

Hasil loutput analisis ETABS digunakan dalam mengalisis kapasitas dukung pondasi tiang bor dengan diameter 40 cm, 60 cm dan 80 cm. Analisis pondasi tiang bor dapat dijabarkan sebagai berikut.

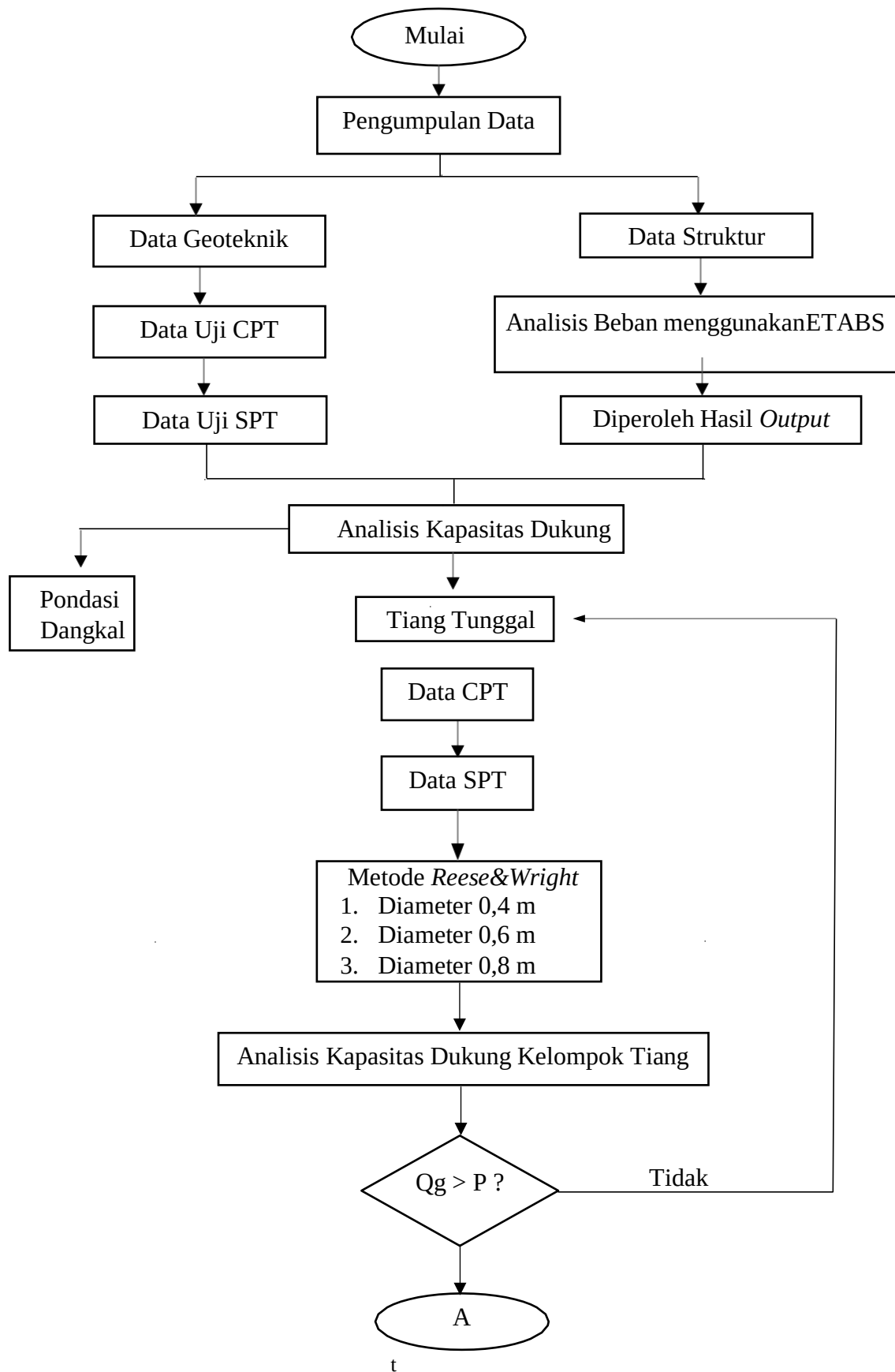
1. Perhitungan kapasitas dukung tiang tunggal metode *Reese&Wright*.
2. Perhitungan kapasitas dukung tiang kelompok.
3. Perhitungan penurunan pondasi tiang bor.
4. Perhitungan efisiensi dan jumlah tiang.

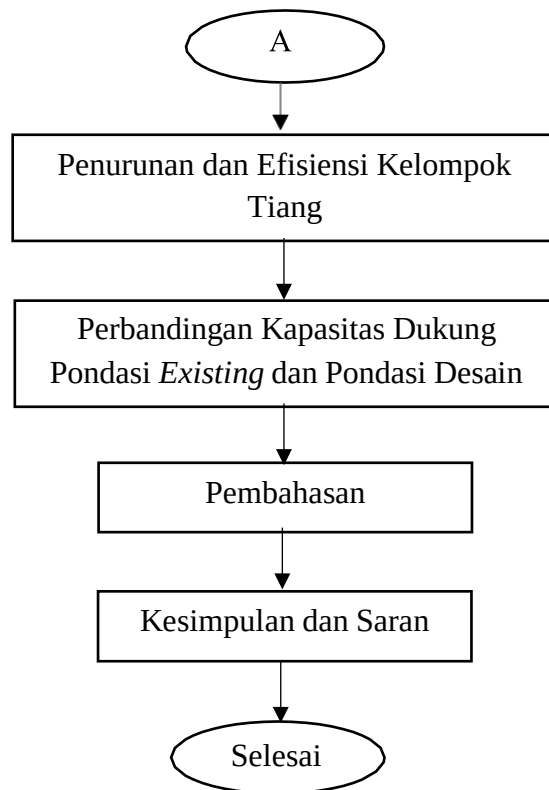
4.4 Bagan Alir

Bagan alir (*flow chart*) adalah sebuah diagram dengan simbol-simbol grafis yang menyatakan proses guna menampilkan langkah-langkah yang disimbolkan dalam bentuk kotak beserta urutannya dengan menghubungkan masing-masing langkah tersebut menggunakan tanda panah. Bagan alir digunakan untuk menunjukkan langkah-langkah yang akan dilakukan selama proses penelitian. Adapun bagan alir metode penelitian ditunjukkan pada Gambar 4.1 dan 4.2.



Gambar 4.1 Bagan Alir Pembebanan Struktur Dengan ETABS





Gambar 4.2 Bagan Alir Metode Penelitian

BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Data Proyek

Gedung Fakultas Ilmu Komputer Universitas Muhammadiyah Metro terletak di Jalan Gatot Subroto, Yosodado, Metro Timur, Kota Metro, Lampung. Pembangunan gedung ini akan di manfaatkan sebagai sarana pengembangan ilmu bagi mahasiswa Fakultas Ilmu Komputer. Gedung ini memiliki 5 lantai dengan menggunakan struktural beton bertulang. Pondasi yang digunakan merupakan pondasi dangkal yaitu *footplat* pada kedalaman 7 meter pada penelitian ini akan direncanakan ulang menggunakan pondasi tiang bor pile dengan kedalaman sesuai dengan tanah lempung perhitungan analisis ini menggunakan metode *Reese&Wright*. Lokasi gedung dapat di lihat pada Gambar 5.1 berikut.



Gambar 5. 1 Denah Lokasi Gedung Fakultas Ilmu Komputer Universitas Muhammadiyah Metro

Sumber: Google Eart Pro 2018

5.1.1 Data Umum

Data proyek pembangunan gedung Fakultas Ilmu Komputer Universitas Muhammadiyah Metro adalah sebagai berikut.

1. Nama proyek : Pembangunan gedung gedung Fakultas Ilmu Komputer Universitas Muhammadiyah Metro
2. Pemilik proyek : Universitas Muhammadiyah Metro
3. Kontraktor : Tim Pembangunan UMM
4. Perencana : Tim Pembangunan UMM
5. Konsultasi pengawas : Tim Pembangunan UMM
6. Lokasi Proyek : Jalan Ki Hajar No.116 Iring Mulyo Kota Metro
7. Kontruksi bagian atas : Beton bertulang
8. Kontruksi bagian bawah: *Footplate*
9. Biaya Proyek : Rp. 12.688.509.000,-
10. Waktu penyelesaian : ± 600 hari

5.1.2 Spesifikasi Bahan Material

Material Struktur yang digunakan pada pembangunan gedung Fakultas Ilmu Komputer Universitas Muhammadiyah Metro, yakni sebagai berikut.

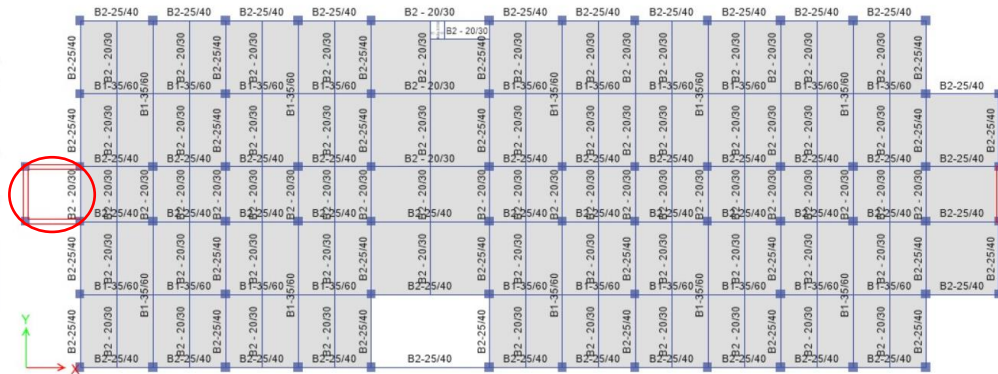
1. Beton

Untuk struktur kolom, sloof, balok lantai dan plat lantai di gunakan beton dengan kuat tekan yang disyaratkan:

 - a. Mutu beton f_c' = 25 Mpa (Setara dengan beton K-300)
 - b. Modulus elastis beton E_c = $4700 \sqrt{f_c'} = 23,453 \text{ Mpa} = 2,3453 \text{ kN/m}^2$
 - c. Angka poison ν = 0,20
 - d. Modulus geser G = $E_c [2 [1 + \nu]] = 0,84 \times 10^7 \text{ kN/m}^2$
2. Baja Tulangan
 - a. Untuk baja tulangan dengan $\emptyset > 12 \text{ mm}$ digunakan baja tulangan ulir BJTD 40 dengan leleh baja, $f_y = 400 \text{ MPa}$
 - b. Untuk baja tulangan dengan $\emptyset \leq 12 \text{ mm}$ digunakan baja tulangan polos BJTP 24 dengan tegangan leleh baja, $f_y = 240 \text{ MPa}$
 - c. Modulus elastis baja $E_s = 2,1 \times 10^5 \text{ Mpa}$

5.1.3 Denah Konstruksi

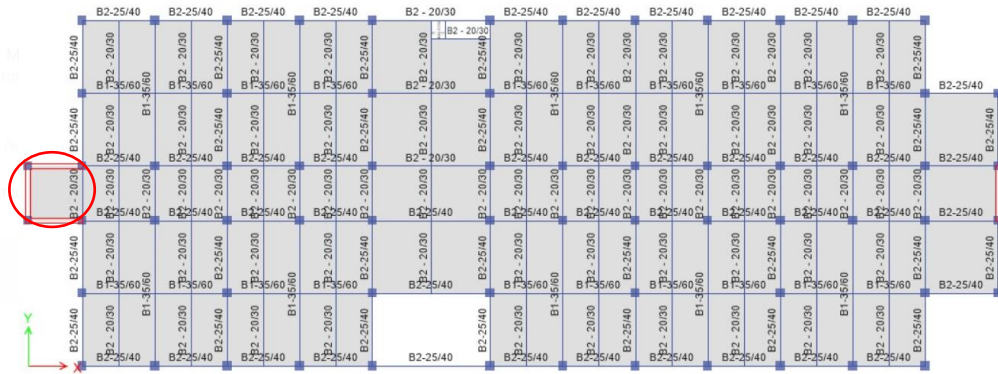
Denah konstruksi gedung Fakultas Ilmu Komputer Universitas



Muhammadiyah Metro pada Gambar 5.2 hingga Gambar 5.5.

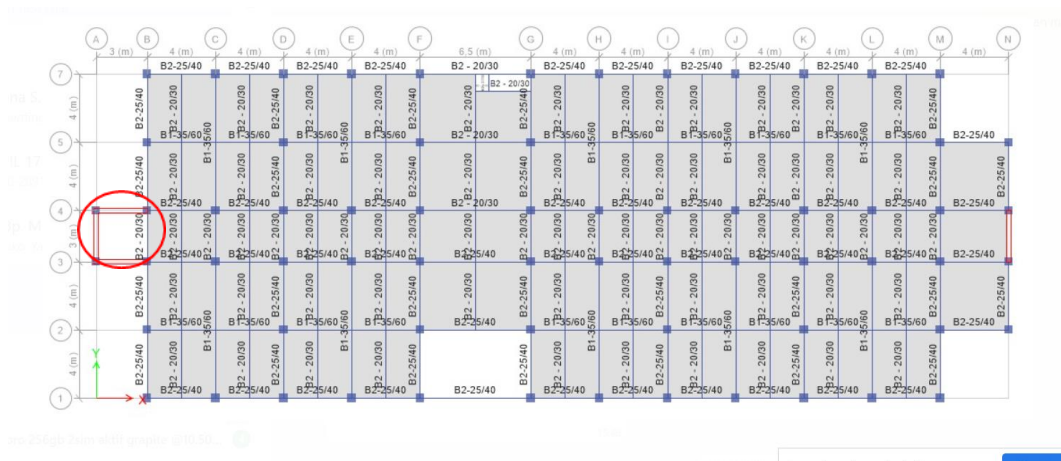
Gambar 5. 2 Denah Lantai 1

Sumber: Dokumentasi Universitas Muhammadiyah Metro, 2018



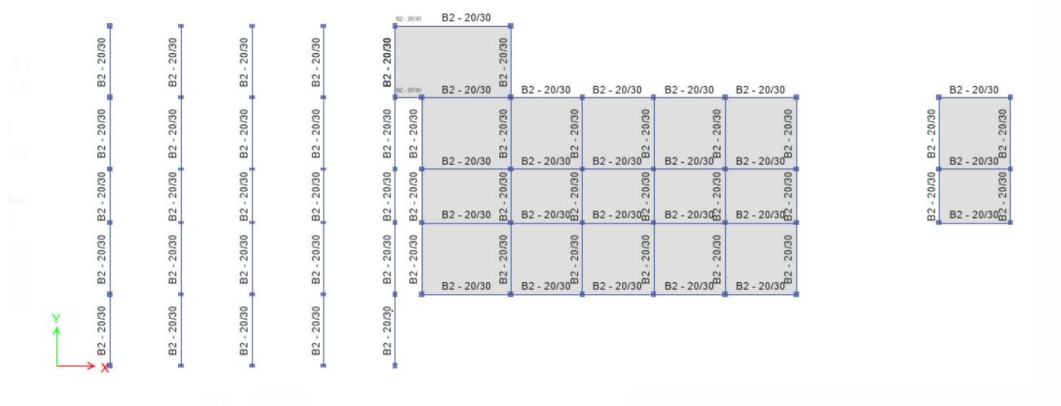
Gambar 5. 3 Denah Lantai 2

Sumber: Dokumentasi Universitas Muhammadiyah Metro, 2018



Gambar 5. 4 Denah Lantai 3

Sumber: Dokumentasi Universitas Muhammadiyah Metro, 2018



Gambar 5. 5 Denah Lantai 4

Sumber: Dokumentasi Universitas Muhammadiyah Metro, 2018

5.1.4 Data Struktur

Gedung Fakultas Ilmu Komputer Universitas Muhammadiyah Metro memiliki struktur utama yaitu struktur atas berupa beton bertulang dan struktur bawah berupa *footplate*. Pada struktur bawah tersebut akan diteliti untuk melakukan desain ulang menggunakan pondasi tiang bor yang kemudian akan dilakukan perhitungan kapasitas dukung pada pondasi tersebut. Pada struktur atas merupakan struktur yang berada vertikal tegak lurus di atas pondasi atau berada di atas muka tanah. Struktur bagian atas pada bangunan ini terdiri dari kolom, balok, pelat dan atap berupa dak beton.

1. Kolom

Kolom adalah batang tekan tegak lurus dari rangka yang menopang beban dari balok serta meneruskan beban dari seluruh bangunan sampai ke tanah melalui pondasi. Pembangunan gedung Fakultas Ilmu Komputer Universitas Muhammadiyah Metro menggunakan beton bertulang dengan mutu f'_c 25 Mpa. Adapun tipe dan dimensi kolom yang digunakan pada gedung dapat dilihat pada Tabel 5.1 berikut.

Tabel 5.1 Tipe dan Dimensi Kolom Gedung Fakultas Ilmu Komputer Universitas Muhammadiyah Metro

Tipe	Dimensi (mm)	Tulangan	Sengkang	
			Tumpuan	Lapangan
K1	500 × 500	16D19	Ø10-100	Ø10-150
K1 A	500 × 500	10D19	Ø10-100	Ø10-150
K2	500 × 500	16D22	Ø10-100	Ø10-150
K3	300 × 400	10D19	Ø10-150	
K4	300 × 300	8D19	Ø10-75	Ø10-100
K5	300 × 300	16D16	Ø10-75	Ø10-100
KP	110 × 110	4-Ø 12	Ø8-150	

2. Balok

Balok adalah struktur untuk menopang beban horizontal. Balok pada bangunan sangat penting untuk menjaga stabilitas terhadap gaya samping. Balok berfungsi meneruskan beban ke kolom. Pada pembangunan gedung Fakultas Ilmu Komputer Universitas Muhammadiyah Metro menggunakan balok beton bertulang dengan mutu f'_c 25 Mpa. Adapun tipe dan dimensi balok yang digunakan dapat dipaparkan pada Tabel 5.2 berikut.

Tabel 5. 2 Tipe Dimensi Balok Gedung Fakultas Ilmu Komputer Universitas Muhammadiyah Metro

Tipe	Dimensi (mm)	Tulangan				Sengkang	
		Tumpuan		Lapangan			
		Atas	Bawah	Atas	Bawah	Tumpuan	Lapangan
B1	350 × 600	8D19	4D19	4D19	8D19	Ø10 – 100	Ø10 – 140
B2	250 × 400	5D19	3D19	3D19	5D19	Ø10 – 100	Ø10 – 150
B3	200 × 300	2D19	2D19	2D19	1D19	Ø10 – 150	Ø10 – 150

Sumber: Dokumentasi UMM (2018)

3. Plat

Plat adalah elemen gedung yang memiliki fungsi untuk pendukung beban vertical dan tiap sisi ditopang oleh balok. Jenis dan table pelat yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 5.3 berikut.

Tabel 5. 3 Tipe Dan Dimensi Pelat Gedung Fakultas Ilmu Komputer Universitas Muhammadiyah Metro

Tipe	Tebal (mm)
PL	150
PA	120

5.2 Pembebanan Struktur

Pada pembebanan struktur bagian atas terdapat beban mati, beban hidup dan beban gempa, yang akan dilakukan analisis menggunakan program ETABS.

5.2.1 Peraturan Pembebanan

Peraturan pembebanan yang menjadi acuan dalam perhitungan pembebanan struktur adalah sebagai berikut:

1. SNI 2847-2013 mengenai Tata Cara Perhitungan Struktur Beton bagi Bangunan Gedung.
2. SNI 1727-2013 mengenai Tata Cara Perhitungan Beban Minimum Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain.
3. SNI 1726-2012 mengenai Tata Cara Perancangan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung.

5.2.2 Kombinasi Pembebanan

Dalam perhitungan pembebanan digunakan dua jenis kombinasi pembebanan yaitu kondisi beban tetap dan kondisi beban gempa. Adapun untuk kombinasi pembebanan yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 5.4 sebagai berikut.

Tabel 5. 4 Kombinasi Pembebanan Untuk Beban Gempa Gravitasi Dan Gempa Dinamis Menurut SNI 1726-2012

Kombinasi Beban	Load Cases				
	DL	SDL	LL	Ex	Ey
<i>Comb 1</i>	1,4	1,4	-	-	-
<i>Comb 2</i>	1,2	1,2	1,6	-	-
<i>Comb 3</i>	1,33	1,33	1,00	1,30	0,39
<i>Comb 4</i>	1,33	1,33	1,00	1,30	-0,39
<i>Comb 5</i>	1,33	1,33	1,00	-1,30	-0,39
<i>Comb 6</i>	1,33	1,33	1,00	-1,30	0,39
<i>Comb 7</i>	1,33	1,33	1,00	0,39	1,30
<i>Comb 8</i>	1,33	1,33	1,00	0,39	-1,30
<i>Comb 9</i>	1,33	1,33	1,00	-0,39	-1,30
<i>Comb 10</i>	1,33	1,33	1,00	-0,39	1,30
<i>Comb 11</i>	0,77	0,77	-	1,30	0,39
<i>Comb 12</i>	0,77	0,77	-	1,30	-0,39
<i>Comb 13</i>	0,77	0,77	-	-1,30	-0,39
<i>Comb 14</i>	0,77	0,77	-	-1,30	0,39
<i>Comb 15</i>	0,77	0,77	-	0,39	1,30
<i>Comb 16</i>	0,77	0,77	-	0,39	-1,30
<i>Comb 17</i>	0,77	0,77	-	-0,39	-1,30
<i>Comb 18</i>	0,77	0,77	-	-0,39	1,30

Keterangan:

DL = beban mati

SDL = beban mati tambahan

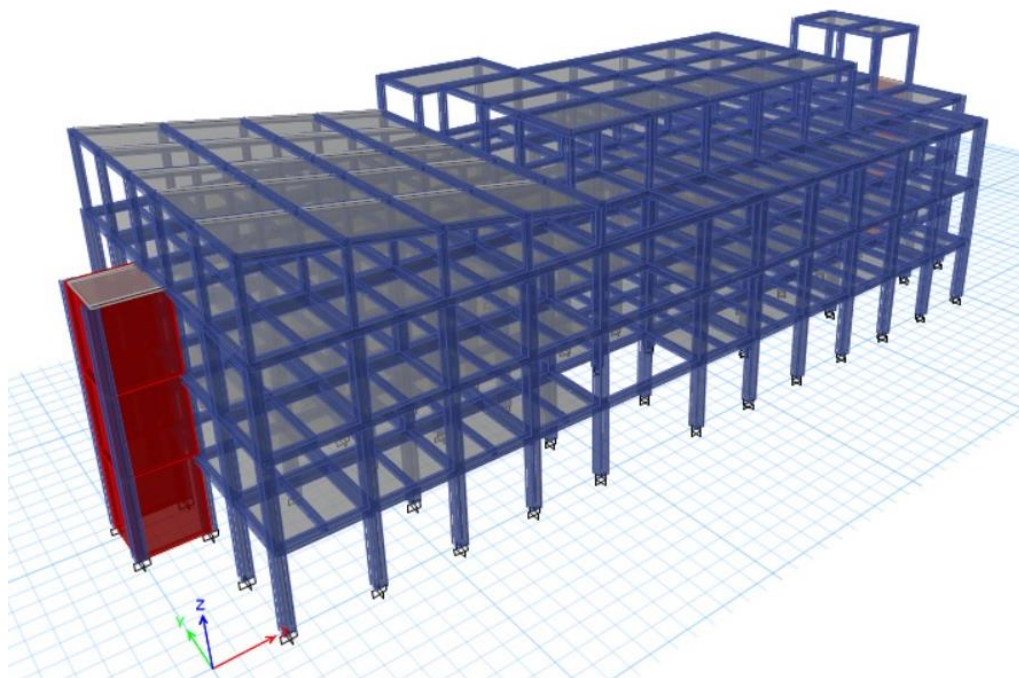
- LL = beban hidup
Ex = beban gempa arah x
Ey = beban gempa arah y

5.3 Input dan Output ETABS

Program ETABS digunakan untuk memodelkan gedung dan melihat reaksi gedung rencana jika beban bekerja, adapun langkah awal dalam permodelan gedung dapat dilihat sebagai berikut.

1. Identifikasi penahan, rangka, dan sambungan.
2. Identifikasi profil rangka dan sifat material.
3. Identifikasi beban.
4. Jalankan program.

Model tiga dimensi (3D) pada program ETABS dapat dilihat pada Gambar 5.6 sebagai berikut.



Gambar 5.6 Permodelan 3D Gedung Pada ETABS

ETABS digunakan untuk analisis struktur dengan perletakan jepit agar struktur tidak terjadi pergeseran. Beban gravitasi atau beban mati pada Gedung Ilmu Komunikasi Universitas Muhammadiyah Metro sebesar angka 9,3 kN.

Untuk beban gempa yang sudah dihitung dimasukkan kedalam tiap portal yang sudah dibuat pada ETABS. Beban gempa yang dimasukkan kedalam ETABS disimulasikan untuk dua arah, yaitu arah melintang (x) dan arah memanjang (y).

Adapun hasil dari kombinasi beban yang sudah diinput ETABS dapat dilihat sebagai berikut.

Beban Aksial (P) = 130 T

Momen (M_x) = 14,7 T

Momen (M_y) = 14,7 T

Gaya maksimal yang terjadi pada kolom tingkat pertama digunakan sebagai rancangan dalam analisis struktur untuk tiang bor.

5.4 Data Karakteristik Tanah

Penyelidikan tanah dilakukan di lapangan dan sampel tanah diuji dilaboratorium. Penyelidikan tanah di lapangan menggunakan metode CPT (*Cone Penetration Test*). Pengujian CPT dilakukan Pada titik CPT 01, CPT 02, dan CPT 03 dengan interval kekuatan sondir 2,5 ton. Hasil penyelidikan tanah dengan metode CPT dapat dilihat pada Tabel 5.5 berikut.

Tabel 5.5 Hasil Penyelidikan Hasil Rekap CPT 01,02, dan 03

<i>Depth</i> (meter)	<i>Elevation</i> (meter)	CPT-01 (kg/cm ²)	CPT-02 (kg/cm ²)	CPT-03 (kg/cm ²)
0	0	0	0	0
0,20	-0,20	20	40	5
0,40	-0,40	30	25	20
0,60	-0,60	32	25	23
0,80	-0,80	22	25	22
1,00	-1,00	20	25	30
1,20	-1,20	25	5	30

Lanjutan Tabel 5.5 Hasil Penyelidikan Hasil Rekap CPT 01,02, dan 03

<i>Depth</i>	<i>Elevation</i>	CPT-01	CPT-02	CPT-03
(meter)	(meter)	(kg/cm²)	(kg/cm²)	(kg/cm²)
1,40	-1,40	15	5	39
1,60	-1,60	15	15	42
1,80	-1,80	45	25	48
2,00	-2,00	53	35	51
2,20	-2,20	67	45	52
2,40	-2,40	55	55	51
2,60	-2,60	60	65	46
2,80	-2,80	55	80	47
3,00	-3,00	55	65	50
3,20	-3,20	55	65	42
3,40	-3,40	60	65	46
3,60	-3,60	65	65	46
3,80	-3,80	75	50	48
4,00	-4,00	75	50	45
4,20	-4,20	95	60	38
4,40	-4,40	85	70	38
4,60	-4,60	80	75	37
4,80	-4,80	55	80	36
5,00	-5,00	80	80	31
5,20	-5,20	75	60	29
5,40	-5,40	120	80	35
5,60	-5,60	110	90	35
5,80	-5,80	95	100	36
6,00	-6,00	80	110	37
6,20	-6,20	88	120	32
6,40	-6,40	90	150	46
6,60	-6,60	105	150	53

Lanjutan Tabel 5.5 Hasil Penyelidikan Hasil Rekap CPT 01,02, dan 03

<i>Depth</i>	<i>Elevation</i>	CPT-01	CPT-02	CPT-03
(meter)	(meter)	(kg/cm²)	(kg/cm²)	(kg/cm²)
6,80	-6,80	125	160	61
7,00	-7,00	140	150	58
7,20	-7,20	135	120	80
7,40	-7,40	135	135	86
7,60	-7,60	200	150	110
7,80	-7,80	250	140	112
8,00	-8,00	250	140	112
8,20	-8,20	250	115	165
8,40	-8,40	250	105	175
8,60	-8,60	250	115	180
8,80	-8,80	250	100	200
9,00	-9,00	250	110	210
9,20	-9,20	250	100	250
9,40	-9,40	250	90	250
9,60	-9,60	250	100	250
9,80	-9,80	250	95	250
10,00	-10,00	250	110	250
10,20	-10,20	250	120	250
10,40	-10,40	250	200	250
10,60	-10,60	250	220	250
10,80	-10,80	250	250	250

5.5 Desain Pondasi Tiang Bor

Analisis pondasi tiang bor dilakukan dengan menggunakan beban aksial, gaya geser, momen arah x dan momen arah y yang dimana hasil tersebut didapat dari *output* ETABS masing-masing nilai sebesar sebagai berikut.

Beban Aksial (P) = 130 T

Momen (Mx) = 14,7 T

$$\text{Momen (My)} = 14,7 \text{ T}$$

5.6 Koreksi CPT Ke N-SPT

Pengujian untuk mengetahui lapisan tanah gedung ilmu komunikasi universitas muhammadiyah metro dengan metode CPT. Menurut Meyerhoff (1956), nilai CPT dapat dilakukan pendekatan agar nilai CPT tersebut menjadi nilai N-SPT. Adapun untuk nilai korelasi antara nilai CPT menjadi Nilai N-SPT dapat dilihat pada perhitungan sebagai berikut.

Perhitungan Korelasi nilai CPT menjadi nilai N-SPT pada kedalaman tanah 2 meter dari muka tanah.

1. Perhitungan koreksi nilai CPT menjadi nilai N-SPT pada kedalaman tanah 2 meter dari muka tanah

a. Data

1) Jenis tanah = pasir

2) q_c rata-rata = 27 kg/m^2

3) N-SPT = $\frac{27}{4}$
= 7 kg/m^2

2. Perhitungan koreksi nilai CPT menjadi nilai N-SPT pada kedalaman tanah 4 meter dari muka tanah

a. Data

1) Jenis tanah = pasir

2) q_c rata-rata = 57 kg/m^2

3) N-SPT = $\frac{57}{4}$
= 15 kg/m^2

Adapun untuk hasil perhitungan pada lapisan tanah berikutnya dapat dilihat pada Tabel 5.6 sebagai berikut.

Tabel 5.6 Korelasi Nilai CPT Dengan N-SPT

<i>Depth</i>	Jenis	q_c rata-rata	N-SPT
(meter)	Tanah	kg/cm²	Σpukulan/30
2,00	Pasir	27	7
4,00	Pasir	57	15
6,00	Pasir	68	17
8,00	Pasir	123	31
10,00	Pasir	191	48
12,00	Pasir	233	59

5.7 Daya Dukung Pondasi Esisting

a. Data Struktur:

Dimensi kolom	b	= 500	mm
	h	= 500	mm
Type kolom	as	= 40	
Dimensi pondasi	B	= 1,60	mm
	L	= 1,60	mm
	ht	= 0,45	mm
Mutu beton	fc'	= 20,75	mm
Mutu baja	fy'	= 390	mm
Besi tulangan	D	= 19	mm
BJ beton	yc	= 24	kN/m ³

b). Data Tanah:

Daya dukung tanah	σ	= 7551,06	Kpa
Berat tanah	yt	= 16,00	kN/m ³
Tebal tanah diatas Pondasi	ha	= 1,55	m

c). Data beban:

Beban P ultimate	Pult	= 1300	kN
Beban M ultimate	Mult	= 147	kN/m

Tegangan yang terjadi pada tanah	σ_{maks}	$= 757,96 < 7551,082$	OK!
	σ_{min}	$= 327,30 < 7551,082$	OK!
Kontrol gaya geser 1 arah	ϕV_c	$= 326,47$	
	V_u	$= 216,99 < 326,47$	OK!
Kontrol gaya geser 2 arah	ϕV_c	$= 1411,97$	
	V_u	$= 983,13 < 1411,97$	OK!
Penulangan pondasi			
Arah X = Y		D19 – 187 mm	
Kuat dukung pondasi			

$$\begin{aligned}
 \bar{P}_u &= \phi \times 0,85 \times f'_c \times A \\
 &= 0,7 \times 0,85 \times 20,8 \times 250000 \\
 &= 3086563 \text{ N} \\
 &= 3086,563 \text{ kN} \\
 P_{u,k} &= 1300 \text{ kN (beban yg terjadi)} \\
 \bar{P}_u &= 3086,563 > P_{u,k} = 1300 \quad \text{OK!}
 \end{aligned}$$

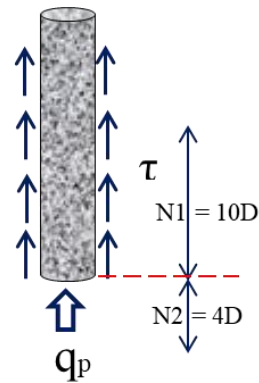
5.8 Kapasitas Dukung Tiang Bor

5.8.1 Daya Dukung Aksial

1. Daya dukung aksial lapis pertama (kedalaman tanah 2 meter)

a. Data awal

- 1) Kedalaman tiang (H) = 2 m
- 2) Panjang tiang (Li) = 2 m
- 3) Dimensi lebar tiang (D) = 0,6 m
- 4) Jenis tanah = pasir
- 5) Nilai N-SPT = 7
- 6) Nilai N1 (10D) = 7
- 7) Nilai N2 (4D) = 15
- 8) Nilai N = $\frac{7+15}{2}$
= 11



Gambar 5.7 Gaya Dukung Aksial Pondasi *Bore Pile*

b. Luas Ujung Tiang (A_p)

$$\begin{aligned} A_p &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 0,6^2 \\ &= 0,283 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

c. Selimut Tiang (P_i)

$$\begin{aligned} P_i &= \pi \times d \\ &= \pi \times 0,6 \\ &= 1,88 \text{ m} \end{aligned}$$

d. Tahanan Geser Selimut

$$\begin{aligned} \tau &= 0,2 \times N - SPT \\ &= 0,2 \times 7 \times 9,81 \\ &= 13,734 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

e. Tahanan Ujung Tiang (q_p)

$$\begin{aligned} q_p &= 7 \times N \\ &= 7 \times 11 \\ &= 77 \text{ T/m}^2 \\ &= 755,37 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

f. Daya Dukung Aksial Pondasi *Bore Pile*

1) Daya Dukung Selimut Tiang (Q_s)

$$\begin{aligned} Q_s &= \Sigma \tau \times L_i \times P_i \\ &= 13,734 \times 2 \times 1,88 \\ &= 51,78 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$= 5,18 \text{ T}$$

2) Daya Dukung Ujung Tiang (Q_p)

$$\begin{aligned} Q_p &= q_p \times A_p \\ &= 755,37 \times 0,283 \\ &= 213,58 \text{ kN} \\ &= 21,36 \text{ T} \end{aligned}$$

3) Daya Dukung Ultimit (Q_u)

$$\begin{aligned} Q_u &= Q_p + Q_s \\ &= 21,36 + 5,18 \\ &= 26,54 \text{ T} \end{aligned}$$

4) Daya Dukung Aksial Ijin (Q_{all})

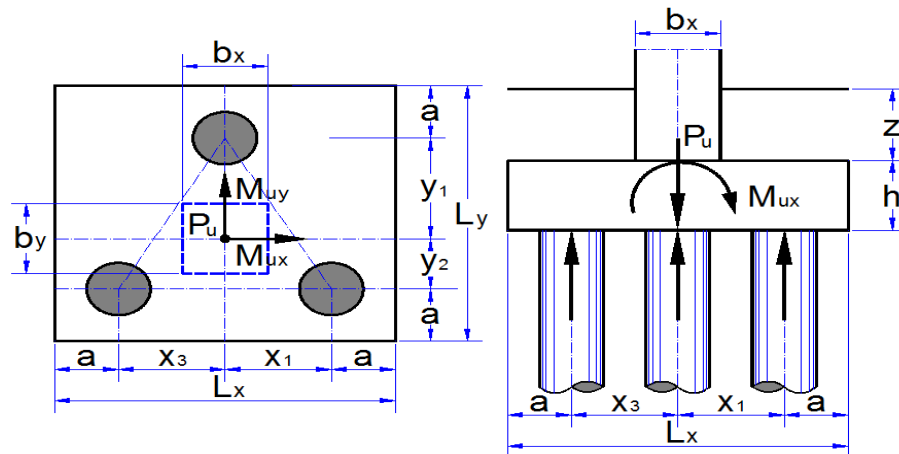
$$\begin{aligned} Q_{all} &= \frac{Q_p}{SF_{end}} + \frac{Q_s}{SF_{friction}} \\ &= \frac{21,36}{2,5} + \frac{5,18}{2,5} \\ &= 10,61 \text{ T} \end{aligned}$$

Menggunakan perhitungan diatas daya dukung aksial izin setiap lapisan dapat dilihat pada Tabel 5.7 sebagai berikut:

Tabel 5.7 Rekapitulasi Daya Dukung Tiang Bore Pile

Kedalaman	Nilai	Jenis Tanah	Q_p	Q_s	Q_{ult}	SF Ujung	SF Friksi	Q Izin
m	N-SPT		ton	ton	ton			ton
-2,00	7	Pasir	21,36	5,18	26,54	2,5	2,5	10,61
-4,00	15	Pasir	27,18	16,27	43,45	2,5	2,5	17,38
-6,00	17	Pasir	42,72	28,85	71,56	2,5	2,5	28,62
-8,00	31	Pasir	66,99	51,78	118,76	2,5	2,5	47,50
-10,00	48	Pasir	88,34	87,28	175,62	2,5	2,5	70,25
-12,00	59	Pasir	101,93	130,92	232,85	2,5	2,5	93,14

5.7.1 Kapasitas Dukung Tiang Kelompok



Gambar 5.8 Pile Group

1. Jumlah Tiang

$$\begin{aligned} n &= \frac{P}{Q_{all}} \\ &= \frac{130}{70} \\ &= 1,83 \approx 3 \text{ buah} \end{aligned}$$

2. Efisiensi Kelompok Tiang

$$\begin{aligned} E_q &= \frac{3 \times 14 / 16}{3} \\ &= 0,875 \end{aligned}$$

3. Kapasitas Dukung Tiang Kelompok

$$\begin{aligned} Q_g &= E_g \times n \times Q_{all} \\ &= 0,875 \times 3 \times 70 \\ &= 184,40 \text{ T} > P_u \text{ (Oke)} \end{aligned}$$

5.7.2 Analisis Distribusi Tiang Ke Tiang

1. Data Bahan *Pilecap*

- a. Kuat Tekan Beton (f_c') = 28 MPa
- b. Kuat Leleh Baja Tulangan Ulir, $\emptyset \geq 12 \text{ mm}$ (f_y) = 420 MPa
- c. Kuat Leleh Baja Tulangan Ulir, $\emptyset \leq 12 \text{ mm}$ (f_y) = 280 MPa
- d. Berat Beton Bertulang (W_c) = 24 kN/m³

2. Data Dimensi Pondasi

- a. Lebar kolom arah x (b_x) = 0,5 m
- b. Lebar kolom arah y (b_y) = 0,5 m
- c. Jarak tiang terhadap sisi luar beton (a) = 0,8 m
- d. Tebal *pilecap* (h) = 0,8 m
- e. Tebal tanah di atas *pilecap* (z) = 0 m
- f. Berat volume tanah di atas *Pilecap* (W_s) = 18 kN/m³
- g. Posisi kolom dalam = 40, tepi = 30, sudut = 20 (α_s) = 40

3. Data Beban Pondasi

- a. Gaya aksial kolom akibat beban terfaktor (P_{uk}) = 130 kN
- b. Momen arah x akibat beban terfaktor (M_{ux}) = 147 kNm
- c. Momen arah y akibat beban terfaktor (M_{uy}) = 147 kNm
- d. Gaya lateral arah x akibat beban terfaktor (H_{ux}) = 112,95 kNm
- e. Gaya lateral arah y akibat beban terfaktor (H_{uy}) = 112,95 kNm
- f. Tahanan aksial tiang (ϕP_n) = 702,49 kN
- g. Tahanan lateral tiang (ϕH_n) = 684,00 kN

4. Data Susunan Tiang

a. Susunan Tiang Arah X

1) $X_1 = 0,90 \text{ m}; X_2 = 0,00 \text{ m}; X_3 = -0,90 \text{ m}$

$$\begin{aligned} 2) \sum X^2 &= (n_1 \times X_1^2) + (n_2 \times X_2^2) + (n_3 \times X_3^2) \\ &= (1 \times 0,90^2) + (1 \times 0,00^2) + (1 \times (-0,90)^2) \\ &= 1,62 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

3) Lebar *Pilecap* Arah X

$$\begin{aligned} L_x &= |X_1| + |X_2| + |X_3| + 2a \\ &= |0,90| + |0| + |-0,90| + 2 \times 0,80 \\ &= 3,40 \text{ m} \end{aligned}$$

b. Susunan Tiang Arah Y

1) $Y_1 = 0,90 \text{ m}; Y_2 = -0,90 \text{ m}$

$$\begin{aligned} 2) \sum Y^2 &= (n_1 \times Y_1^2) + (n_2 \times Y_2^2) \\ &= (1 \times 0,90^2) + (2 \times (0,90)^2) \\ &= 2,43 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

3) Lebar *Pilecap* Arah Y

$$\begin{aligned}
 L_y &= |Y_1| + |Y_2| + 2a \\
 &= |0,90| + |0,90| + 2 \times 0,80 \\
 &= 3,40 \text{ m}
 \end{aligned}$$

5. Gaya Aksial Pada Tiang

a. Berat Tanah Di Atas *Pilecap*

$$\begin{aligned}
 W_s &= L_x \times L_y \times z \times w_s \\
 &= 3,40 \times 3,40 \times 0,00 \times 18,00 \\
 &= 0,00 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

b. Berat *Pilecap*

$$\begin{aligned}
 W_c &= L_x \times L_y \times z \times w_c \\
 &= 3,40 \times 3,40 \times 0,80 \times 24,00 \\
 &= 221,950 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

c. Total Gaya Aksial Terfaktor

$$\begin{aligned}
 P_u &= P_{uk} + 1,2W_s + 1,2W_c \\
 &= 1300 + 1,2 \times 0 + 1,2 \times 221,95 \\
 &= 1566,34 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

d. Lengan Maksimum Tiang Arah X Terhadap Pusat

$$X_{\max} = 0,90 \text{ m}$$

e. Lengan Maksimum Tiang Arah Y Terhadap Pusat

$$Y_{\max} = 0,90 \text{ m}$$

f. Lengan Minimum Tiang Arah X Terhadap Pusat

$$X_{\min} = -0,90 \text{ m}$$

g. Lengan Minimum Tiang Arah Y Terhadap Pusat

$$Y_{\min} = -0,90 \text{ m}$$

h. Gaya Aksial Maksimum Pada Tiang

$$\begin{aligned}
 P_{\text{umax}} &= \frac{P_u}{n} + \frac{M_{ux} \times X_{\max}}{\Sigma X^2} + \frac{M_{uy} \times Y_{\max}}{\Sigma Y^2} \\
 &= \frac{1566,34}{3} + \frac{147 \times 0,90}{1,62} + \frac{147 \times 0,90}{2,43} \\
 &= 658,23 \text{ kN} \leq \phi P_n \text{ (Aman)}
 \end{aligned}$$

i. Gaya Aksial Minimum Pada Tiang

$$\begin{aligned}
 P_{umin} &= \frac{P_u}{n} + \frac{M_{ux} \times X_{min}}{\Sigma X^2} + \frac{M_{uy} \times Y_{min}}{\Sigma Y^2} \\
 &= \frac{1566,34}{3} + \frac{147 \times (-0,90)}{1,62} + \frac{147 \times (-0,90)}{2,43} \\
 &= 386,00 \text{ Kn}
 \end{aligned}$$

5.7.4 Gaya Lateral Pada Tiang Diameter 40 cm

Tabel 5.8 Faktor Kekakuan Pondasi Diameter 40 cm

Diameter (D)	=	40	cm
Mutu Beton (f'_c)	=	28	MPa
Inersia Tiang Beton (I_p)	=	1256637061	mm ⁴
Modulus Elastisitas (E_p)	=	24870,062	N/mm ²
Jenis Tanah	=	Pasir	
Nilai n_h (Lihat Tabel)	=	19400	kN/m ³
	=	0,0194	N/mm ³
Faktor Kekakuan (T)	=	1100,062	mm
	=	1,1	m
Panjang Tiang (L)	=	10,0	m

Tabel 5.9 Data Tanah dan Bahan

N rata-rata	=	48	
dari grafik hubungan N-SPT dan ϕ			
Nilai (ϕ)	=	35	
Kp	=	3,69	
γ tanah	=	18	kN/m ³
e	=	0	
Momen Ultimate Tiang Bore Pile			
Mu	=	147	kNm
<i>Safety Factor</i> (F)	=	2	

Tabel 5.10 Penentuan Tipe Tiang

Panjang Tiang (L)	=	10,0	m
2T	=	2,20	m
4T	=	4,40	m
Tipe Tiang	=	Panjang	

Tabel 5.11 Tahanan Lateral Tiang (H_u)

Jarak f (Momen Max)	0,16	$H_u^{0,5}$	H_u	2772,1346	
M_{maks}	26569,24079	kNm	H_u	197,33746	kN
M_y	147	kNm	H_u ijin	98,67	kN

1. Gaya Lateral Arah X Pada Tiang

$$\begin{aligned}
 h_{ux} &= \frac{H_{ux}}{n} \\
 &= \frac{98,67}{3} \\
 &= 32,89 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

2. Gaya Lateral Arah Y Pada Tiang

$$\begin{aligned}
 h_{uy} &= \frac{H_{uy}}{n} \\
 &= \frac{98,67}{3} \\
 &= 32,89 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

3. Gaya Lateral Kombinasi Dua Arah

$$\begin{aligned}
 h_{u\max} &= \sqrt{(h_{ux}^2 + h_{uy}^2)} \\
 &= \sqrt{(32,89^2 + 32,89^2)} \\
 &= 46,51 \text{ kN} \leq \phi H_n \text{ (Aman)}
 \end{aligned}$$

5.7.5 Gaya Lateral Pada Tiang Diameter 60 cm

Tabel 5.12 Faktor Kekakuan Pondasi Diameter 60 cm

Diameter (D)	=	60	cm
Mutu Beton (f'_c)	=	28	MPa
Inersia Tiang Beton (I_p)	=	6361725124	mm ⁴
Modulus Elastisitas (E_p)	=	24870,062	N/mm ²
Jenis Tanah	=	Pasir	
Nilai n_h (Lihat Tabel)	=	19400	kN/m ³
	=	0,0194	N/mm ³
Faktor Kekakuan (T)	=	1521,563	mm
	=	1,5	m
Panjang Tiang (L)	=	10,0	m

Tabel 5.13 Data Tanah dan Bahan

N rata-rata	=	48	
Dari grafik hubungan N-SPT dan ϕ			
Nilai (ϕ)	=	35	
K _p	=	3,69	
γ tanah	=	18	kN/m ³
e	=	0	
Momen Ultimate Tiang <i>Bore Pile</i>			
Mu	=	147	kNm
<i>Safety Factor</i> (F)	=	2	

Tabel 5.14 Penentuan Tipe Tiang

Panjang Tiang (L)	=	10,0	m
2T	=	3,04	m
4T	=	6,09	m
Tipe Tiang	=	Panjang	

Tabel 5.15 Tahanan Lateral Tiang (H_u)

Jarak f (Momen Max)	0,13	$H_u^{0,5}$	H_u	3395,158	
M_{maks}	39853,861	kNm	H_u	225,895	kN
M_y	147	kNm	H_u ijin	112,95	kN

1. Gaya Lateral Arah X Pada Tiang

$$\begin{aligned}
 h_{ux} &= \frac{H_{ux}}{n} \\
 &= \frac{112,95}{3} \\
 &= 37,65 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

2. Gaya Lateral Arah Y Pada Tiang

$$\begin{aligned}
 h_{uy} &= \frac{H_{uy}}{n} \\
 &= \frac{112,95}{3} \\
 &= 37,65 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

3. Gaya Lateral Kombinasi Dua Arah

$$\begin{aligned}
 h_{umax} &= \sqrt{(h_{ux}^2 + h_{uy}^2)} \\
 &= \sqrt{(37,65^2 + 37,65^2)} \\
 &= 53,24 \text{ kN} \leq \phi H_n \text{ (Aman)}
 \end{aligned}$$

5.7.6 Gaya Lateral Pada Tiang Diameter 800 mm

Tabel 5.16 Faktor Kekakuan Pondasi 800 mm

Diameter (D)	=	800	mm
Mutu Beton (f'_c)	=	28	MPa
Inersia Tiang Beton (I_p)	=	20106192983	mm ⁴
Modulus Elastisitas (E_p)	=	24870,062	N/mm ²
Jenis Tanah	=	Pasir	
Nilai n_h (Lihat Tabel)	=	19400	kN/m ³
	=	0,0194	N/mm ³
Faktor Kekakuan (T)	=	1915,318	mm
	=	1,9	m
Panjang Tiang (L)	=	10,0	m

Tabel 5.17 Data Tanah dan Bahan

N rata-rata	=	48	
Dari grafik hubungan N-SPT dan ϕ			
Nilai (ϕ)	=	35	
Kp	=	3,69	
γ tanah	=	18	kN/m ³
e	=	0	
Momen Ultimate Tiang <i>Bore Pile</i>			
Mu	=	147	kNm
<i>Safety Factor</i> (F)	=	2	

Tabel 5.17 Penentuan Tipe Tiang

Panjang Tiang (L)	=	10,0	m
2T	=	3,83	m
4T	=	7,66	m
Tipe Tiang	=	Panjang	

Tabel 5.18 Tahanan Lateral Tiang (H_u)

Jarak f (Momen Max)	0.11	$H_u^{0,5}$	H_u	3920,390	
M_{maks}	53138,492	kNm	H_u	248,630	kN
M_y	147	kNm	H_u ijin	124,31	kN

1. Gaya Lateral Arah X Pada Tiang

$$\begin{aligned}
 h_{ux} &= \frac{H_{ux}}{n} \\
 &= \frac{124,31}{3} \\
 &= 41,44 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

2. Gaya Lateral Arah Y Pada Tiang

$$\begin{aligned}
 h_{uy} &= \frac{H_{uy}}{n} \\
 &= \frac{124,31}{3} \\
 &= 41,44 \text{ Kn}
 \end{aligned}$$

3. Gaya Lateral Kombinasi Dua Arah

$$\begin{aligned}
 h_{\text{umax}} &= \sqrt{(h_{ux}^2 + h_{uy}^2)} \\
 &= \sqrt{(41,44^2 + 41,44^2)} \\
 &= 58,604 \text{ kN} \leq \phi H_n \text{ (Aman)}
 \end{aligned}$$

5.7.7 Penurunan Pondasi Tiang

1. Data Awal

- a. Beban yang terjadi pada ujung tiang (Q_{wp}) = 88,427 kN
- b. Beban yang terjadi pada selimut tiang (Q_{ws}) = 872,795 kN
- c. Mutu tiang (f_c') = 28 Mpa
- d. Modulus elastisitas material tiang pondasi (E_p) = 24870062 kN/m²
- e. Mod. elastisitas tanah di bawah ujung pondasi (E_s) = 36987,307 kN/m²
- f. *poisson ratio* (μ_s) = 0,35
- g. Panjang tiang (L) = 10 m
- h. Diameter/lebar tiang (D) = 60 cm
- i. Bentuk tiang = bulat
- j. Luas penampang tiang (A_p) = 0,283 m²
- k. perimeter/keliling tiang (p) = 1,88 m
- l. Beban ujung per luasan ($q_{wp} = Q_{wp}/A_p$) = 3124,485 kN/m²
- m. Lebar *pilecap*/grup tiang (B_g) = 3,4 m

2. Penurunan Elastik (*Elastic Settlement*)

a. Penurunan Elastik Tiang ($S_{e(1)}$)

$$\begin{aligned}
 S_{e(1)} &= \frac{Q_{wp} + \xi \times Q_{ws}}{A_p \times E_p} \\
 &= \frac{88,427 + 0,62 \times 872,795}{0,283 \times 24870062} \\
 &= 2,03 \text{ m}
 \end{aligned}$$

b. Penurunan Disebabkan Oleh Beban Pada Ujung Tiang ($S_{e(2)}$)

$$\begin{aligned}
 S_{e(2)} &= \frac{q_{wp} \times D}{E_s} \times (1 - \mu_s^2) \times I_{wp} \\
 &= \frac{3124,485 \times 0,60}{36987,307} \times (1 - 0,35^2) \times 0,85 \\
 &= 37,80 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

c. Penurunan Disebabkan Oleh Beban Sepanjang Selimut Tiang ($S_{e(3)}$)

$$\begin{aligned} S_{e(3)} &= \frac{Q_{ws}}{P \times L} \times \frac{D}{E_s} \times (1 - \mu_s^2) \times I_{ws} \\ &= \frac{827,795}{1,88 \times 10} \times \frac{0,60}{36987,307} \times (1 - 0,35^2) \times \left(2 + 0,35 \times \sqrt{\frac{L}{D}} \right) \\ &= 2,26 \text{ mm} \end{aligned}$$

d. Penurunan Elastik Total Yang Terjadi Pada Pondasi Tiang (S_e)

$$\begin{aligned} S_e &= S_{e(1)} + S_{e(2)} + S_{e(3)} \\ &= 2,03 + 37,80 + 2,26 \\ &= 42,09 \text{ mm} \end{aligned}$$

e. Penurunan Elastik Oleh Tiang Kelompok ($S_{e(g)}$)

$$\begin{aligned} S_{e(g)} &= \sqrt{\frac{B_g}{D}} \times S_e \\ &= \sqrt{\frac{3,40}{0,60}} \times 42,09 \\ &= 100,20 \text{ mm} \end{aligned}$$

5.9 Pembahasan

Sebagai pembangunan yang berfungsi tempat edukasi gedung Universitas Muhammadiyah Metro, *footplat* yang digunakan pada gedung dirasa kurang tepat. di karenakan sebagai tempat edukasi yang terdiri dari 4 lantai termasuk pelat atap agar lebih aman di rencanakan suatu pondasi bor pile, pada hasil penelitian ini digunakan jenis pondasi bor pile dengan menggunakan pondasi *pile cap*. Dimana dalam pondasi *pile cap* di rencanakan 3 grop bor pile, 3 tiang bor pile di rencanakan karena 3 tiang dengan diameter 40 cm; 60 cm dan 80 cm dengan hasil perhitungan memiliki tingkat keamanan yang efektif dilihat dari kapasitas dukung tiang kelompok sebesar $184,40 \text{ T} > 130 \text{ (P)}$ (aman), gaya aksial maksimum pada tiang $658,23 \text{ kN} \leq 702,49 \phi P_n$ (Aman), gaya leteral kombinasi dua arah $53,24 \text{ kN} \leq 684,00 \phi H_n$ (Aman) dan menghasilkan penurunan elastik tiang grup sebesar 100,20 mm. Gaya lateral pada tiang dengan ukuran diameter 40 cm memiliki gaya lateral $53,24 \text{ kN} \leq \phi H_n$, tiang dengan diameter 60 cm memiliki gaya lateral $53,24 \text{ kN} \leq \phi H_n$ dan tiang dengan diameter 80 cm memiliki gaya lateral $58,60 \text{ kN} \leq \phi H_n$.

Penurunan elastik total yang terjadi pada pondasi tiang (Se) sebesar 42,09 mm dan penurunan elastik oleh tiang kelompok (Se(g)) sebesar 100,20 mm. Maka dengan hasil penelitian ini gedung UMM dianggap aman menggunakan pondasi bor pile.

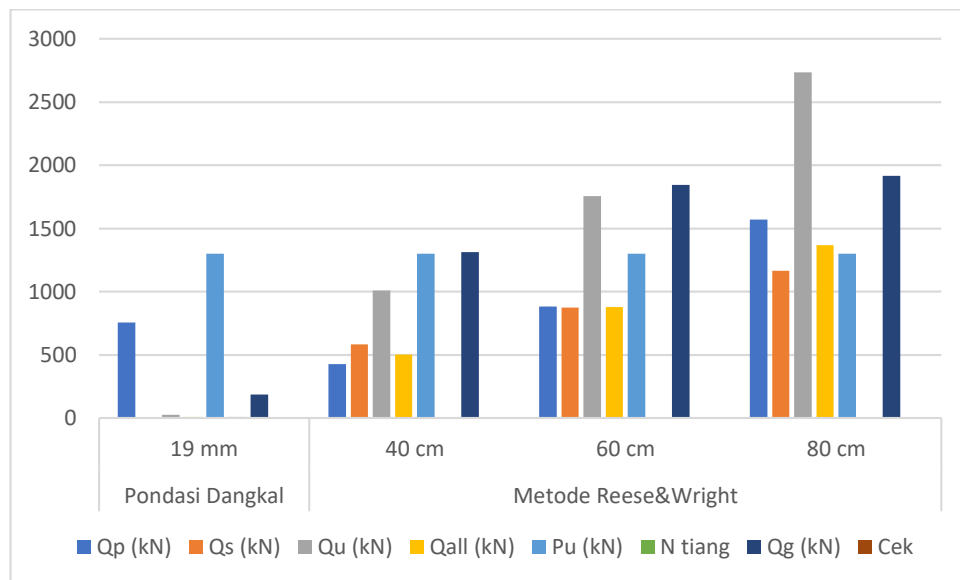
Hasil analisis kapasitas dukung tiang dengan menggunakan metode *Reese & Wright* memperoleh hasil nilai kapasitas dukung kelompok tiang yang berbeda-beda baik dari perhitungan sebelumnya dengan menggunakan pondasi dangkal maupun *pile cap*. Perbandingan hasil analisis kapasitas dukung tiang dapat dilihat pada table 5.20.

Tabel 5.20 Rekapitulasi Analisis Kapasitas Dukung Tiang

<i>Metode Reese&Wright</i>			
Diameter	40 cm	60 cm	80 cm
Qp (kN)	425	883,4	1570,5
Qs (kN)	581,9	872,8	1163,7
Qu (kN)	1006,99	1756,2	2734,3
Qall (kN)	503,4	878,1	1367,1
Pu (kN)	1300	1300	1300
N _{tiang}	4	3	2
Qg (kN)	1312,9	1844	1914
Cek	AMAN	AMAN	AMAN

Tabel 5.21 Rekapitulasi Analisis Safty Factor

Pondasi existing <i>Foot plat</i>	Pondasi bore pile metode Reese&Wright		
	40 cm	60 cm	80 cm
2,374279	1,009923	1,4184615	1,47230769



Gambar 5.7 Perbandingan Kapasitas Dukung Tiang

Dari gambar 5.7 diatas hasil analisis kapasitas dukung tiang baik menggunakan pondasi dangkal ataupun *bor pile* dengan metode *Reese & Wright* dengan diameter 50 cm, 40 cm, 600 cm dan 80 cm memiliki nilai masing-masing sebesar 184,4 kN, 1312,9 kN, 1844 kN, dan 1914 kN. Terlihat cukup jelas perbedaan dari nilai Qg besaran pondasi dangkal eksisting dan hasil analisis menggunakan *pile cap* memiliki selisih nilai yang cukup besar. Selain nilai yang cukup besar jumlah tiang yang dibutuhkan pada pondasi dangkal lebih banyak dibandingkan dengan menggunakan pondasi *bore pile*. Hasil rekapitulasi analisis penurunan pada tiang dapat dilihat pada Tabel 5.21 dan hasil rekapitulasi analisis gaya lateral dapat dilihat pada Tabel 5.22

Tabel 5.21 Rekapitulasi Analisis Penurunan Pada Tiang

Penurunan pada tiang pondasi borpile menggunakan metode <i>Reese & Wright</i>			
Diameter Tiang	40 cm	60 cm	80 cm
Sempiris (m)	0,00251	0,00203	0,00183
Sg (m)	0,09167	0,1002	0,11356

Dari gambar 5.7 diatas hasil analisis kapasitas dukung tiang baik menggunakan pondasi dangkal ataupun *bor pile* dengan metode *Reese & Wright* dengan diameter, 40 cm, 60 cm dan 80 cm memiliki nilai masing-masing sebesar

184,4 kN, 1312,9 kN, 1844 kN, dan 1914 kN. Terlihat cukup jelas perbedaan dari nilai Q_g besaran pondasi dangkal eksisting dan hasil analisis menggunakan *pile cap* memiliki selisih nilai yang cukup besar. Selain nilai yang cukup besar jumlah tiang yang dibutuhkan pada pondasi dangkal lebih banyak dibandingkan dengan menggunakan pondasi *bore pile*.

Tabel 5.22 Rekapitulasi Analisis Gaya Lateral

Gaya Lateral Metode Reese & Wright			
Diameter Tiang	40 cm	60 cm	80 cm
Hu (kN)	197,34	225,9	248,63

Table 5.21 dan table 5.22 menunjukkan perbandingan penurunan pad atiang pondasi *bore pile* dengan menggunakan metode *Reese & Wright* dengan diameter 40 cm , 60 cm , dan 80 cm memiliki penurunan sempiris sebesar 2,51 mm, 2,03 mm, dan 1,83 mm sedangkan penurunan Sg sebesar 91,67 mm, 102 mm dan 113,56 mm.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Kesimpulan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Hasil kapasitas dukung tiang kelompok dengan jumlah tiang 3 buah memiliki efisiensi kelompok tiang E_q sebesar 0,875 dan kapasitas dukung tiang kelompok $184,40 T > P_u$ (Oke).
2. Gaya lateral pada tiang dengan 3 buah pondasi dengan diameter 40 cm memiliki gaya lateral $53,24 \text{ kN} \leq \phi H_n$, pondasi dengan diameter 60 cm memiliki gaya lateral $53,24 \text{ kN} \leq \phi H_n$ dan pondasi dengan diameter 80 cm memiliki gaya lateral $58,60 \text{ kN} \leq \phi H_n$.
3. Terdapat penurunan elastik tiang atau *elastic settlement* sebesar 2,03 mm yang disebabkan oleh beban pada ujung tiang $S_{e(2)}$ sebanyak 37,80 mm, sedangkan penurunan yang disebabkan oleh beban sepanjang selimut tiang adalah sebesar 2,26 mm. Maka penurunan elastik total yang terjadi pada pondasi tiang sebesar 42,09 mm dengan penurunan elastik oleh tiap grup sebesar 100,20 mm.

6.2. Saran

Saran dari penulis agar penelitian ini lebih kompleks, diantaranya perlu:

1. Ketelitian dalam penyelidikan tanah di lapangan harus diperhatikan, sehingga keakuratan dalam perhitungan perencanaan pondasi dapat maksimal.
2. Membandingkan hasil analisis pondasi tiang secara numerik lainnya.
3. Hasil dari analisis bisa dijadikan sebagai referensi terhadap contoh perhitungan yang sejenis.

DAFTAR PUSTAKA

- Amanda. 2017. Perencanaan Ulang Struktur Bawah Abutment Dengan Pondasi *Bored Pile*. (Tidak Diterbitkan). Tugas Akhir. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Aoki, N. and Velloso, D.A. (1975). *An Approximate Method to Estimate The Bearing Capacity of Piles. Proceedings, The 5 th Pan-American Conference of Soil Mechanics and Foundation Engineering*. Vol. 1. 367-376. Buenos Aires.
- Bowles, J.E. 1997. Analisis dan Desain Pondasi. Jilid II. Edisi Keempat. Erlangga. Jakarta.
- Brown, D.A., et. al. 2010. *Drilled Shaft: Construction Procedures and Lrfd Design Methods*. Fhwa NHI-10-016. Federal Highway Administration. Washington, D.C.
- Fahri. 2018. Perencanaan Ulang Pondasi Tiang Pancang Dengan Variasi Diameter Menggunakan Metode Meyerhoff, Aoki De Alencar Pada Gedung RS UIL. Tugas Akhir. (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta
- Fahmi, 2018. Desain Modifikasi Gedung Apartemen Taman Sari iswara dengan Menggunakan Sistem Ganda dan Balok Pratekan, Institut Teknologi Sepuluh.
- Hardiyatmo, H.C. 2002. Teknik Pondasi I. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H.C. 2010. *Mekanika Tanah 1*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H.C. 2010. *Mekanika Tanah 2*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H.C. 2015. Perancangan Perkerasan Jalan dan Penyelidikan Tanah. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Lim, dkk. 2014 Evaluasi Formula Penentuan Daya Dukung Aksial Tiang Pancang Tunggal Menggunakan Data CPT Berdasarkan Metode Langsung (*Direct Methode*) Universitas Katolik Parahyangan.
- Mz Ibnu Hidayat, Dkk. 2018. Perencanaan Ulang Struktur Bawah Dengan Pondasi *Bored Pile* Pada Gedung White Hotel Sedan Yogyakarta. Tugas Akhir. (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

- Reese, L.C. & Wright, S.J. (1977). *Drilled Shaft Design and Construction Guidelines Manual*, Vol.1. Washington D.C: U.S. Departement of Transportation.
- Price, G & Wardle, I. F. (1982). *A Comprasion Between Cone Penetration Test Results And The Performance Of Small Diameter Instrumented Piles In Stiff Clay*. In: *Proceedings Of The 2nd European Symposium*.
- Rivaldi. 2019. Analisis Efisiensi Penggunaan Pondasi Tiang Pancang Dengan Tiang Bor. Tugas Akhir. (Tidak Diterbitkan). Universitas Bangka Belitung. Pangkal Pinang.
- Rizaldy. 2012. Efisiensi Kelompok Tiang Pancang.
- Soedarmo dan Edy. 1993. *Mekanika Tanah 1*. Jidil I Malang
- Titi, Dkk. 1999. *Evaluation of Bearing Capacity of Piles from Cone Penetration Test Data*. Jurnal. Lousiana Trasportation Research Center. Lousiana, UnitedStates.
(https://www.researchgate.net/publication/251320753_EVALUATION_OF_BEARING_CAPACITY_OF_PILES_FROM_CONE_PENETRATION_TEST_DATA. Diakses 8 Februari 2021).
- Titi dan Farsakh. 1999. Analisa Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Pada Proyek Pembangunan Pondasi *Tissue Block* 5&6.
- Ulfa Jusi. 2015. Analisa Kuat Dukung Pondasi *Bore Pile* Berdasarkan Data Pengujian Lapangan. Tugas Akhir. (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Wesley, L.D. 1977. *Mekanika Tanah*. Badan Penerbit Pekerjaan Umum. Jakarta.

LAMPIRAN

Lampiran 1.1 Jadwal Kegiatan

No.	Bulan Ke-			1				2				3				4			
	Minggu Ke-			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
	Kegiatan	Jam	Bobot																
1	Persiapan																		
	a. Perumusan Masalah	11	7.9%	4%	4%														
	b. Studi Pustaka	15	11%			5.4%	5.4%												
2	Pengumpulan Data																		
	a. Data Sekunder	5	3.6%					3.6%											
	b. Data Primer	16	11.4%					5.7%	5.7%										
3	Analisis Data	15	11%						5.4%	5.4%									
4	Pemodelan	20	14.3%						7.1%	7.1%									
5	Kalibrasi dan Validasi	10	7.1%						3.6%			3.6%							
6	Analisis Pembahasan	24	17.1%									4.3%	4.3%	4.3%	4.3%				
7	Penyusunan Laporan	24	17.1%												3.4%	3.4%	3.4%	3.4%	3.4%
Total Jam		140	100%	5.5	5.5	7.5	7.5	13	15.5	17.5	15	11	6	6	10.8	4.8	4.8	4.8	4.8
Mingguan				4%	4%	5.4%	5.4%	9.3%	11.1%	12.5%	10.7%	7.9%	4.3%	4.3%	7.7%	3.4%	3.4%	3.4%	3.4%
Kumulatif				4%	8%	13.2%	18.6%	27.9%	38.9%	51.4%	62.1%	70.0%	74.3%	78.6%	86.3%	89.7%	93.1%	96.6%	100%

Lampiran 1.2 Data Tanah



**LABORATORIUM TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH METRO
BALAI PENGUJIAN DAN PERALATAN
(Soil, Aggregate, Concret and Asphal Testing)**



Jl. Ki. Hajar Dewantara No. 166 Metro Telp.(0725) 42445 - 42454 Fax. (0725) 42445 Kode Pos 34111

SONDIR

Tanggal Pengujian :

Di Uji Kelompok VII

Lokasi : Kampus III UM Metro

Diperiksa : Yusuf Amran, S.T.,M.T.

Kedalam an (cm)	Jumlah Perlawanan Konus (qc) (Kg/cm2)	Penetrasi Konus (qc) (kg/cm2)	Perlawanan Geser (Kg/cm2)	Hambatan Pelekat (Kg/cm)	J.H.P (Kg/cm)	Hambatan Setempat (Kg/cm)
1	2	3	4 = 3 - 2	5 = 4 x Cf	6 = $\sum 5$	7 = 4 / 10
0	0	0	0	0	0	0
20	5	8	3	6	6	0.3
40	20	22	2	4	10	0.2
60	25	30	5	10	20	0.5
80	30	32	2	4	24	0.2
100	32	34	2	4	28	0.2
120	35	36	1	2	30	0.1
140	37	39	2	4	34	0.2
160	40	48	8	16	50	0.8
180	55	60	5	10	60	0.5
200	67	72	5	10	70	0.5
220	74	76	2	4	74	0.2
240	80	85	5	10	84	0.5
260	95	100	5	10	94	0.5
280	115	122	7	14	108	0.7
300	126	130	4	8	116	0.4
320	133	135	2	4	120	0.2
340	138	140	2	4	124	0.2
360	145	147	2	4	128	0.2
380	152	154	2	4	132	0.2
400	155	157	2	4	136	0.2
420	160	162	2	4	140	0.2
440	164	170	6	12	152	0.6
460	170	175	5	10	162	0.5
480	177	180	3	6	168	0.3
500	182	185	3	6	174	0.3
520	187	190	3	6	180	0.3
540	190	192	2	4	184	0.2
560	192	195	3	6	190	0.3
580	195	197	2	4	194	0.2
600	200	205	5	10	204	0.5



LABORATORIUM TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH METRO
BALAI PENGUJIAN DAN PERALATAN
(Soil, Aggregate, Concret and Asphal Testing)

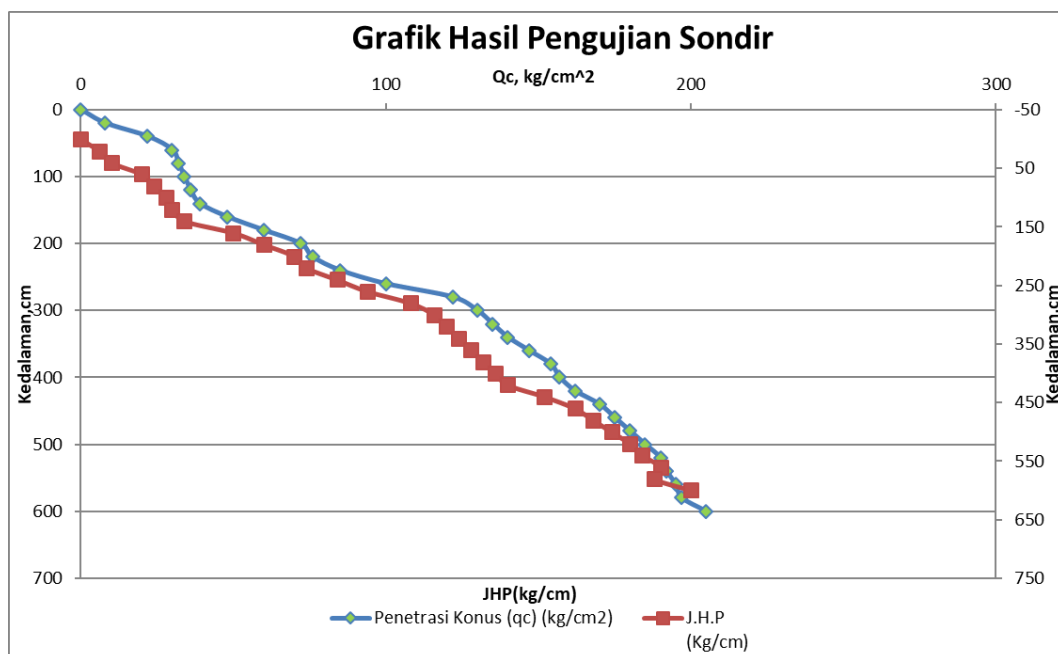


Jl. Ki. Hajar Dewantara No. 166 Metro Telp.(0725) 42445 - 42454 Fax. (0725) 42445 Kode Pos 34111

SONDIR

Keterangan :

Diameter Conus (Dc)	: 3,56 cm	Diameter Selimut geser (DG)	: 3,56 cm
Panjang Selimut Geser (hg)	: 13,4 cm	Faktor Koreksi/Kalibrasi Alat (Cf)	: 2,0
Sudut Geser Dalam Tanah (ϕ): 22°		Kohesi Tanah ©	: 2,75 t/m ²



Keterangan:

Diameter Conus (Dc)	: 3,56 cm
Panjang Selimut Geser (hg)	: 13,4 cm
Sudut Geser Dalam Tanah (ϕ)	: 22°
Diameter Selimut geser (DG)	: 3,56 cm
Faktor Koreksi/Kalibrasi Alat (Cf)	: 2,0
Kohesi Tanah ©	: 2,75 t/m ²

CONE PENETRATION TEST (CPT)

Lokasi : FIK UMM
 Titik : Semua Titik
 Tipe Alat : Sondir 2,5 ton

Depth : -10.80 m
 m.a.t : - m

qc = Tahanan Konus (kg/cm²)
 qf = Tahanan Gesek sisi konus (kg/cm²)
 TF = JHP = Jumlah hambatan Lekat

Depth	Elevation	CPT-01	CPT-02	CPT-03
(meter)	(meter)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)
0	0	0	0	0
0.20	-0.20	20	40	5
0.40	-0.40	30	25	20
0.60	-0.60	32	25	23
0.80	-0.80	22	25	22
1.00	-1.00	20	25	30
1.20	-1.20	25	5	30
1.40	-1.40	15	5	39
1.60	-1.60	15	15	42
1.80	-1.80	45	25	48
2.00	-2.00	53	35	51
2.20	-2.20	67	45	52
2.40	-2.40	55	55	51
2.60	-2.60	60	65	46
2.80	-2.80	55	80	47
3.00	-3.00	55	65	50
3.20	-3.20	55	65	42
3.40	-3.40	60	65	46
3.60	-3.60	65	65	46
3.80	-3.80	75	50	48
4.00	-4.00	75	50	45
4.20	-4.20	95	60	38
4.40	-4.40	85	70	38
4.60	-4.60	80	75	37
4.80	-4.80	55	80	36
5.00	-5.00	80	80	31
5.20	-5.20	75	60	29
5.40	-5.40	120	80	35
5.60	-5.60	110	90	35
5.80	-5.80	95	100	36
6.00	-6.00	80	110	37
6.20	-6.20	88	120	32
6.40	-6.40	90	150	46
6.60	-6.60	105	150	53
6.80	-6.80	125	160	61
7.00	-7.00	140	150	58
7.20	-7.20	135	120	80
7.40	-7.40	135	135	86
7.60	-7.60	200	150	110
7.80	-7.80	250	140	112
8.00	-8.00	250	140	112
8.20	-8.20	250	115	165
8.40	-8.40	250	105	175
8.60	-8.60	250	115	180
8.80	-8.80	250	100	200
9.00	-9.00	250	110	210
9.20	-9.20	250	100	250
9.40	-9.40	250	90	250
9.60	-9.60	250	100	250
9.80	-9.80	250	95	250
10.00	-10.00	250	110	250
10.20	-10.20	250	120	250
10.40	-10.40	250	200	250
10.60	-10.60	250	220	250
10.80	-10.80	250	250	250

DATA PENGUJIAN HASIL PENYELIDIKAN TANAH
GRAFIK SONDIR (CPT)

