

**TUGAS AKHIR**

**PERENCANAAN PONDASI BORED PILE DAN METODE  
PELAKSANAAN PADA PROYEK PEMBANGUNAN  
GEDUNG RSJ PROF DR. V.L. RATUMBUYSANG  
MANADO**

**Diajukan Sebagai Syarat Untuk Menyelesaikan Studi  
Program Studi Diploma – IV Konstruksi Bangunan Gedung  
Pada Jurusan Teknik Sipil**

**Oleh:**

**Edward Z. Halibu**

**NIM. 11 012 023**



**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI  
POLITEKNIK NEGERI MANADO  
JURUSAN TEKNIK SIPIL**

**2015**

**TUGAS AKHIR**

**PERENCANAAN PONDASI BORED PILE DAN METODE  
PELAKSANAAN PADA PROYEK PEMBANGUNAN  
GEDUNG RSJ PROF DR. V.L. RATUMBUYSANG  
MANADO**

**Diajukan Sebagai Syarat Untuk Menyelesaikan Studi  
Program Studi Dipoloma – IV Konstruksi Bangunan Gedung  
Pada Jurusan Teknik Sipil**

**Oleh:**

**Edward Z. Halibu**

**NIM. 11 012 023**

**Dosen Pembimbing**

Sudarno, ST., MT

NIP.19650116 199003 1 002

Nixon S. Mantiri, ST., MT

NIP. 19681115 200212 1 001



**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI  
POLITEKNIK NEGERI MANADO  
JURUSAN TEKNIK SIPIL**

**2015**

## KATA PENGANTAR

Puji syukur dipanjatkan kepada Tuhan Allah Yang Maha Kuasa, karena atas bimbingan dan penyertaan-Nya sehingga tugas akhir dengan judul **'PERENCANAAN PONDASI BORED PILE DAN METODE PELAKSANAAN PADA PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG RSJ PROF Dr. V.L. RATUMBUYSANG MANADO'** bisa diselesaikan. Tugas ini dibuat sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan kuliah di Politeknik Negeri Manado Jurusan Teknik Sipil dengan tujuan agar mahasiswa mampu memahami lebih dalam segala teori yang diajarkan dan mempelajari situasi dan kondisi dalam dunia kerja

Dalam penyelesaian tugas akhir ini tentunya tidak lepas dari bantuan berbagai pihak yang sangat membantu. Untuk itu disampaikan terima kasih kepada :

1. Tuhan Yesus Kristus yang senantiasa menyertai Penulis dalam menyelesaikan tugas akhir.
2. Bpk. Ir. Jemmy Rangan, MT selaku Direktur Politeknik Negeri Manado.
3. Bpk. Ir. Donny Taju, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil.
4. Ibu Jeanely Rangkang, M.Eng.Sc selaku Ketua Panitia Tugas Akhir
5. Bpk. Sudarno ST., MT selaku dosen pembimbing I dan Bpk. Nixon S. Mantiri, ST., MT selaku dosen pembimbing II.
6. Bpk Ir. Ferry Sondakh ST., MT., Ir. Ever N. Slat., MT., terima kasih buat bantuan dan masukannya dalam menjelaskan semua pertanyaan yang disampaikan selama pembuatan tugas akhir ini
7. Seluruh Staf pengajar dan administrasi Jurusan Teknik Sipil.
8. Orang Tua beserta keluarga yang selalu setia memberikan dukungan baik secara materi maupun moral.
9. Istri Olance S. Tundali dan Anak Alvaro Gavriel Kenzhin Halibu tercinta yang selalu menjadi pendengar yang setia dalam suka dan duka, memberi dukungan semangat dalam pembuatan dan penyelesaian tugas akhir

10. Rekan-rekan mahasiswa jurusan Teknik Sipil Konstruksi Bangunan Gedung angkatan 2011 yang selalu berjuang bersama dalam suka maupun duka.
11. Serta semua pihak yang telah membantu yang tak dapat disebutkan satu persatu.

Semoga Tuhan Yesus Kristus senantiasa memberikan berkat dan kasih karunia-Nya serta membalas semua kebaikan dari pihak – pihak yang telah turut serta dalam penyusunan tugas akhir ini.

Tentunya masih terdapat kekurangan maupun kesalahan dalam penyelesaian tugas akhir ini. Untuk itu, sangat diharapkan kritik dan saran yang dapat membangun sehingga bisa bermanfaat dalam kemajuan dunia pendidikan. Terima Kasih dan Tuhan Yesus Memberkati.

Manado, September 2015

Penulis:

Edward Z. Halibu

11 012 023

## ABSTRAK

*Pembangunan Gedung RSJ Prof Dr. V.L. Ratumbusang Manado merupakan bangunan pemerintah di Manado, Sulawesi Utara dengan jenis bangunan struktur baja dan kondisi tanah keras. Pondasi adalah Struktur bangunan yang berhubungan langsung dengan tanah. yang mempunyai fungsi memikul beban bagian bangunan di atasnya. Secara umum terdapat dua jenis pondasi, yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam Pondasi yang digunakan untuk pembangunan Gedung RSJ Prof Dr. V.L. Ratumbusang Manado adalah pondasi dalam yaitu pondasi bored pile.*

*Maksud dan tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah menghitung Daya dukung tanah, Diameter bored pile, Kedalaman bored pile, dan juga Jumlah bored pile dalam satu titik, serta Metode pelaksanaan pondasi bored pile pada bangunan gedung rumah sakit yakni RSJ Prof Dr. V.L. Ratumbusang karena pekerjaan pondasi merupakan komponen yang penting di dalam struktur suatu bangunan sebagai struktur bawah.*

*Dalam pembahasan tugas akhir ini menggunakan metode studi lapangan, studi literature dan konsultasi dengan berbagai pihak yang terkait. Di mana untuk perhitungan pembebanan dihitung secara manual dan dalam menganalisa kemampuan daya dukung pondasi bored pile untuk momen yang bekerja menggunakan program SAP 2000 v16*

*Proyek pembangunan gedung rumah sakit yakni RSJ Prof Dr. V.L. Ratumbusang Manado menggunakan pondasi bored pile. Berdasarkan perencanaan dan perhitungan Beban yang didapat yaitu pada titik pondasi P18 = 56,47 ton dan pada titik pondasi P401 = 107,89 ton, Daya dukung tiang pada titik P18 adalah 12,944 ton sedangkan daya dukung tiang pada titik P401 adalah 17,813 ton, Daya dukung kelompok tiang pada titik P18 adalah 56,694 ton sedangkan daya dukung tiang pada titik P401 adalah 110,619 ton, Diameter pondasi bored pile pada titik P18 adalah 20 cm kedalaman tiang 3,00 m dan diameter pondasi pada titik P401 adalah 30 cm, kedalaman tiang 2,60 m dengan perbandingan pada titik P18 adalah 56,694 ton >  $P_u = 56,473$  ton (OK) dan pada titik P401 adalah 110,619 ton >  $P_u = 107,893$  ton (OK) dengan masing-masing jumlah tiang pada titik P-18 adalah 6 buah tiang bored pile dan pada titik P-401 adalah 9 buah tiang bored pile. Maka berdasarkan perhitungan tersebut disimpulkan daya dukung tiang mampu untuk memikul beban yang bekerja pada kedua titik tersebut, metode pelaksanaan pondasi bored pile pada proyek pembangunan gedung RSJ Prof Dr. V.L. Ratumbusang adalah sebagai berikut: Persiapan lokasi pekerjaan, Survey Lapangan dan penentuan titik pondasi, kemudian dilanjutkan dengan pemasangan patok, pembuatan drainase dan kolam air, setting Mesin, proses Pengeboran, penulangan selanjutnya dilanjutkan dengan proses Pengecoran.*

## DAFTAR ISI

	<b>Hal</b>
Halaman Judul	
Lembar Pengesahan	
Surat Keputusan Dosen Pembimbing	
Lembar Asistensi	
Bukti Selesai Konsultasi untuk Perbaikan Tugas Akhir	
Kata Pengantar .....	i
Abstrak .....	iii
Daftar isi .....	iv
Daftar Gambar .....	vii
Daftar Tabel .....	x
Daftar Lampiran .....	xi
<b>BAB I.       PENDAHULUAN</b>	
1.1    Latar belakang .....	1
1.2    Maksud dan Tujuan .....	2
1.3    Batasan Masalah .....	2
1.4    Metodologi Penulisan .....	3
1.5    Sistematikan Penulisan .....	5
<b>BAB II.     LANDASAN TEORI</b>	
2.1 Uraian Umum .....	6
2.2 Tanah Sebagai Dasar Pondasi .....	6
2.2.1 Kekuatan Tanah Sebagai Dasar Pondasi .....	7
2.2.2 Karakteristik Tanah .....	8
2.2.3 Penyelidikan Tanah .....	9
2.3 Struktur Bawah .....	10
2.3.1 Pemilihan Jenis Struktur Bawah (Pondasi) .....	10
2.3.2 Pengertian Pondasi .....	11
2.3.3 Macam-macam Pondasi .....	10
2.3.4 Dasar-dasar Penentuan Jenis Pondasi .....	15
2.4 Pondasi Bored Pile (Tiang Bor) .....	18
2.5 Metode Pelaksanaan Pondasi Bored Pile .....	27

2.6	Metode Pelaksanaan Pondasi Strauss Pile .....	32
2.7	Pembebanan .....	33
2.7.1	Beban Mati (DL).....	33
2.7.2	Beban Hidup.....	33
2.7.3	Beban Angin.....	34
2.7.4	Beban Gempa .....	34
2.7.5	Beban Khusus.....	36
2.8	Perencanaan dan Perhitungan Daya Dukung Pondasi Tiang Bor Berdasarkan Data Sondir .....	37
2.8.1	Daya Dukung Ultimit Tiang .....	37
2.8.1.1	Metode Aoki dan De Alencer .....	37
2.8.1.2	Metode Meyerhoff .....	39
2.8.2	Daya Dukung Ijin Untuk Kelompok Tiang.....	39
2.8.3	Penulangan Pondasi Bored Pile .....	40
2.8.3.1	Hitung Tulangan Utama.....	40
2.8.4	Jumlah Tiang Yang Diperlukan .....	42
2.9	Penggunaan Program SAP200 v16.2.2 .....	42
2.10	Analisis Perhitungan .....	53
<b>BAB III. PEMBAHASAN</b>		
3.1	Data- data proyek pembangunan gedung RSJ Prof Dr. V. L. Ratumbusang Manado .....	54
3.1.1	Data Umum.....	54
3.1.2	Data teknis lapangan.....	55
3.1.3	Data-data desain .....	55
3.2	Perhitungan Pembebanan .....	56
3.2.1	Beban lantai dan kolom .....	56
3.2.2	Perhitungan Pembebanan lantai 1.....	58
3.3	Data-data input SAP.....	63
3.3.1	Beban-beban .....	64
3.4	Menghitung gaya geser .....	65
3.4.1	Gaya geser alami .....	65
3.4.2	Gaya geser dasar nominal.....	66

3.4.3	Distribusi gaya geser horisontal .....	66
3.5	Tinjauan Perhitungan pondasi.....	67
3.5.1	Menghitung kapasitas daya dukung pondasi bored pile dari data sondir, perhitungan di titik P18.....	67
3.5.2	Menghitung kapasitas daya dukung pondasi bored pile dari data sondir, perhitungan di titik P401 .....	70
3.6	Daya dukung kelompok tiang untuk titik P18 dan titik P401 .....	75
3.7	Metode pelaksanaan pondasi bored pile .....	76
BAB IV	PENUTUP	
4.1	Kesimpulan .....	84
4.2	Saran.....	84

#### DAFTAR PUSTAKA

#### LAMPIRAN

- Data Sondir
- Gambar Kerja Proyek



Gambar 2.26 Memilih Tipe Penampang.....	46
Gambar 2.27 Mengatur Penampang kolom.....	47
Gambar 2.28 Mendefinisikan tipe pelat .....	47
Gambar 2.29 Input Data Pelat .....	48
Gambar 2.30 Area Pelat yang akan diisikan beban .....	48
Gambar 2.31 Memasukan Beban Pelat.....	49
Gambar 2.32 Beban Pelat .....	49
Gambar 2.33 Memasukan Beban Balok .....	50
Gambar 2.34 Berat Dinding.....	50
Gambar 2.35 Mendefinisikan Beban .....	51
Gambar 2.36 Distribusi Beban Pelat ke Balok .....	51
Gambar 2.37 Mendefinisikan Kombinasi Beban .....	52
Gambar 2.38 Run Analysis.....	52
Gambar 2.39 Bagan Alir Analisis Perhitungan .....	53
Gambar 3.1 Lokasi proyek pembangunan RSJ Prof Dr. V.L. Ratumbusang Manado .....	54
Gambar 3.2 Denah Bangunan.....	56
Gambar 3.3 Potongan Memanjang/arah Y bangunan.....	57
Gambar 3.4 Potongan Memanjang/arah X bangunan .....	57
Gambar 3.5 Area Pembebanan Pada Lantai.....	58
Gambar 3.6 Area Pembebanan Pada Lantai.....	61
Gambar 3.7 Visualisasi Konstruksi Pondasi Tiang Bor titik P18.....	67
Gambar 3.8 Dimensi pile cap dan jarak antar tiang bored pile pada titik P-18 .....	69
Gambar 3.9 Visualisasi Konstruksi Pondasi Tiang Bor titik P401 dengan jumlah bored pile 16 buah .....	70
Gambar 3.10 Dimensi pile cap dan jarak antar tiang bored pile pada titik P-401 .....	72
Gambar 3.11 Visualisasi Konstruksi Pondasi Tiang Bor .....	73
Gambar 3.12 Dimensi pile cap dan jarak antar tiang bored pile pada titik P-401 dengan jumlah bored pile 9 buah .....	75
Gambar 3.14 Excavator mempersiapkan areal proyek agar alat-alat berat yang lain bisa masuk .....	76

Gambar 3.15 Mengukur dan menentukan posisi titik koordinat bore pile dengan bantuan alat Theodolite .....	77
Gambar 3.16 Pengaturan alat untuk pengeboran .....	78
Gambar 3.17 Proses Pengeboran Menggunakan Mesin Bor.....	79
Gambar 3.15 Mata Bor yang Dipakai.....	80
Gambar 3.16 Penyambungan Tulangan Bored Pile .....	81
Gambar 3.17 Kondisi lubang pondasi yang telah siap di cor.....	82
Gambar 3.18 Truk readymix saat melakukan pengecoran pondasi bord pile .....	83

## DAFTAR TABEL

	<b>Hal</b>
Table 2.1 Koefisien reduksi beban hidup .....	36
Tabel 2.2 Faktor Empirik Fb .....	38
Tabel 3.1 Berat masing-masing lantai .....	65
Tabel 3.2 Tabel 8 koefisien pada SNI-1726-2002 yang membatasi waktu Getar alami fundamental struktur gedung .....	65
Tabel 3.3 Distribusi Gaya Geser Horizontal Gempa .....	66
Tabel 3.4 Merupakan hambatan konus berdasarkan laporan penyelidikan pada titik S-2 .....	67
Tabel 3.5 Merupakan hambatan konus berdasarkan laporan penyelidikan pada titik S-2 .....	70
Tabel 3.6 Merupakan hambatan konus berdasarkan laporan penyelidikan pada titik S-2 .....	73

## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Beban mati dan beban hidup berdasarkan PPIUG 1983
- Lampiran 2 Data Sondir
- Lampiran 3 Tabel SNI 1726-2002
- Lampiran 4 Gambar Proyek

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Seiring dengan perkembangan jaman, pembangunan disemua aspek kehidupan bidang masyarakat diseluruh wilayah Indonesia dapat merata. Sesuai dengan perkembangan salah satu daerah, pembangunan infrastruktur merupakan salah satu sarana dan prasarana yang sangat menentukan untuk menunjang kelancaran dan meningkatkan aktifitas perekonomian di daerah yang mulai berkembang.

Kota Manado sebagai ibukota Propinsi Sulawesi Utara berusaha untuk meningkatkan dan memaksimalkan pembangunan daerah. Seiring dengan meningkatnya pembangunan daerah, pembangunan dalam berbagai sektor untuk menunjang kemajuan Kota Manado meliputi pembangunan perumahan, rumah sakit, perkantoran, tempat hiburan, pusat perbelanjaan, transportasi jembatan dan jalan raya, dan sarana-sarana lainnya.

Suatu struktur bangunan terdiri dari struktur atas dan struktur bawah. Struktur bangunan membutuhkan pondasi yang kuat dan kokoh sebagai pendukung konstruksi di atasnya. Pertama-tama yang dilaksanakan pada kegiatan pembangunan struktur di lapangan adalah pekerjaan struktur bawah yaitu pekerjaan pondasi.

Pengertian umum Pondasi adalah Struktur bagian bawah bangunan yang berhubungan langsung dengan tanah, atau bagian bangunan yang terletak di bawah permukaan tanah yang mempunyai fungsi memikul beban bagian bangunan di atasnya. Secara umum terdapat dua jenis pondasi, yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam.

Pembangunan suatu proyek konstruksi seperti pada Pembangunan RSJ Prof Dr. V.L. Ratumbusang Manado ada banyak hal yang mendukung mulai dari perencanaan sampai pelaksanaannya. Salah satu hal yang penting ialah perencanaan struktur pondasi. Karena pondasi memiliki fungsih penting yaitu sebagai dasar suatu bangunan tanpa adanya pondasi yang kokoh bangunan tidak akan kuat dan kokoh untuk ditempati.

Mengingat gedung ini adalah sebuah gedung rumah sakit yang merupakan salah satu infrastruktur yang sangat penting bagi masyarakat. Oleh karena itu perencanaan dan pembuatann jenis struktur bawah (pondasi) perlu diperhitungkan dengan cermat agar terhindar dari penurunan bahkan abruhnya gedung tersebut. Berdasarkan jenis tanah, kondisi geografis, lokasi sekitar proyek, biaya konstruksi dan kemudahan pelaksanaan di lapangan, besarnya beban statis dan dinamis yang bekerja, fungsih bangunan dan jumlah tingkat bangunan pemilihan pondasi pada proyek pembangunan gedung RSJ Prof Dr. V.L. Ratumbusang Manado ini adalah jenis pondasi dalam yakni pondasi Bored Pile, Pondasi ini akan menyalurkan tegangan-tegangan yang terjadi pada beban struktur atas ke dalam lapisan tanah yang keras yang dapat memikul beban konstruksi tersebut.

Untuk itu penulisan tugas akhir ini difokuskan pada Perencanaan Pondasi Bored Pile Dan Metode Pelaksanaan Pada Proyek Pembangunan Gedung RSJ Prof Dr. V.L. Ratumbusang Manado. Pondasi Bored Pile merupakan salah satu jenis pondasi yang kedalamannya kurang lebih dari 15 meter dan biasa digunakan pada konstruksi bangunan-bangunan tinggi. Pemakaian pondasi Bored Pile adalah merupakan alternatif lain, bilamana dalam pelaksanaan pembangunan berada pada suatu lokasi yang sangat sulit atau beresiko tinggi apabila mempergunakan pondasi tiang pancang (*spoon pile*).

## 1.2 Maksud dan tujuan

Adapun Maksud dan tujuan dari penyusunan Tugas Akhir ini ialah:

**1.2.1 Maksud:** Merencanakan struktur bawah yaitu pondasi pada proyek pembangunan gedung RSJ Prof. Dr. V. L. Ratumbusang manado yakni pondasi dalam yaitu pondasi bored pile.

### 1.2.2 Tujuan:

- a. Menentukan diameter serta kedalaman bored pile
- b. Mencari daya dukung satu tiang pondasi bored pile
- c. Menentukan jumlah bored pile dalam satu titik
- d. Menghitung daya dukung kelompok tiang

### **1.3 Pembatasan Masalah**

Dalam penulisan tugas akhir dengan judul “Perencanaan Pondasi Bored Pile Dan Metode Pelaksanaan Pada Proyek Pembangunan Gedung RSJ Prof Dr. V.L. Ratumbusang Manado” permasalahan hanya dibatasi pada :

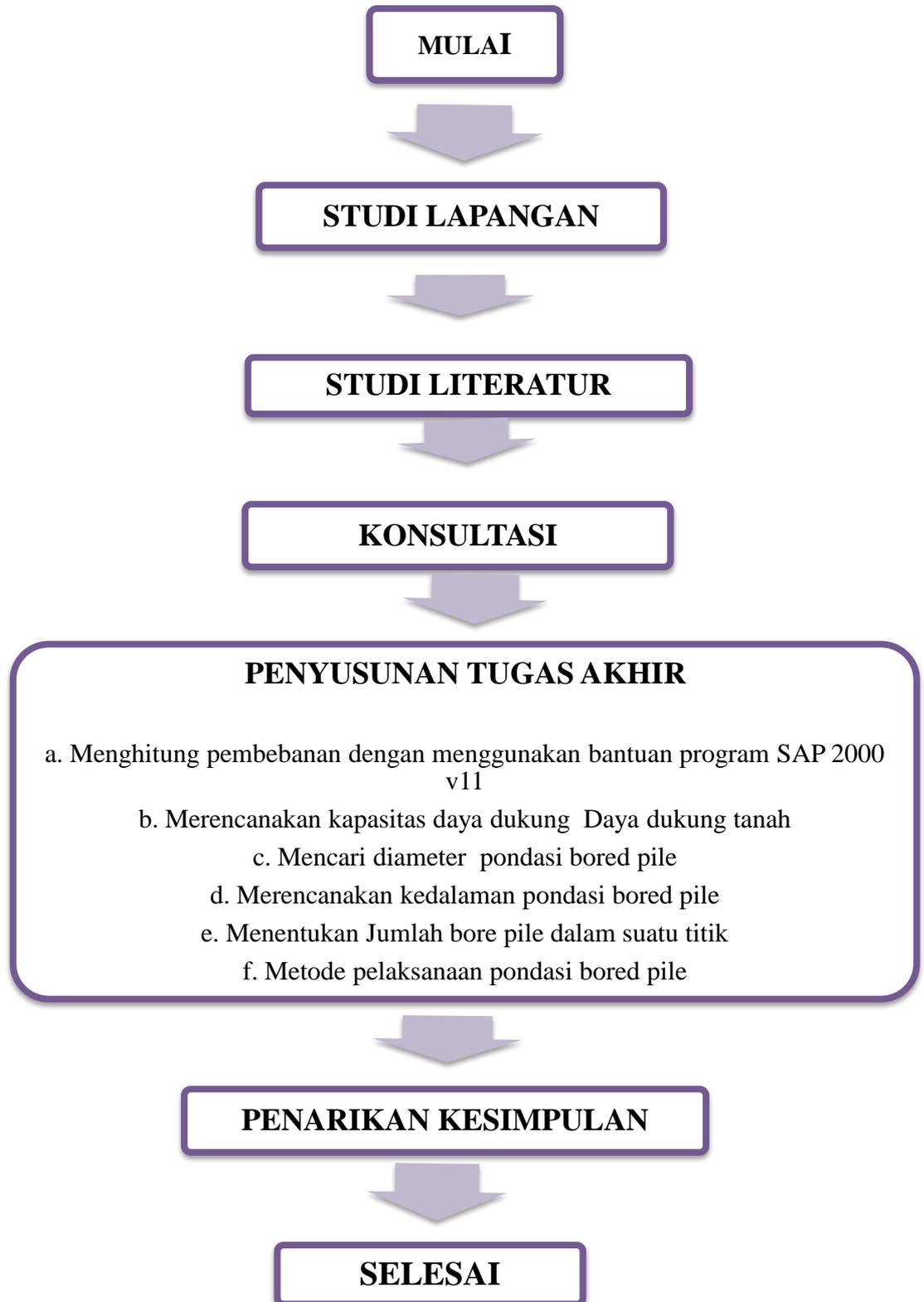
1. Daya dukung pondasi
2. Diameter bored pile
3. Kedalaman bored pile
4. Jumlah bored pile dalam suatu titik
5. Metode pelaksanaan pondasi bored pile.

### **1.4 Metode penulisan**

Metode penulisan yang digunakan pada penulisan tugas akhir ini menggunakan 3 metode, yakni :

- a. Studi lapangan, yaitu dengan mengumpulkan data-data pendukung yang ada pada Proyek Pembangunan gedung RSJ Prof. Dr. V.L. Ratumbusang Manado.
- b. Studi literatur, yaitu dengan mempelajari teori – teori yang berhubungan dengan topik bahasan melalui studi kepustakaan.
- c. Konsultasi, melakukan berbagai tanya jawab dengan beberapa pihak yakni pihak di lokasi proyek pembangunan gedung RSJ Prof. Dr. V.L. Ratumbusang Manado, para pakar dan dosen pembimbing dan pihak-pihak lain yang juga memahami materi topik tinjauan.

Berikut Gambar 1.1 menunjukkan bagan alir penulisan tugas akhir yang dapat dilihat dibawah ini.



Gambar 1.1 Bagan Alir Penulisan Tugas Akhir

## **1.5 Sistematika Penulisan**

Adapun sistematika dalam penyusunan Tugas Akhir ini adalah :

### **BAB I : PENDAHULUAN**

Bab ini memuat latar belakang, maksud dan tujuan penulisan, pembatasan masalah, metodologi penelitian dan sistematika penulisan

### **BAB II : DASAR TEORI**

Pada bab ini memuat mengenai pembahasan umum dan landasan teori yang digunakan untuk menunjang pelaksanaan penulisan Tugas Akhir.

### **BAB III: PEMBAHASAN**

Pada bab ini memuat metode pelaksanaan pada proyek yang ditinjau dan perhitungan daya dukung pondasi sumuran.

### **BAB IV : PENUTUP**

Bab ini merupakan bagian penutup dari tugas akhir ini dimana di dalamnya memuat kesimpulan dan saran yang menjadi jawaban dari permasalahan yang ada dan hal-hal yang perlu dilakukan dalam mengatasi masalah yang terjadi pada proyek yang ditinjau.

## **BAB II**

### **DASAR TEORI**

#### **2.1 Uraian Umum**

Pada prinsipnya perencanaan suatu bangunan meliputi perencanaan bangunan atas dan perencanaan bangunan bawah, perencanaan bangunan atas (*upper structure*) meliputi bagian struktur dari bangunan yang ada diatas permukaan tanah seperti kerangka pemikul bangunan tersebut. Sedangkan untuk bangunan bawah (*sub structure*) adalah bagian bangunan yang ada di bawah permukaan tanah, dalam hal ini bangunan yang dimaksud adalah pondasi.

#### **2.2 Tanah Sebagai Dasar Pondasi**

Tanah selalu mempunyai peranan yang penting pada suatu lokasi pekerjaan konstruksi. Menurut (Nakazawa, 1983) Tanah adalah pondasi pendukung suatu bangunan, atau bahan konstruksi dari bangunan itu sendiri seperti tanggul atau bendungan atau kadang-kadang sebagai sumber penyebab gaya luar pada bangunan, seperti tembok atau dinding penahan tanah. Jadi tanah itu selalu berperan pada setiap pekerjaan teknik sipil. Tenaga-tenaga Teknik Sipil yang berkecimpung dalam perencanaan atau pelaksanaan bangunan perlu mempunyai pengertian yang mendalam mengenai fungsi-fungsi serta sifat tanah itu bila dilakukan pembebanan terhadapnya.

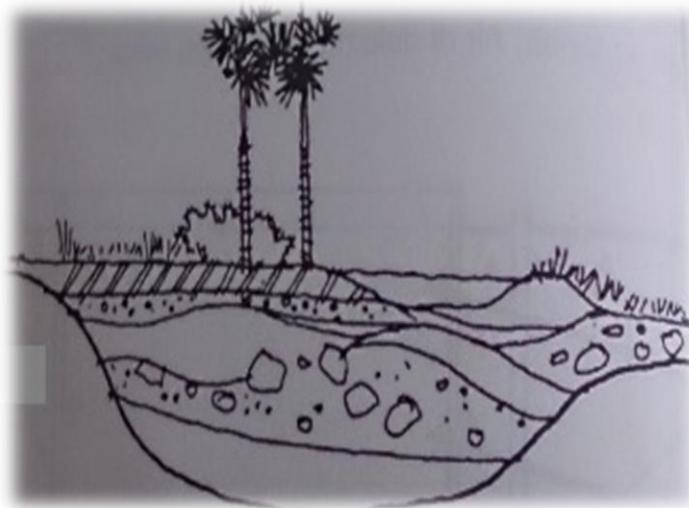
(Hardiyatmo, 1996) menyatakan tanah pada kondisi alam, terdiri dari campuran butiran-butiran mineral dengan atau tanpa kandungan bahan organik. Butiran-butiran tersebut dapat dengan mudah dipisahkan satu sama lain dengan kocokan air. Material ini berasal dari pelapukan batuan, baik secara fisik maupun kimia. Sifat-sifat teknis tanah, kecuali oleh sifat batuan induk yang merupakan material asal, juga dipengaruhi oleh unsur-unsur luar yang menjadi penyebab terjadinya pelapukan batuan tersebut. Istilah-istilah seperti kerikil, pasir, lanau dan lempung digunakan dalam teknik sipil untuk membedakan jenis-jenis tanah. Pada kondisi alam, tanah dapat terdiri dari dua atau lebih campuran jenis-jenis tanah dan kadang-kadang terdapat pula kandungan bahan organik. Material campurannya kemudian dipakai sebagai nama tambahan dibelakang material unsur utamanya. Sebagai contoh,

lempung berlanau adalah tanah lempung yang mengandung lanau dengan material utamanya adalah lempung dan sebagainya.

Tanah terdiri dari 3 komponen, yaitu udara, air dan bahan padat. Udara dianggap tidak mempunyai pengaruh teknis, sedangkan air sangat mempengaruhi sifat-sifat teknis tanah. Ruang diantara butiran-butiran, sebagian atau seluruhnya dapat terisi oleh air atau udara. Bila rongga tersebut terisi air seluruhnya, tanah dikatakan dalam kondisi jenuh. Bila rongga terisi udara dan air, tanah pada kondisi jenuh sebagian (*partially saturated*). Tanah kering adalah tanah yang tidak mengandung air sama sekali atau kadar airnya nol.

### 2.2.1 Kekuatan Tanah Sebagai Dasar Pondasi

Menurut (Frick, 2001) keadaan kekuatan tanah sebagai dasar pondasi tergantung pada susunan dan struktur tanah sebagai kulit bumi yang termakan cuaca dan air hujan. Semakin heterogen struktur tanah tersebut, semakin sulitlah perencanaan pondasi.



Gambar 2.1 Susunan struktur tanah yang heterogen

Kekuatan tanah dapat diselidiki dengan berbagai cara, antara lain :

1. Kedalaman dan ketebalan lapisan bumi, terutama lapisan yang akan menerima beban pondasi,
2. Tegangan tanah ( $\sigma$ ) yang diizinkan,
3. Keadaan hidrologis (sifat – sifat dari lapisan tanah).

Perlu diperhatikan bahwa disamping kekuatan atau kelemahan, kekokohan landasan tanah juga dipengaruhi oleh :

1. Pemadatan dan penurunan tanah akibat vibrasi lalu lintas, peralatan berat perindustrian dan sebagainya,
2. Penurunan tanah akibat perubahan hidrologis (misalnya penurunan muka air tanah atau kadar air di dalam tanah) atau karena pengikisan pada tepi sungai dan sebagainya,
3. Pergeseran tanah atau longsor akibat tekanan berat, terendam air akibat banjir atau air pasang.

Hal tersebut mengakibatkan penurunan gedung yang tak terhindarkan. Perencanaan pondasi yang baik akan menghambat terjadinya penurunan. Namun, apabila terjadi penurunan masih dalam batas toleransi. Pondasi bangunan yang menjamin kestabilan / keseimbangan bangunan terhadap pembebanan (berat sendiri, beban hidup, retakan dan gerakan geologis kecil serta gaya tekan angin, gempa bumi dan sebagainya) harus diperhitungkan sedemikian rupa. Dengan pengetahuan tentang konsep struktur, maka pondasi merupakan bagian struktur gedung yang mempunyai daya tahan paling lama sebagai landasan dari struktur bangunan.

### **2.2.2 Karakteristik Tanah**

Menurut (Frick, 2001) dalam merencanakan struktur bawah diperlukan data–data mengenai karakteristik tanah tempat struktur tersebut berada dan beban struktur yang bekerja di atas struktur bawah yang direncanakan. Karakteristik tanah meliputi jenis lapisan tanah di bawah permukaan tanah, kadar air, tinggi muka air tanah dan lain lain. Beban struktur yang bekerja tergantung dari jenis material yang digunakan, jumlah tingkat bangunan, jenis – jenis beban yang bekerja pada struktur tersebut dan lain – lain. Seorang *structure engineer* harus bisa menentukan jenis pondasi yang tepat untuk digunakan berdasarkan data tanah yang ada pada *soil engineer*.

Hasil penyelidikan tanah yang dilaporkan oleh *soil engineer* antara lain :

1. Kondisi tanah dasar yang menjelaskan jenis lapisan tanah pada beberapa lapisan kedalaman.
2. Analisis daya dukung tanah.
3. Besar nilai SPT (*Standard Penetration Test*) dari beberapa titik bor.

4. Besar tahanan ujung konus dan jumlah hambatan pelekat dari beberapa titik sondir.
5. Hasil tes laboratorium tanah untuk mengetahui berat jenis tanah dan lain – lain.
6. Analisis daya dukung tiang pondasi berdasarkan data – data tanah (apabila menggunakan pondasi tiang).

Selanjutnya rekomendasi dari *soil engineer* mengenai jenis pondasi yang bisa digunakan berdasarkan hasil penyelidikan tanah yang didapat.

### 2.2.3 Penyelidikan Tanah

(Gunawan dkk, 1983) menyatakan bahwa penyelidikan tanah di lapangan bertujuan untuk mengetahui kondisi tanah dan jenis lapisan agar bangunan dapat berdiri dengan stabil dan tidak timbul penurunan (*settlement*) yang terlalu besar, maka pondasi bangunan harus mencapai lapisan tanah yang cukup padat (tanah keras). Untuk mengetahui letak/kedalaman lapisan tanah padat dan kapasitas daya dukung tanah (*bearing capacity*) dan daya dukung pondasi yang diizinkan maka perlu dilakukan penyelidikan tanah yang mencakup penyelidikan baik di lapangan (lokasi/rencana bangunan baru) dan penelitian di laboratorium.

Penyelidikan tanah dilakukan dengan beberapa cara, yakni :

#### 1. *Sondir*

Tes sondir dilakukan dengan menggunakan alat sondir yang dapat mengukur nilai perlawanan konus (*Cone Resistance*) dan hambatan lekat (*Local Friction*) secara langsung di lapangan. Hasil penyondiran disajikan dalam bentuk diagram sondir yang memperlihatkan hubungan antara kedalaman sondir di bawah muka tanah dan besarnya nilai perlawanan konus (*qc*) serta jumlah hambatan pelekat (*TF*).

#### 2. *Deep boring*

*Deep boring* dilaksanakan dengan menggunakan mesin bor untuk mendapatkan contoh tanah. Pekerjaan *Standar Penetration Test* juga dilakukan pada pekerjaan boring.

#### 3. *Standar Penetration Test*

*Standar Penetration Test* dilaksanakan pada lubang bor setelah pengambilan contoh tanah pada setiap beberapa interval kedalaman. Cara uji dilakukan untuk memperoleh parameter perlawanan penetrasi lapisan tanah di lapangan. Parameter

tersebut diperoleh dari jumlah pukulan terhadap penetrasi konus yang dapat dipergunakan untuk mengidentifikasi perlapisan tanah. Hasil SPT ini disajikan dalam bentuk diagram pada boring log.

### **2.3 Struktur Bawah (Pondasi)**

Struktur bawah adalah struktur yang seluruh bagiannya berada dalam tanah atau berada di bawah permukaan tanah. Struktur bawah dari suatu bangunan terdiri atas pile cap dan pondasi namun komponen yang lebih dikenal adalah pondasi karena tugasnya lebih berat yaitu memikul beban bangunan di atasnya. Seluruh muatan (beban) dari bangunan, termasuk beban-beban yang bekerja pada bangunan dan berat pondasi sendiri, harus dipindahkan atau diteruskan oleh pondasi ke tanah dasar dengan sebaik-baiknya.

#### **2.3.1 Pemilihan jenis struktur bawah (pondasi)**

Menurut (Suyono,1984) Pemilihan jenis struktur bawah harus mempertimbangkan hal-hal sebagai berikut :

a. Keadaan tanah pondasi

Keadaan tanah pondasi kaitannya adalah dalam pemilihan tipe pondasi yang sesuai. Hal tersebut meliputi jenis tanah, daya dukung tanah, kedalaman lapisan tanah keras dan sebagainya.

b. Batasan-batasan akibat struktur di atasnya

Keadaan struktur atas akan sangat mempengaruhi pemilihan tipe pondasi. Hal ini meliputi kondisi beban (besar beban, arah beban dan penyebaran beban) dan sifat dinamis bangunan di atasnya (statis tertentu atau tak tentu, kekakuannya, dll.)

c. Batasan-batasan keadaan lingkungan di sekitarnya.

Yang termasuk dalam batasan ini adalah kondisi lokasi proyek, dimana perlu diingat bahwa pekerjaan pondasi tidak boleh mengganggu ataupun membahayakan bangunan dan lingkungan yang telah ada di sekitarnya.

d. Biaya dan waktu pelaksanaan pekerjaan

Sebuah proyek pembangunan akan sangat memperhatikan aspek waktu dan biaya pelaksanaan pekerjaan, karena hal ini sangat erat hubungannya dengan tujuan pencapaian kondisi yang ekonomis dalam pembangunan.

### 2.3.2 Pengertian Pondasi

Menurut (Gunawan, 1983) pondasi adalah suatu bagian dari konstruksi bangunan yang berfungsi meletakkan bangunan dan meneruskan beban bangunan atas (*upper structure/super structure*) ke dasar tanah yang cukup kuat mendukungnya. Untuk tujuan itu pondasi bangunan harus diperhitungkan dapat menjamin kestabilan bangunan terhadap berat sendiri, beban-beban berguna dan gaya-gaya luar, seperti tekanan angin, gempa bumi dan lain-lain tanpa mengakibatkan terjadi keruntuhan geser tanah dan penurunan (*settlement*) tanah / pondasi yang berlebihan.

(Frick, 2001) menyatakan bahwa pondasi merupakan bagian bangunan yang menghubungkan bangunan dengan tanah yang menjamin kestabilan bangunan terhadap berat sendiri, beban hidup dan gaya – gaya luar terhadap gedung seperti tekanan angin, gempa bumi dan lain – lain.

(Bowles, 1997) Pondasi merupakan bagian dari suatu sistem rekayasa yang meneruskan beban yang ditopang oleh pondasi dan beratnya sendiri kepada dan kedalam tanah atau bebatuan yang terletak dibawahnya

Fungsi pondasi yaitu :

1. Sebagai kaki bangunan atau alas bangunan,
2. Sebagai penahan bangunan dan meneruskan beban dari atas ke dasar tanah yang cukup kuat,
3. Sebagai penjaga agar kedudukan bangunan tetap stabil (tetap).

### 2.3.3 Macam-macam Pondasi

Secara umum jenis-jenis struktur bawah (pondasi) menurut Zainal dibagi menjadi 2 bagian, yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam. Yang termasuk pondasi dangkal adalah sebagai berikut :

1. Pondasi Telapak

Pada umumnya digunakan untuk bangunan rumah tinggal dan gedung bertingkat ringan, yaitu dengan memperlebar bagian bawah kolom atau dinding bawah bangunan sehingga membentuk suatu telapak yang menyebarkan beban bangunan menjadi tegangan yang lebih kecil dari daya dukung tanah yang diijinkan. Jadi

pondasi ini berfungsi untuk mendukung bangunan secara langsung pada lapisan tanah. Pondasi telapak ini dapat dibagi dalam empat jenis :

a. Pondasi Telapak Tunggal

Digunakan untuk memikul sebuah kolom tunggal, tugu, menara, tangki air dan cerobong asap.

b. Pondasi Telapak Menerus

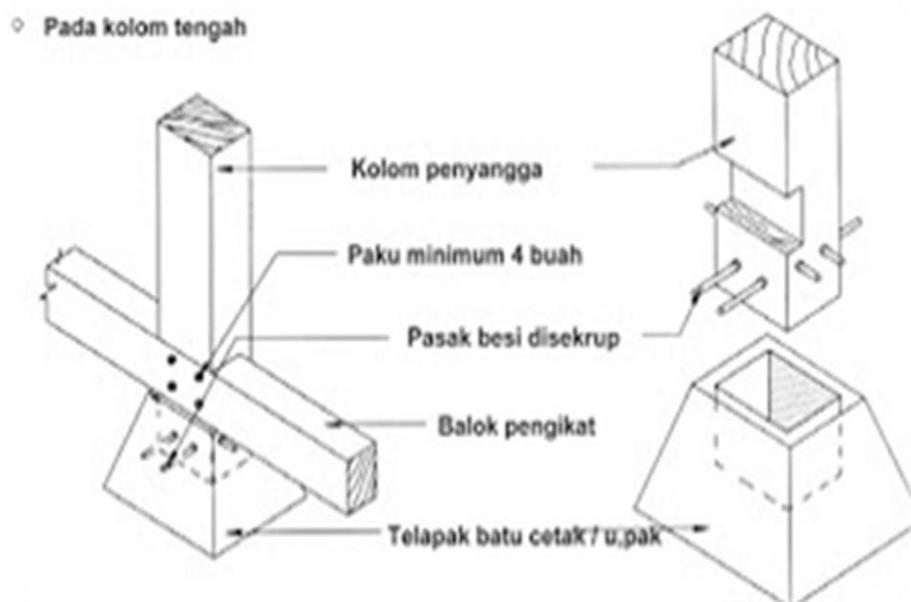
Digunakan untuk menyangga suatu bangunan yang panjang, seperti dinding penahan tanah dan dinding bangunan .

c. Pondasi Telapak Gabungan

Digunakan untuk menahan beban kolom yang besar dan daya dukung tanahnya relatif kecil.

d. Pondasi Pelat

Merupakan sebuah pelat beton yang tebal dan menggunakan tulangan atas dan bawah yang menerus. Pondasi ini digunakan untuk bangunan yang didirikan pada tanah yang memiliki daya dukung rendah atau daya dukung kolom yang besar.



Gambar 2.2 Pondasi Telapak

2. Pondasi Cakar Ayam

Pondasi cakar ayam digunakan di daerah rawa atau tepatnya pada tanah dengan kapasitas dukung 1.5 – 3.5 ton / m<sup>2</sup>. Dasar pemikiran pondasi cakar ayam adalah pemanfaatan karakteristik tanah yang tidak dimanfaatkan oleh sistem pondasi lain,

yaitu pemanfaatan adanya tekanan tanah pasif. Pondasi ini terdiri dari pelat beton bertulang dengan pipa-pipa beton yang dihubungkan secara monolit. Pelat beton tersebut akan mengapung di atas tanah rawa ataupun tanah lembek. Sedangkan kekakuannya diperoleh dari pipa beton bertulang yang berada di bawahnya yang dapat berdiri tegak akibat tekanan tanah pasif. Jadi fungsi pipa hanyalah sebagai pengaku dan bukannya sebagai penopang seperti halnya pondasi sumuran.

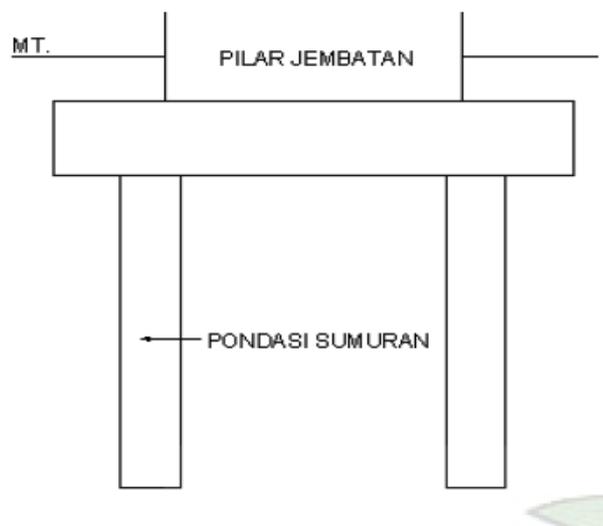
### 3. Pondasi Sarang Laba-laba

Pondasi sarang laba-laba berfungsi untuk memikul beban terpusat / kolom dari struktur atas seperti bangunan bertingkat tiga sampai lima, pabrik, hanggar, menara transmisi tegangan tinggi dan menara air. Pondasi ini terdiri dari pelat beton tipis, yang di bawahnya dikakukan oleh *rib-rib* tegak.

Sedangkan macam-macam pondasi dalam adalah sebagai berikut :

#### 1. Pondasi Sumuran

Pondasi sumuran digunakan untuk kedalaman tanah keras 2 – 5 m. Pondasi ini dibuat dengan cara menanam blok-blok beton silinder dengan menggali tanah berbentuk sumuran / lingkaran berdiameter  $> 0.80$  m sampai mencapai tanah keras. Pada bagian atas pondasi diberi *poer* untuk menerima dan meneruskan beban pondasi sumuran secara merata.



Gambar 2.3 Pondasi Sumuran

## 2. Pondasi Tiang

Pondasi tiang antara lain dibedakan sebagai berikut :

### a. Pondasi Tiang Kayu

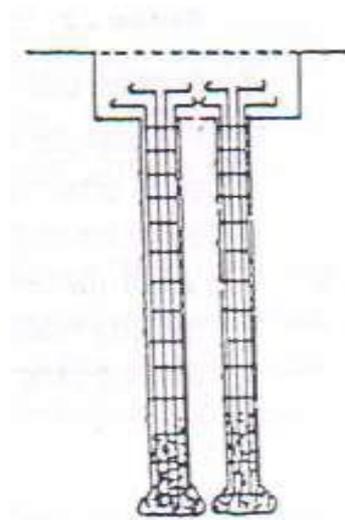
Pondasi ini sangat cocok untuk daerah rawa dan daerah yang banyak terdapat hutan kayu, sehingga mudah memperoleh tiang kayu yang panjang dan lurus dengan diameter cukup besar. Biasanya satu tiang dapat menahan beban sampai 25 ton.

### b. Pondasi Tiang Baja

Kekuatan tiang ini cukup besar sehingga di dalam pengangkutan dan pemancangannya tidak menimbulkan bahaya patah seperti halnya pada tiang pancang beton pracetak. Pemakaiannya sangat bermanfaat apabila diperlukan pondasi tiang yang panjang / dalam dengan tahanan ujung yang besar. Satu-satunya kelemahan yang dimiliki adalah tidak tahan terhadap korosi atau karat.

### c. Pondasi Tiang Beton

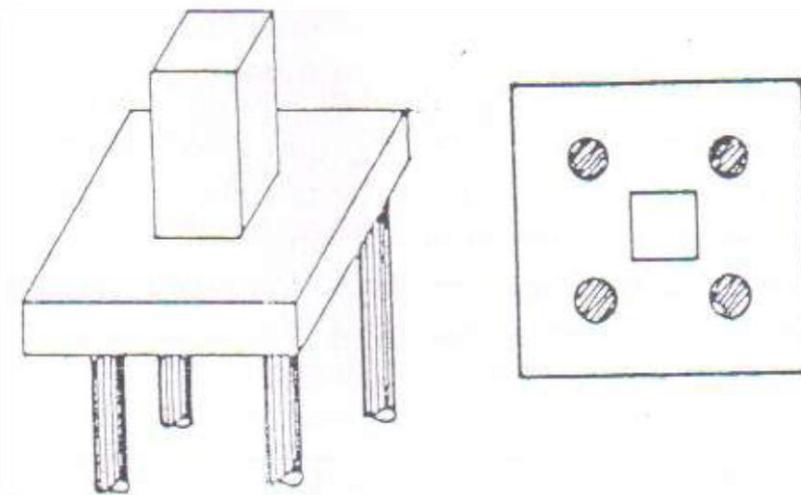
Pondasi ini terdiri atas : Tiang PC, Tiang Mini, Tiang *Franky*, Tiang *Bump*, Tiang Bor, Tiang *Strauss* dan Tiang Mikro. Kesemuanya merupakan tiang beton pracetak.



Gambar 2.4 pondasi tiang bor

### 3. Pondasi Caisson

Pondasi ini digunakan sebagai pondasi dasar bangunan yang dipakai apabila cara penggalian terbuka tidak dimungkinkan karena adanya air naik atau endapan pada dasar pondasi. Selain itu digunakan pula bila daya dukung tidak mencukupi dengan menggunakan pondasi tiang atau penurunan dan getaran memegang peranan dalam pemakaiannya.



Gambar 2.5 Pondasi tiang pancang

#### 2.3.4 Dasar-Dasar Penentuan Jenis Pondasi

Pamungkas menyatakan bahwa dalam pemilihan bentuk dan jenis pondasi yang memadai perlu diperhatikan beberapa hal yang berkaitan dengan pekerjaan pondasi tersebut. Ini karena tidak semua jenis pondasi dapat digunakan di semua tempat. Misalnya pemilihan jenis pondasi tiang pancang di tempat padat penduduk tentu tidak tepat walaupun secara teknik cocok dan secara ekonomis sesuai dengan jadwal kerjanya.

Beberapa hal yang harus dipertimbangkan dalam penentuan jenis pondasi, yaitu :

1. Keadaan tanah yang akan dipasang pondasi
  - a. Bila tanah keras terletak pada permukaan tanah atau 2 – 3 meter di bawah permukaan tanah maka pondasi yang dipilih sebaiknya jenis pondasi dangkal (pondasi jalur atau pondasi tapak) dan pondasi strauss.

- b. tanah keras terletak pada kedalaman hingga kedalaman 10 meter di bawah permukaan tanah maka jenis pondasi yang biasanya dipakai adalah pondasi tiang minipile atau pondasi tiang pancang atau pondasi tiang apung untuk memperbaiki tanah pondasi.
- c. Bila tanah keras terletak pada kedalaman hingga 20 meter di bawah permukaan tanah maka jenis pondasi yang biasanya dipakai adalah pondasi tiang pancang atau pondasi bor bilamana tidak boleh menjadi penurunan. bila terdapat batu besar pada lapisan tanah, pemakaian kaison lebih menguntungkan.
- d. Bila tanah keras terletak pada kedalaman hingga 30 meter di bawah permukaan tanah maka jenis pondasi yang dipakai adalah pondasi kaison terbuka tiang baja atau tiang yang dicor di tempat.
- e. Bila tanah keras terletak pada kedalaman hingga 40 meter di bawah permukaan tanah maka jenis pondasi yang dipakai adalah tiang baja dan tiang beton yang dicor di tempat.

## 2. Batasan – batasan akibat konstruksi di atasnya (*upper structure*)

Kondisi struktur yang berada di atas pondasi juga harus diperhatikan dalam pemilihan jenis pondasi. Kondisi struktur tersebut dipengaruhi oleh fungsi dan kepentingan suatu bangunan, jenis bahan bangunan yang dipakai (mempengaruhi berat bangunan yang ditanggung pondasi) dan seberapa besar penurunan yang diijinkan terjadi pada pondasi.

## 3. Faktor lingkungan

Faktor lingkungan merupakan faktor yang dipengaruhi oleh kondisi lingkungan dimana suatu konstruksi tersebut dibangun. Apabila suatu konstruksi direncanakan menggunakan pondasi jenis tiang pancang, tetapi konstruksi terletak pada daerah padat penduduk, maka pada waktu pelaksanaan pemancangan pondasi pasti akan menimbulkan suara yang mengganggu penduduk sekitar.

## 4. Waktu perjalanan

Waktu pelaksanaan pekerjaan pondasi juga harus diperhatikan agar tidak mengganggu kepentingan umum. Pondasi tiang pancang yang membutuhkan banyak alat berat mungkin harus dipertimbangkan kembali apabila dilaksanakn pada jalan raya dalam kota yang sangat padat karena akan menimbulkan kemacetan luar biasa.

## 5. Biaya

Jenis pondasi juga harus mempertimbangan besar anggaran biaya konstruksi yang direncanakan, tetapi harus tetap mengutamakan kekuatan dari pondasi tersebut agar konstruksi yang didukung oleh pondasi tetap berdiri dengan aman. Analisis jenis pondasi yang tepat dan sesuai dengan kondisi tanah juga bisa menekan biaya konstruksi. Misalnya konstruksi struktur pada lokasi dimana kondisi tanah bagus dan cukup kuat bila menggunakan pondasi telapak saja tidak perlu direncanakan menggunakan pondasi tiang. Penggunaan pondasi tiang pancang jenis *precast* yang membutuhkan biaya yang tinggi dalam bidang pelaksanaan dan transportasi bisa diganti dengan pondasi tiang yang dicor di tempat dengan spesifikasi pondasi yang sama untuk menekan biaya.

Standar daya dukung tanah menurut Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung tahun 1983 adalah :

1. Tanah keras (lebih dari 5 kg/cm<sup>2</sup>)
2. Tanah sedang (2-5 kg/cm<sup>2</sup>)
3. Tanah lunak (0,5-2 kg/cm<sup>2</sup>)
4. Tanah amat lunak (0-0,5 kg/cm<sup>2</sup>)

Kriteria daya dukung tanah tersebut dapat ditentukan melalui pengujian secara sederhana. Misal pada tanah berukuran 1 cm x 1 cm yang diberi beban 5 kg tidak akan mengalami penurunan atau ambles maka tanah tersebut digolongkan tanah keras.

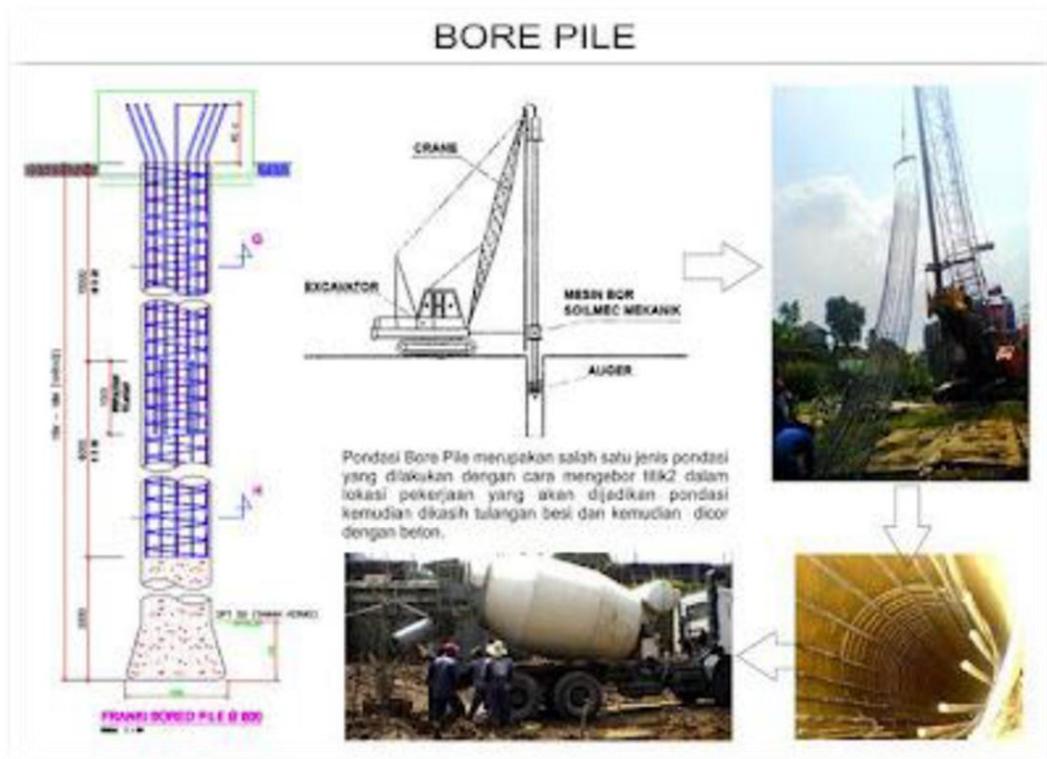
Ada tiga kriteria yang harus dipenuhi dalam perencanaan suatu pondasi, yakni :

- a. Pondasi harus ditempatkan dengan tepat, sehingga tidak longsor akibat pengaruh luar,
- b. Pondasi harus aman dari kelongsoran daya dukung, dan
- c. Pondasi harus aman dari penurunan yang berlebihan.

## 2.4 Pondasi Bored Pile (Tiang bor)

Pondasi berfungsi untuk meneruskan/mendistribusikan beban dari super struktur ke tanah agar keseluruhan bangunan dapat berdiri kokoh di atas tanah. Sedangkan pondasi bored pile digunakan untuk menjaga kestabilan lereng dinding penahan tanah termasuk pada pondasi bangunan ringan yang dibangun di atas tanah lunak serta struktur yang membutuhkan gaya lateral yang cukup besar. Pondasi *bored pile* digunakan apabila tanah dasar yang kokoh yang mempunyai daya dukung besar terletak sangat dalam, yaitu kurang lebih 15 m. Pondasi tiang suatu konstruksi yang mampu menahan gaya orthogonal ke sumbu tiang dengan cara menyerap lenturan. Pondasi tiang dibuat dengan satu kesatuan yang monolit dengan menyatukan pangkal tiang yang terdapat dibawah konstruksi, dengan tumpuan pondasi (Nakazawa. K, 1983). Perencanaan pondasi bored pile mencakup rangkaian kegiatan yang dilaksanakan dengan berbagai tahap yang meliputi studi kelayakan dan perencanaan teknis, semua itu dilakukan supaya menjamin hasil akhir suatu konstruksi yang kuat, aman serta ekonomis.

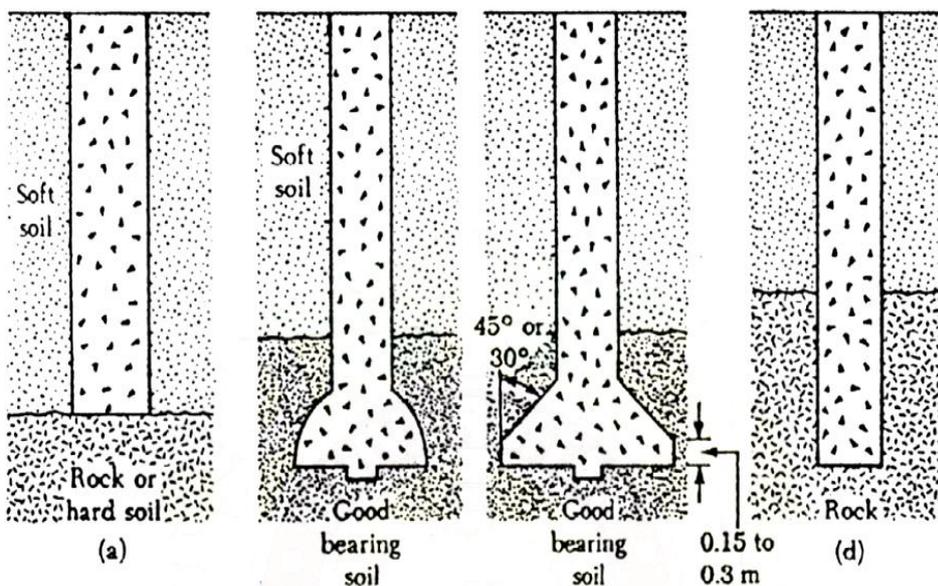
Daya dukung *bored pile* diperoleh dari daya dukung ujung (*end bearing capacity*) yang diperoleh dari tekanan ujung tiang dan daya dukung geser yang diperoleh dari daya dukung gesek atau gaya *adhési* antara bored pile dan tanah disekelilingnya. *Bored pile* berinteraksi dengan tanah untuk menghasilkan daya dukung yang mampu memikul dan memberikan keamanan pada struktur atas. Untuk menghasilkan daya dukung yang akurat maka diperlukan suatu penyelidikan tanah yang akurat juga. Ada dua metode yang biasa digunakan dalam penentuan kapasitas daya dukung *bored pile* yaitu dengan menggunakan metode statis dan metode dinamis. Tiang ini biasanya dipakai pada tanah yang stabil dan kaku, sehingga memungkinkan untuk membentuk lubang yang stabil dengan alat bor. Jika tanah mengandung air, pipa besi dibutuhkan untuk menahan dinding lubang dan pipa ini ditarik keatas pada waktu pengecoran beton. Pada tanah yang keras atau batuan lunak, dasar tiang dapat dibesarkan untuk menambah tahanan daya dukung ujung tiang.



Gambar 2.6 Pondasi Bored Pile

Ada berbagai jenis pondasi bore pile yaitu:

1. Bore pile lurus untuk tanah keras;
2. Bore pile yang ujungnya diperbesar berbentuk bel;
3. Bore pile yang ujungnya diperbesar berbentuk trapesium;
4. Bore pile lurus untuk tanah berbatu-batuan.



Gambar 2.7 Jenis-jenis Bored Pile

Ada beberapa jenis alat dan metode pengerjaan bor pile namun pada dasarnya sama diantaranya

#### 1. Bored Pile mini crane

Dengan alat bored pile mesin ini bisa dilaksanakan pengeboran dengan pilihan diameter 30 cm,40 cm,50 cm ,60 cm hingga 80 cm.Metode bored pile menggunakan sistem wet boring (bor basah),dibutuhkan air yang cukup untuk mendukung kelancaran pelaksanaan pekerjaan sehingga sumber air harus diperhatikan jika menggunakan alat bor pile ini.



Gambar 2.8 Pembuatan bored pile mini crane

#### 2. Bored Pile Gawangan

Alat bor pile ini memiliki sistem kerja yang mirip dengan bored pile mini crane,perbedaan hanya pada desain sasis dan tiang tempat gearbox,kemudian juga diperlukan tambang pada kanan dan kiri alat yang dikaitkan ketempat lain agar menjaga keseimbangan alat selama pengeboran.



Gambar 2.9 Bored pile gawangan

### 3. Bored Pile Manual / Strauss Pile

Alat strauss pile ini menggunakan tenaga manual untuk memutar mata bornya, menggunakan metode bor pile kering (dry boring). Alat bor pile manual yang simpel, ringkas dan mudah dioperasikan serta tidak bising saat pengerjaan menjadikan cara ini banyak digunakan diberbagai proyek seperti perumahan, pabrik, gudang, pagar dll. kekurangannya terbatasnya pilihan diameter yakni hanya 20 cm, 25 cm, 30 cm dan 40 cm. tentu saja karena ini berhubungan dengan tenaga penggeraknya yang hanya tenaga manusia. Jadi cara ini kebanyakan digunakan untuk bangunan yang tidak begitu berat.



Gambar 2.10 Bored pile manual

Ditinjau dari segi pelaksanaannya pondasi bore pile dapat dibedakan menjadi 3 macam sistem, yaitu :

1. Sistem *Augering*

Pada sistem ini selain augernya sendiri, untuk kondisi lapangan pada tanah yang mudah longsor diperlukan casing atau bentonite slurry sebagai penahan longsor. Penggunaan bentonite slurry untuk kondisi lapisan tanah yang permeabilitasnya besar tidak disarankan, karena akan membuat bentonite slurry menjadi banyak dan mengakibatkan terjadinya perembesan melalui lapangan permeable tersebut.

2. Sistem *Grabbing*

Pada penggunaan sistem ini diperlukan casing (continuous semirotoary motion casing) sebagai penahan kelongsoran. Casing tersebut dimasukkan ke dalam tanah dengan cara ditekan sambil diputar. Sistem ini sebenarnya cocok untuk semua kondisi tanah, tetapi yang paling sesuai adalah kondisi tanah yang sulit ditembus.

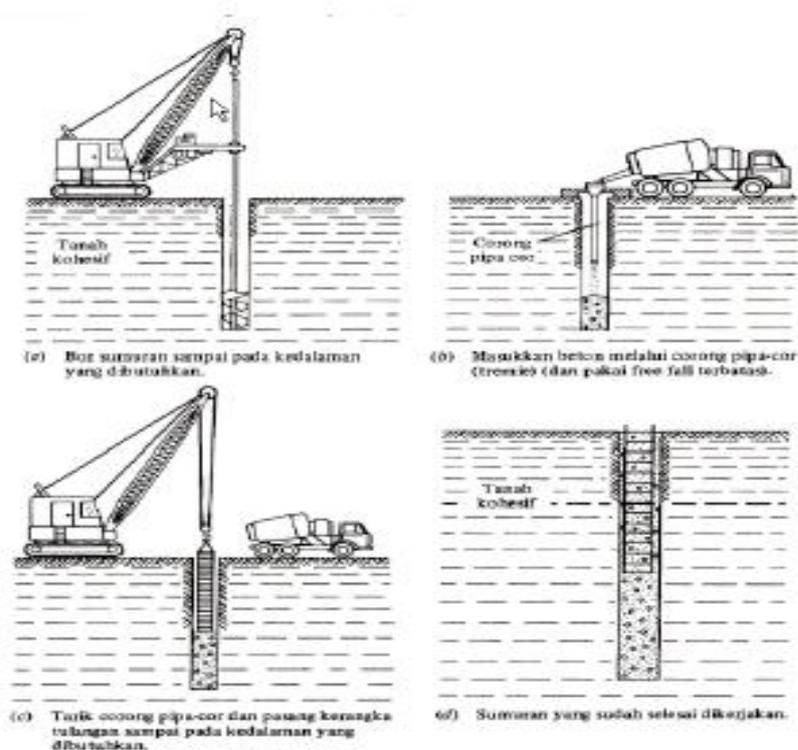
3. Sistem *Wash Boring*

Pada sistem ini diperlukan casing sebagai penahan kelongsoran dan juga pompa air untuk sirkulasi airnya yang dipakai untuk pengeboran. Sistem ini cocok untuk kondisi tanah pasir lepas. Untuk jenis bore pile ini perlu diberikan tambahan tulangan praktis untuk penahan gaya lateral yang terjadi. Penulangan minimum 2% dari luas penampang tiang.

Pada saat ini ada tiga metode dasar pengeboran (jika diperlukan perpaduan dari ketiganya), yaitu :

1. Metode Kering

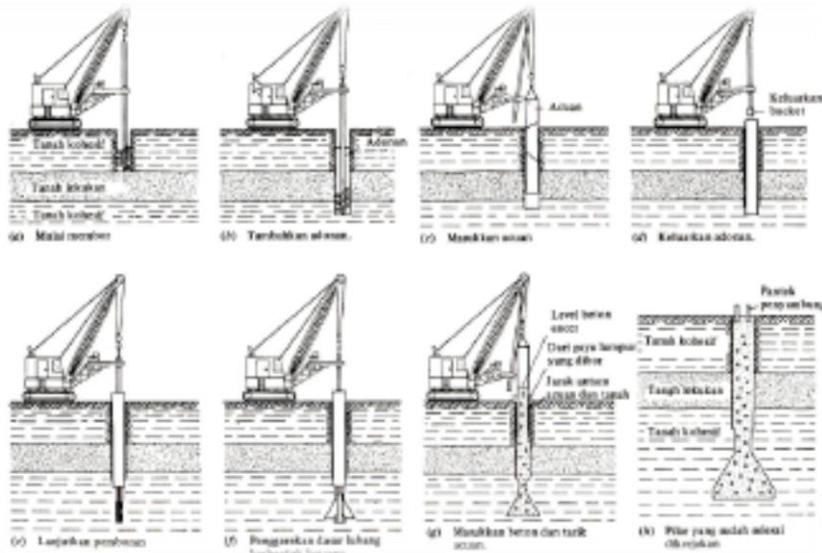
Pertama sumuran digali (dan dasarnya dibentuk lonceng jika perlu). Kemudian sumuran diisi sebagian dengan beton dan kerangka tulangan dipasang dan setelah itu sumuran telah selesai dikerjakan. Harap diingat bahwa kerangka tulangan tidak boleh dimasukkan sampai mencapai dasar sumuran karena diperlukan pelindung beton minimum, tetapi kerangka tulangan boleh diperpanjang sampai akhir mendekati kedalaman penuh dari pada hanya mencapai kira – kira setengahnya saja. Metode ini membutuhkan tanah tempat proyek yang tak berlekuk (kohesif) dan permukaan air di bawah dasar sumuran atau jika permeabilitasnya cukup rendah, sumuran bisa digali (mungkin juga dipompa) dan dibeton sebelum sumuran terisi air cukup banyak sehingga bisa mempengaruhi kekuatan beton.



Gambar 2.11 Metode kering konstruksi pilar yang dibor

## 2. Metode Acuan

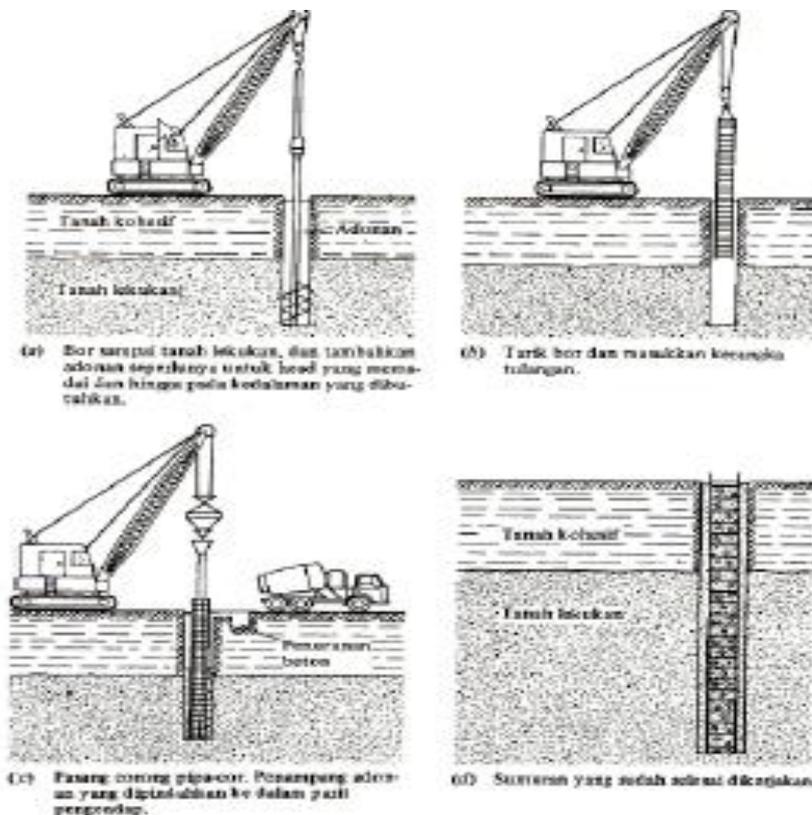
Pada metode ini, acuan dipakai pada tempat-tempat proyek yang mungkin terjadi lekukan atau deformasi lateral yang berlebihan terhadap rongga sumur (*shaft cavity*). Metode ini juga dipakai sebagai sambungan-perapat (*seal*) lubang terhadap masuknya air tanah tetapi hal ini membutuhkan lapisan tanah yang tak bisa ditembus (kedap) air di bawah daerah lekukan tempat acuan bisa dipasang (disok). Perlu kita ingat bahwa sebelum casing dimasukkan, suatu adonan spesi encer (*slurry*) digunakan untuk mempertahankan lubang. Setelah acuan dipasang, adonan dikeluarkan dan sumur diperdalam hingga pada kedalaman yang diperlukan dalam keadaan kering. Bergantung pada kebutuhan site dan proyek, sumuran di bawah acuan akan dikurangi paling tidak sampai ID acuan kadang-kadang 25 sampai pada 50 mm kurangnya untuk jarak ruang bor tanah (*auger*) yang lebih baik. Acuan bisa saja ditinggalkan dalam sumuran atau bisa juga dikeluarkan jika dibiarkan ditempat, maka ruangan melingkar antara OD acuan dan tanah (yang diisi dengan adonan atau lumpur hasil pengeboran) diganti dengan adukan encer (*grout*) maka adonan akan dipindahkan keatas puncak sehingga rongga tersebut diisi dengan adukan encer. Gambar 2.12 memperlihatkan rangkaian pekerjaan dengan metode acuan.



Gambar 2.12 Metode acuan konstruksi pilar yang dibor

3. Metode Adonan

Metode ini bisa diterapkan pada semua keadaan yang membutuhkan acuan. Hal ini diperlukan jika tidak mungkin mendapatkan penahan air (*water seal*) yang sesuai dengan acuan untuk menjaga agar air tidak masuk ke dalam rongga sumuran (*shaft cavity*). Langkah-langkah metode ini diuraikan dalam Gambar 2.13



Gambar 2.13 Metode adonan konstruksi pilar yang dibor

Ada beberapa alasan digunakannya pondasi bore pile dalam konstruksi :

1. Bore pile tunggal dapat digunakan pada tiang kelompok atau pile cap
2. Kedalaman tiang dapat divariasikan
3. Bore pile dapat didirikan sebelum penyelesaian tahapan selanjutnya
4. Ketika proses pemancangan dilakukan, getaran tanah akan mengakibatkan kerusakan pada bangunan yang ada di dekatnya, tetapi dengan penggunaan pondasi bore pile hal ini dapat dicegah
5. Pada pondasi tiang pancang, proses pemancangan pada tanah lempung akan membuat tanah bergelombang dan menyebabkan tiang pancang sebelumnya bergerak ke samping. Hal ini tidak terjadi pada konstruksi pondasi bore pile
6. Selama pelaksanaan pondasi bore pile tidak ada suara yang ditimbulkan oleh alat pancang seperti yang terjadi pada pelaksanaan pondasi tiang pancang
7. Karena dasar dari pondasi bore pile dapat diperbesar, hal ni memberikan ketahanan yang besar untuk gaya keatas
8. Permukaan diatas dimana dasar bore pile didirikan dapat diperiksa secara langsung
9. Pondasi bore pile mempunyai ketahanan yang tinggi terhadap beban lateral

Beberapa kelemahan dari pondasi bore pile :

1. Keadaan cuaca yang buruk dapat mempersulit pengeboran dan pengecoran, dapat diatasi dengan cara menunda pengeboran dan pengecoran sampai keadaan cuaca memungkinkan atau memasang tenda sebagai penutup
2. Pengeboran dapat mengakibatkan gangguan kepadatan, bila tanah berupa pasir atau tanah berkerikil maka menggunakan bentonite sebagai penahan longsor
3. Pengecoran beton sulit bila dipengaruhi air tanah karena mutu beton tidak dapat dikontrol dengan baik maka diatasi dengan cara ujung pipa tremie berjarak 25-50 cm dari dasar lubang pondasi
4. Air yang mengalir ke dalam lubang bor dapat mengakibatkan gangguan tanah, sehingga mengurangi kapasitas dukung tanah terhadap tiang, maka air yang mengalir langsung dihisap dan dibuang kembali kedalam kolam air

5. Akan terjadi tanah runtuh (ground loss) jika tindakan pencegahan tidak dilakukan, maka dipasang casing untuk mencegah kelongsoran
6. Karena diameter tiang cukup besar dan memerlukan banyak beton dan material untuk pekerjaan kecil mengakibatkan biayanya sangat melonjak maka ukuran tiang bore disesuaikan dengan beban yang dibutuhkan
7. Walaupun penetrasi sampai ke tanah pendukung pondasi dianggap telah terpenuhi, kadang-kadang terjadi bahwa tiang pendukung kurang sempurna karena adanya lumpur yang tertimbun di dasar, maka dipasang pipa paralon pada tulangan bore pile untuk pekerjaan base grouting.

Adapun cara pembuatan bored pile ada tiga macam, yaitu :

1. Bor kering

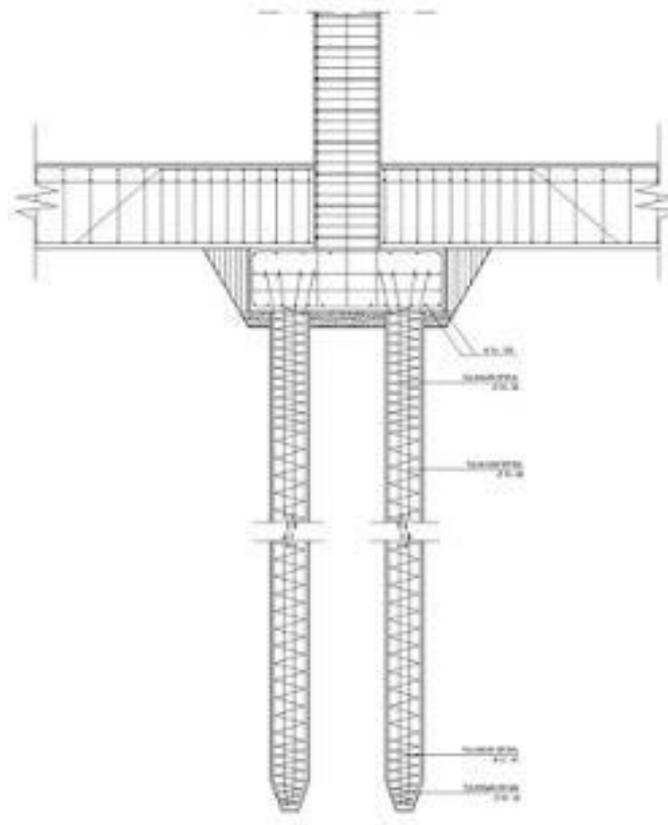
Pengerjaannya menggunakan mata bor biasa (spiral plat) yang diputar sambil dimasukkan ke dalam tanah dengan menggunakan alat *bored pile mini crane*, yang terdiri atas mesin diesel dan mata as yang sudah diatur dan dikendalikan, lalu kaki tripod sebagai penyangga untuk menaikkan dan menurunkan mata bor.

2. Bor basah

Sistem ini memerlukan pompa air untuk sirkulasi dan airnya yang dipakai untuk pengeboran. Persediaan air harus cukup untuk mencapai kedalaman pengeboran yang direncanakan.

3. Strauss pile

*Strauss pile*/bor mini adalah pekerjaan pembuatan pondasi dengan cara tanah dibor secara manual atau penggerak mata bornya digerakkan oleh tenaga manusia. Pondasi ini digunakan pada kondisi tanah lunak/buruk yang mana letak tanah kerasnya jauh di bawah permukaan tanah. Pondasi ini biasanya digunakan pada bangunan rumah tinggal sederhana hingga rumah tinggal 2 lantai. Kedalaman berkisar antara 2 – 8 m. Ukurannya berkisar antara diameter 20-40 cm. Di atasnya terdapat blok beton/*pile cap* untuk mengikat kolom dengan sloof.



Gambar 2.14 Pondasi Bor Mini/Strauss Pile

## 2.5 Metode Pelaksanaan Pondasi Bored Pile

### 1. Persiapan Lokasi Pekerjaan (Site Preparation)

Pelajari Lay-out pondasi dan titik-titik bore pile, membersihkan lokasi pekerjaan dari gangguan yang ada seperti bangunan-bangunan, tanaman atau pohon-pohon, tiang listrik atau telepon, kabel dan lain-lainnya.

### 2. Rute / Alur Pengeboran

Merencanakan alur / urutan pengeboran sehingga setiap pergerakan mesin RCD, Excavator, Crane dan Truck Mixer dapat termobilisasi tanpa halangan.

### 3. Survey Lapangan dan Penentuan Titik Pondasi

Mengukur dan menentukan posisi titik koordinat bore pile dengan bantuan alat Theodolite.

#### 4. Pemasangan Stand Pipe/ casing

Setelah mencapai suatu kedalaman yang ‘mencukupi’ untuk menghindari tanah di tepi lubang berguguran maka perlu di pasang casing, yaitu pipa yang mempunyai ukuran diameter dalam kurang lebih sama dengan diameter lubang bor.

Stand pipe/casing dipasang dengan ketentuan bahwa pusat dari stand pipe harus berada pada titik as pondasi yang telah disurvei. Pemasangan stand pipe dilakukan dengan bantuan Excavator (Back Hoe).

Meskipun mesin bornya berbeda, tetapi pada prinsipnya cara pemasangan casing sama: diangkat dan dimasukkan pada lubang bor. Tentu saja kedalaman lubang belum sampai bawah, secukupnya. Kalau nunggu sampai kebawah, maka bisa-bisa tanah berguguran semua. Lubang tertutup lagi. Jadi pemasangan casing penting.

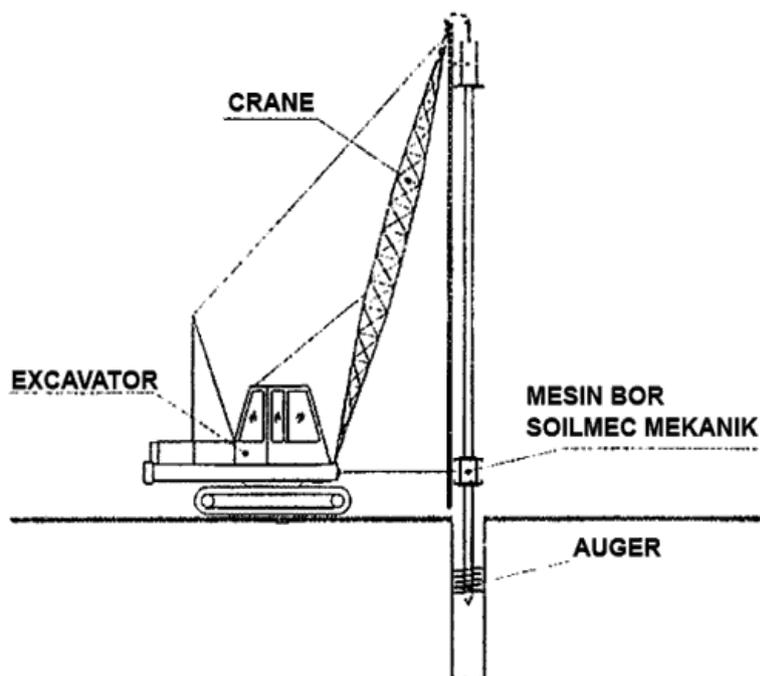
#### 5. Pembuatan Drainase dan Kolam Air

Kolam air berfungsi untuk tempat penampungan air bersih yang akan digunakan untuk pekerjaan pengeboran sekaligus untuk tempat penampungan air bercampur lumpur hasil dari pengeboran. Ukuran kolam air 3m x 3m x 2,5m dan drainase/parit penghubung dari kolam ke stand pipe berukuran 1,2 m, kedalaman 0,7m (tergantung kondisi). Jarak kolam air tidak boleh terlalu dekat dengan lubang pengeboran, sehingga lumpur dalam air hasil pengeboran mengendap dulu sebelum airnya mengalir kembali kedalam lubang pengeboran. Lumpur hasil pengeboran yang mengendap didalam kolam diambil (dibersihkan) dengan bantuan Excavator.

#### 6. Setting Mesin RCD (RCD Machine Instalation)

Setelah stand pipe terpasang, mata bor sesuai dengan diameter yang ditentukan dimasukkan terlebih dahulu kedalam stand pipe, kemudian beberapa buah pelat dipasang untuk memperkuat tanah dasar dudukan mesin RCD (Rotary Circle Dumper), kemudian mesin RCD diposisikan dengan ketentuan sebagai berikut :

- a. Mata bor disambung dengan stang pemutar, kemudian mata bor diperiksa apakah sudah benar-benar berada pada pusat/as stand pipe (titik pondasi).
- b. Posisi mesin RCD harus tegak lurus terhadap lubang yang akan dibor (yang sudah terpasang stand pipe), hal ini dapat dicek dengan alat waterpass.
- c. Proses Pengeboran (Drilling Work)



Gambar 2.15 Gambaran secara skematik alat- alat yang digunakan untuk mengebor.

Proses pengeboran dilakukan dengan memutar mata bor ke arah kanan, dan sesekali diputar ke arah kiri untuk memastikan bahwa lubang pengeboran benar-benar mulus, sekaligus untuk menghancurkan tanah hasil pengeboran supaya larut dalam air agar lebih mudah dihisap. Proses pengeboran dilakukan secara bersamaan dengan proses penghisapan lumpur hasil pengeboran, oleh karena itu air yang ditampung pada kolam air harus dapat memenuhi sirkulasi air yang diperlukan untuk pengeboran. Setiap kedalaman pengeboran  $\pm 3$  meter, dilakukan penyambungan stang bor sampai kedalaman yang diinginkan tercapai. Jika kedalaman yang diinginkan hampir tercapai ( $\pm 1$  meter lagi), maka proses penghisapan dihentikan (mesin pompa hisap tidak diaktifkan), sementara proses pengeboran terus dilakukan sampai kedalaman yang diinginkan (dapat diperkirakan dari stang bor yang sudah masuk), selanjutnya stang bor dinaikkan sekitar 0,5-1 meter, lalu proses penghisapan dilakukan terus sampai air yang keluar dari selang buang kelihatan lebih bersih ( $\pm 15$  menit). Kedalaman pengeboran diukur dengan meteran pengukur kedalaman, jika kedalaman yang diinginkan belum tercapai maka proses yang tadi dilakukan kembali. Jika kedalaman yang diinginkan sudah tercapai maka stang bor boleh diangkat dan dibuka.

#### d. Instalasi Tulangan dan Pipa Tremie

Tulangan yang digunakan sudah harus tersedia lebih dahulu sebelum pengeboran dilakukan, sehingga begitu proses pengeboran selesai, langsung dilakukan instalasi tulangan, hal ini dilakukan untuk menghindari terjadinya kelongsoran dinding lubang yang sudah selesai dibor. Tulangan harus dirakit rapi dan ikatan tulangan spiral dengan tulangan utama harus benar-benar kuat sehingga pada waktu pengangkatan tulangan oleh crane tidak terjadi kerusakan pada tulangan (ikatan lepas dan sebagainya). Proses instalasi tulangan dilakukan sebagai berikut:

- Posisi crane harus benar-benar diperhatikan, sehingga tulangan yang akan dimasukkan benar-benar tegak lurus terhadap lubang bor, dan juga pada waktu pengecoran tidak menghalangi jalan masuk truck mixer.
- Pada tulangan diikatkan dua buah sling, satu buah pada ujung atas tulangan dan satu buah lagi pada bagian sisi memanjang tulangan. Pada bagian dimana sling diikat, ikatan tulangan spiral dengan tulangan utama diperkuat (bila perlu dilas), sehingga pada waktu tulangan diangkat, tulangan tidak rusak (ikatan spiral dengan tulangan utama tidak lepas). Pada setiap sambungan (bagian overlap) sebaiknya dilas, karena pada proses pengecoran, sewaktu pipa tremie dinaikkan dan diturunkan kemungkinan dapat mengenai sisi tulangan yang dapat menyebabkan sambungan tulangan lepas dan tulangan terangkat ke atas.
- Tulangan diangkat dengan menggunakan dua hook crane, satu pada sling bagian ujung atas dan satu lagi pada bagian sisi memanjang, pengangkatan dilakukan dengan menarik hook secara bergantian sehingga tulangan benar-benar lurus, dan setelah tulangan terangkat dan sudah tegak lurus dengan lubang bor, kemudian dimasukkan pelan-pelan ke dalam lubang, posisi tulangan terus dijaga supaya tidak menyentuh dinding lubang bor dan posisinya harus benar-benar di tengah/ di pusat lubang bor.
- Jika level yang diinginkan berada di bawah permukaan tanah, maka digunakan besi penggantung.
- Setelah tulangan dimasukkan, kemudian pipa tremie dimasukkan. Pipa tremie disambung-sambung untuk memudahkan proses instalasi dan juga untuk memudahkan pemotongan tremie pada waktu pengecoran. Ujung pipa tremie berjarak 25-50 cm dari dasar lubang pondasi. Jika jaraknya kurang dari 25 cm maka pada saat pengecoran beton lambat keluar dari tremie, sedangkan jika

jaraknya lebih dari 50 cm maka pada saat pertama kali beton keluar dari tremie akan terjadi pengenceran karena bercampur dengan air pondasi (penting untuk diperhatikan). Pada bagian ujung atas pipa tremie disambung dengan corong pengecoran.

e. Pengecoran dengan Ready Mix Concrete

Proses pengecoran harus segera dilakukan setelah tulangan dan pipa tremie selesai, guna menghindari kemungkinan terjadinya kelongsoran pada dinding lubang bor. Oleh karena itu pemesanan ready mix concrete harus dapat diperkirakan waktunya dengan waktu pengecoran. Proses pengecoran dilakukan dengan ketentuan sebagai berikut :

- Pipa tremie dinaikkan setinggi 25-50 cm di atas dasar lubang bor, air dalam pipa tremie dibiarkan dulu stabil, kemudian dimasukkan bola karet yang diameternya sama dengan diameter dalam pipa tremie, yang berfungsi untuk menekan air campur lumpur ke dasar lubang sewaktu beton dituang pertama sekali, sehingga beton tidak bercampur dengan lumpur.
- Pada awal pengecoran, penuangan dilakukan lebih cepat, hal ini dilakukan supaya bola karet dapat benar-benar menekan air bercampur lumpur di dalam pipa tremie, setelah itu penuangan distabilkan sehingga beton tidak tumpah dari corong.
- Jika beton dalam corong penuh, pipa tremie dapat digerakkan naik turun dengan syarat pipa tremie yang tertanam dalam beton minimal 1 meter pada saat pipa tremie dinaikkan. Jika pipa tremie yang tertanam dalam beton terlalu panjang, hal ini dapat memperlambat proses syarat bahwa pipa tremie yang masih tertanam dalam beton minimal 1 meter.
- Proses pengecoran dilakukan dengan mengandalkan gaya gravitasi bumi (gerak jatuh bebas), posisi pipa tremie harus berada pada pusat lubang bor, sehingga tidak merusak tulangan atau tidak menyebabkan tulangan terangkat pada saat pipa tremie digerakkan naik turun.
- Pengecoran dihentikan 0,5-1 meter diatas batas beton bersih, sehingga kualitas beton pada batas beton bersih benar-benar terjamin (bebas dari lumpur).
- Setelah pengecoran selesai dilakukan, pipa tremie diangkat dan dibuka, serta dibersihkan. Batas pengecoran diukur dengan meteran kedalaman.

## 2.6 Metode Pelaksanaan Pondasi Strauss Pile

### a. Pekerjaan lokasi pekerjaan ( *Site Preparation* )

Pelajari *lay-out* pondasi dan titik-titik yang akan di bor, membersihkan lokasi pekerjaan dari gangguan yang ada seperti bangunan-bangunan, tanaman, atau pohon-pohon, tiang listrik, atau telepon, kabel dan lainnya.

### b. Rute / Alur pengeboran ( *Route of boring* )

Mengatur alur pengeboran ini menentukan efisiensi kerja agar tidak ada titik bor yang terlewatkan.

### c. Survey Lapangan dan Penentuan Titik Pondasi ( *Site Survey dan Centering of Pile* )

Mengukur dan menentukan posisi titik koordinat bored pile dengan bantuan alat *Theodolite/ waterpass*.

### d. Persiapan Pengeboran

Persiapan kerja sangat sederhana dan hanya membutuhkan waktu beberapa menit saja untuk mengatur alat berupa mata bor, pipa, setang dan alat pendukung lainnya.

### e. Pengeboran

Tanah di bor dengan besar diameter sesuai perencanaan tiang *strauss*. Mata bor diputar dan diberi beban tekanan sampai dirasa sudah dipenuhi tanah lalu diangkat dan dibuang tanahnya. Langkah ini dilakukan terus-menerus hingga mencapai kedalaman yang diinginkan. Pengeboran tanah dikerjakan 2 orang untuk 1 alat (kadang kala ada juga yang dikerjakan 3 orang atau 4 orang).

### f. Pembesian

Pengerjaan pembesian ini dilakukan dengan membuat besi spiral sebagai pengekang dan pemotongan besi pokok untuk tulangan utamanya, dilanjutkan dengan perangkaiannya sesuai dengan gambar kerja hingga menjadi kerangka tulangan yang siap dipasang.

### g. Pengecoran

Pada dasarnya, pekerjaan pengecoran ini sama dengan yang telah dijelaskan di atas, yang mana tahap terakhir ini, pengecoran dilakukan dengan menggunakan pipa paralon (pipa tremi) sebagai penghantar cor hingga ke dasar agar beton tidak mengalami segregasi.

## 2.7 Pembebananan

Beban – beban pada struktur gedung dapat terdiri dari beban mati, beban hidup, beban angin, beban gempa, beban air dan beban khusus lainnya seperti beban getaran mesin, beban kejut listrik dan lain – lain. Beban – beban yang direncanakan akan bekerja dalam struktur gedung tergantung dari fungsi ruangan, lokasi, bentuk, kekakuan, massa dan ketinggian gedung itu sendiri. Jenis beban yang akan dipakai dalam perencanaan ini adalah beban hidup (LL), beban mati (DL) dan beban gempa (E).

### 2.7.1 Beban Mati (DL)

Beban mati adalah berat dari semua bagian dari suatu bangunan yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari bangunan itu.

Beban mati merupakan beban yang intensitasnya tetap dan posisinya tidak berubah selama usia penggunaan bangunan. Biasanya beban mati merupakan dari berat sendiri bangunan itu sendiri sehingga besarnya dapat di hitung sesuai bentuk, ukuran dan berat jenis materialnya.

Beban mati tambahan adalah beban yang berasal dari finishing lantai (keramik, plester), beban dinding dan beban tambahan lainnya. Sebagai contoh, berdasarkan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG 1983) :

1. Beban Finishing (Keramik) = 24 kg/m<sup>2</sup>
2. Plester 2,5 cm (2,5 x 21 kg.m<sup>2</sup>) = 53 kg/m<sup>2</sup>
3. Beban ME = 25 kg/m<sup>2</sup>
4. Beban plafon dan penggantung = 18 kg/m<sup>2</sup>
5. Beban dinding = 250 kg/m<sup>2</sup>

### 2.7.2 Beban Hidup

Beban hidup merupakan beban yang dapat berpindah tempat, dapat bekerja penuh atau tidak sama sekali. Beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu bangunan, dan didalamnya 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

bangunan dan dapat diganti selama masa hidup dari bangunan itu, sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai dan atap bangunan tersebut. Khusus untuk atap yang dianggap beban hidup termasuk beban yang berasal dari air hujan, baik akibat genangan maupun akibat tekanan jatuh butiran air. Beban hidup tidak termasuk beban angin dan beban gempa.

Beban hidup berdasarkan fungsi ruangan dari Tabel 3.1 Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG 1983) :

1. Parkir = 400 kg/m<sup>2</sup>
2. Parkir lantai bawah = 800 kg/m<sup>2</sup>
3. Lantai kantor = 250 kg/m<sup>2</sup>
4. Lantai sekolah = 250 kg/m<sup>2</sup>
5. Ruang pertemuan = 400 kg/m<sup>2</sup>
6. Ruang dansa = 500 kg/m<sup>2</sup>
7. Lantai olahraga = 400 kg/m<sup>2</sup>
8. Tangga dan bordes = 300 kg/m<sup>2</sup>

### **2.7.3 Beban angin**

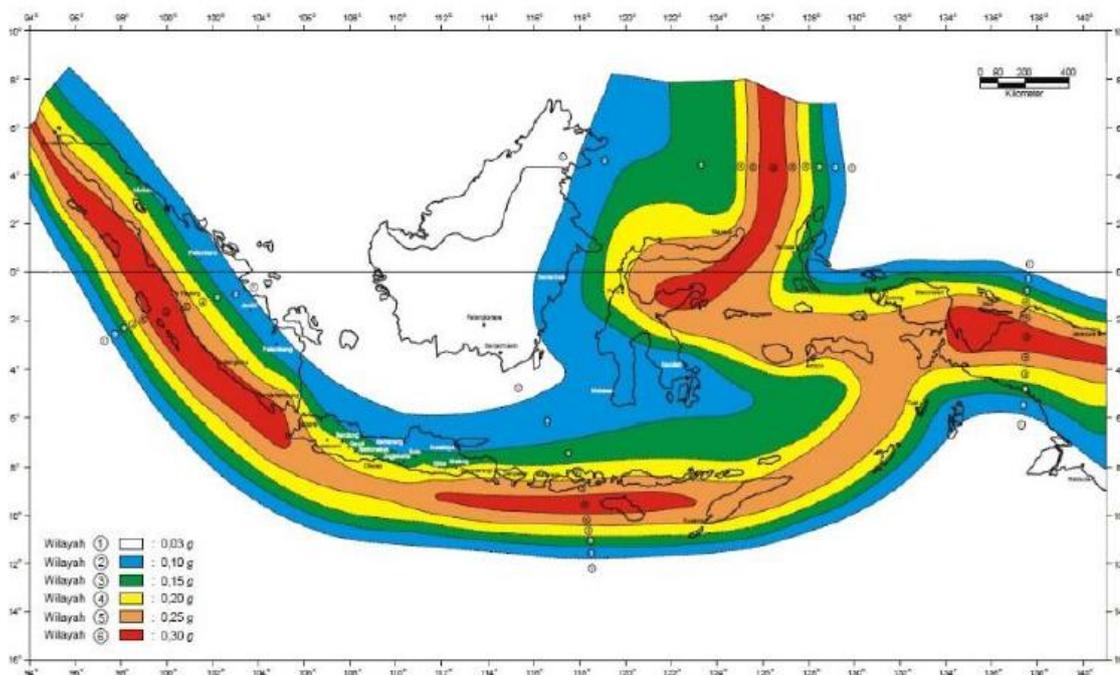
Beban angin adalah semua beban yang bekerja pada bangunan atau bagian bangunan yang disebabkan oleh selisi dalam tekanan udara. Tekanan tiup harus diambil minimum 25 kg/m<sup>2</sup>, dan ditepi laut sampai sejauh 5 km dari pantai harus diambil minimum 40 kg/m<sup>2</sup> (Juwana).

### **2.7.4 Beban Gempa**

Beban gempa adalah gaya yang ditumbulkan oleh karena gempa yang terjadi didasar tanah yang memberikan tekanan-tekanan pada struktur hingga struktur bisa mengalami kondisi keruntuhan. Untuk wilayah-wilayah yang mempunyai resiko tinggi untuk gempa, pengaruh gempa sangat diperhitungkan.

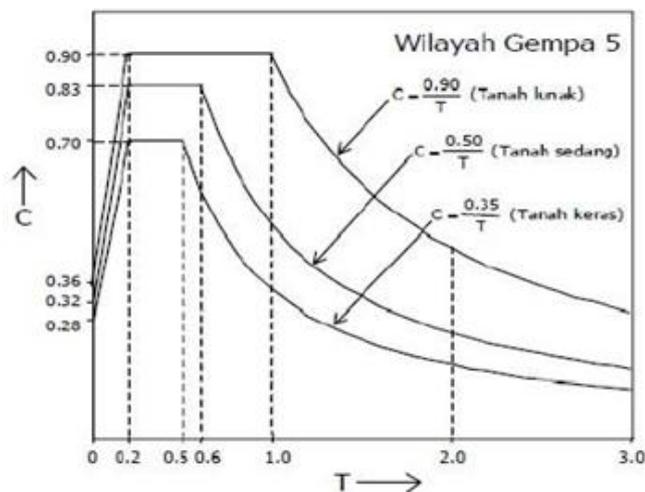
Indonesia ditetapkan terbagi dalam 6 wilayah gempa seperti yang ditunjukkan gambar, dimana wilayah gempa 1 adalah wilayah dengan kegempaan paling rendah dan wilayah 6 adalah wilayah dengan kegempaan paling tinggi.

Dalam hal pembebanan gempa, penentuan lokasi akan berpengaruh terhadap perhitungan beban gempa. Perencanaan struktur gedung di wilayah gempa 1 dan 6 akan sangat jauh berbeda.



Gambar 2.16 Wilayah Gempa Indonesia dengan percepatan puncak batuan dasar dengan periode ulang 500 tahun

Adapun proyek pembangunan Gedung RSJ Ratumbusang masuk di wilayah Kota Manado yang berada dalam wilayah gempa 5.



Gambar 2.17 Respons spektrum gempa rencana untuk wilayah 5

Pada perencanaan sistem struktur penahan beban horizontal dari suatu gedung, beban hidup pada gedung itu ikut menentukan besarnya beban gempa yang harus dipikul oleh system struktur tersebut dan untuk menentukan beban gempa koefisien reduksi beban hidup dapat dilihat dalam tabel 2.1 berikut

Tabel 2.1 koefisien reduksi beban hidup

Pergunaan gedung	Koefisien reduksi beban hidup	
	Untuk perencanaan balok induk dan portal	Untuk peninjauan gempa
<b>PERUMAHAN/PENGHUNIAN</b> Rumah tinggal,asrama,hotel,rumah sakit	0,75	0,30
<b>PENDIDIKAN</b> Sekolah,ruang kuliah	0,90	0,50
<b>PERTEMUAN UMUM</b> Mesjid,gereja,bioskop,restoran,ruang dansa,ruang pagelaran	0,60	0,50
<b>KANTOR</b> Kantor,bank	0,80	0,30
<b>PERDAGANGAN</b> Toko,toserba,pasar	0,80	0,80
<b>PENYIMPANAN</b> Gudang,perpustakaan,ruang arsip	1,00	0,80
<b>INDUSTRI</b> Pabrik,bengkel	0,90	0,90
<b>TEMPAT KENDARAAN</b> Garasi,gedung parker	0,90	0,50
<b>GANG DAN TANGGA</b> Perumahan/penghunian, pendidikan,kantor, pertemuan umum,perdagangan,penyimpanan, industry,tempat kendaraan.	0,75 0,75 0,90	0,30 0,50 0,50

#### 2.7.4 Beban Khusus

Menurut PPIUG (1983) Pasal 1.0 (5) menyatakan beban khusus ialah semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang terjadi akibat selisih suhu, pengangkatan dan pemasangan, penurunan pondasi, susut, gaya-gaya tambahan yang berasal dari beban hidup seperti gaya rem yang berasal dari keran, gaya sentrifugal dan gaya dinamis yang berasal dari mesin-mesin, serta pengaruh-pengaruh khusus.

## 2.8 Perencanaan dan Perhitungan Daya Dukung Pondasi Tiang Berdasarkan Data Sondir

Diantara perbedaan tes dilapangan, sondir atau *cone penetration test* (CPT) seringkali sangat dipertimbangkan berperan dari geoteknik. CPT atau sondir merupakan tes yang cepat, sederhana, ekonomis, dan tes sondir dapat dipercaya dilapangan dengan pengukuran terus-menerus dari permukaan tanah dasar. CPT atau sondir dapat juga mengklasifikasikan lapisan tanah dan dapat memperkirakan kekuatan dan karakteristik dari tanah. Didalam perencanaan pondasi tiang, data tanah sangat diperlukan dalam merencanakan kapasitas daya dukung (*bearing capacity*) tiang sebelum pembangunan dimulai, guna menentukan kapasitas daya dukung ultimit dari pondasi tiang.

Untuk Perencanaan pondasi perhitungan daya dukung tiang berdasarkan data hasil pengujian sondir dihitung dengan menggunakan metode *Aoki dan De Alencer*.

### 2.8.1. Daya Dukung Ultimit Tiang

Dalam menentukan daya dukung ultimit tiang menggunakan data sondir, menggunakan perbandingan 2 persamaan, yaitu menggunakan metode Aoki dan De Alencer dan metode Meyerhoff.

#### 2.8.1.1. Metode Aoki dan De Alencer

Untuk daya dukung ultimit pondasi tiang menggunakan metode ini dinyatakan dengan rumus :

$$Q_u = Q_b + Q_s \quad (1)$$

$$Q_b = q \cdot A_p \quad (2)$$

$$Q_s = A \cdot F_s \quad (3)$$

Dimana :

$Q_u$  = Kapasitas daya dukung tiang (kg)

$Q_b$  = Kapasitas daya dukung ujung tiang (kg)

$Q_s$  = Kapasitas daya dukung gesekan tiang (kg)

$qb$  = Tahanan ujung sondir (kg/cm)

$A_p$  = Luas penampang tiang (cm)

$A_s$  = Luas selimut tiang (cm<sup>2</sup>)

$F_s$  = Tahanan gesekan tiang berdasarkan data sondir (kg)

Aoki dan De Alencer mengusulkan untuk memperkirakan kapasitas dukung ultimit dari data sondir. Kapasitas dukung ujung persatuan luas ( $q_b$ ) diperoleh sebagai berikut:

$$q_b = \frac{q_c(\text{base})}{F_b} \quad (4)$$

Dimana :

$q_c(\text{base})$  = perlawanan konus rata-rata 1,5 D di atas ujung tiang sampai 1,5 D di bawah ujung tiang

Tabel 2.2. Faktor Empirik  $F_b$

Tipe Tiang Pancang	$F_b$
Bored Pile	3,5
Baja	1,75
Beton Praktekan	1,75

Untuk kapasitas daya dukung selimut tiang ( $Q_s$ ), didapat dari perkalian antara:

$$A_s = \pi \times \text{diameter tiang} \times \text{tinggi tiang} \quad (5)$$

$$F_s = 0,012 \cdot q_s \quad (6)$$

Dimana :

$q_s$  = Nilai rata-rata hambatan pelekat konus

Besarnya beban yang bekerja atau kapasitas ijin tiang bor dengan memperhatikan kemandan terhadap keruntuhan maka nilai ultimit ( $Q_u$ ) dibagi dengan faktor keamanan yang sesuai. Variasi faktor kemandan yang digunakan untuk pondasi tiang bor maupu tiang pancang sangat tergantung pada jenis tanah yang ditentukan berdasarkan data laboratoriu yaitu:

a. Untuk dasar tiang bor yang dibesarkan dengan diameter  $d < 2$  m, maka

$$Q_a = \frac{Q_u}{2,5} \quad (7)$$

b. Untuk dasar tiang bor tanpa pembesaran dibawah, maka:

$$Q_a = \frac{Q_u}{2} \quad (8)$$

c. Untuk tiang bor dengan diameter lebih dari 2 meter, kapasitas tiang bor perlu dievaluasi dengan pertimbangan terhadap penurunan tiang.

### 2.8.1.2. Metode Meyerhoff

Untuk daya dukung ultimit pondasi tiang menggunakan metode ini dinyatakan dengan rumus :

$$Q_u = (q \cdot A_p) + (JHL \cdot K_{11}) \quad (9)$$

Dimana :

$Q_u$  = Kapasitas daya dukung ultimit tiang

$qc$  = Tahanan ujung sondir

$A_p$  = Luas penampang tiang

JHL = Jumlah hambatan lekat

$K_{11}$  = Keliling tiang

Adapun daya dukung ijin pondasi menggunakan metode ini dinyatakan dengan rumus:

$$Q_a = \frac{(qc \cdot A_p)}{3} + \frac{(JHL \cdot K_{11})}{5} \quad (10)$$

### 2.8.2 Daya Dukung Ijin Untuk Kelompok Tiang

Jarang terjadi bahwa suatu bangunan hanya cukup menggunakan sebuah tiang tunggal, biasanya tiang dipasang dalam kelompok seperti misalnya dalam hal tiang-tiang yang menyangga suatu bangunan, maka biasanya suatu pondasi merupakan kelompok yang terdiri lebih dari satu tiang. Kelompok tiang ini secara bersama-sama memikul beban tersebut.

Daya dukung sebuah tiang dalam kelompok adalah sama dengan daya dukung tiang tersebut dikalikan faktor efisiensi :

$$Q_{pg} = E_g \cdot n \cdot Q_u \quad (11)$$

Dimana :

$Q_{pg}$  = daya dukung yang diijinkan untuk kelompok tiang (ton)

$E_g$  = Efisiensi kelompok tiang

$n$  = Jumlah tiang

$Q_u$  = Daya dukung ultimit untuk tiang tunggal (kg)

- Menghitung efisiensi dari sebuah kelompok tiang ( $E_g$ )

Rumus yang digunakan untuk menghitung efisiensi dari sebuah kelompok tiang adalah tiang adalah diambil dari rumus *Converse Labarre*, yaitu:

$$E_g = 1 - \theta \left\{ \frac{(n-1).m + (m-1).n}{90.m.n} \right\} \quad (12)$$

Dimana:

$m$  = Jumlah barisan tiang

$n$  = Jumlah tiang per baris

$\theta = \tan^{-1} DS$  (dalam derajat)

$S$  = Jarak tiang pusat ke pusat (m)

### 2.8.3 Penulangan Pondasi Bored Pile

Jika dimensi/penampang pondasi ditentukan oleh gaya aksial/berat bangunan yang dipikul masing-masing kolom, maka penulangan pondasi ditentukan oleh gaya momen dan gaya geser yang bekerja pada pondasi tersebut. Dengan perhitungannya sebagai berikut.

#### 2.8.3.1 Hitung Tulangan Utama :

Untuk menentukan presentasi tulangan kolom menggunakan grafik interaksi kolom dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Menentukan momen nominal ( $M_n$ )

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} \quad (13)$$

Dimana:

$\phi$  = faktor reduksi kekuatan tekan dengan tulangan spiral 0,70

$M_n$  = Momen nominal yang bekerja

$M_u$  = Momen maksimum yang bekerja pada tiang

2. Menghitung Menghitung  $\rho_{min}$ ,  $\rho$  dan  $\rho_{max}$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{F_y} \quad (14)$$

$$\rho_b = \frac{0,85\beta F_c'}{F_y} \cdot \left( \frac{600}{600 + F_y} \right) \quad (15)$$

$$\rho_{max} = 0,75 (\rho_b) \quad (16)$$

Dimana :

$\rho_{\min}$  = rasio tulangan minimum

$\rho_b$  = rasio tulangan seimbang (*balance*)

$\rho_{\max}$  = rasio tulangan maksimum

### 3. Menghitung $\rho$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{(2m \cdot Rn)}{F_y}} \right) \quad (17)$$

$$m = \frac{F_y}{0,85F_c'} \quad (18)$$

$$Rn = \frac{Mn}{bd^2} \quad (19)$$

Dimana :

$\rho$  = rasio tulangan yang digunakan

### 4. Menghitung Luas Tulangan

$$A_s = \rho \times b \times d \quad (20)$$

$$A_s \text{ tul.} = \frac{1}{4} \pi (\text{diameter tulangan})^2 \quad (21)$$

Dimana :

$A_s$  = luas tulangan yang dipakai

$b$  = diameter pondasi

$d$  = lebar efektif pondasi

$A_s \text{ tul.}$  = Luas tulangan

### 5. Menghitung jumlah tulangan

$$n = \frac{A_s}{A_s \text{ Tulangan}} \quad (22)$$

Dimana :

$n$  = jumlah tiang yang digunakan

### 2.8.4 Jumlah tiang yang diperlukan

Perhitungan jumlah tiang yang diperlukan pada suatu titik kolom menggunakan beban aksial dengan kombinasi beban DL + LL (beban tak terfaktor).

Jumlah tiang yang diperlukan dihitung dengan membagi gaya aksial yang terjadi dengan daya dukung tiang.

$$np = \frac{P}{P_{all}} \quad (23)$$

Dimana:

np = jumlah tiang

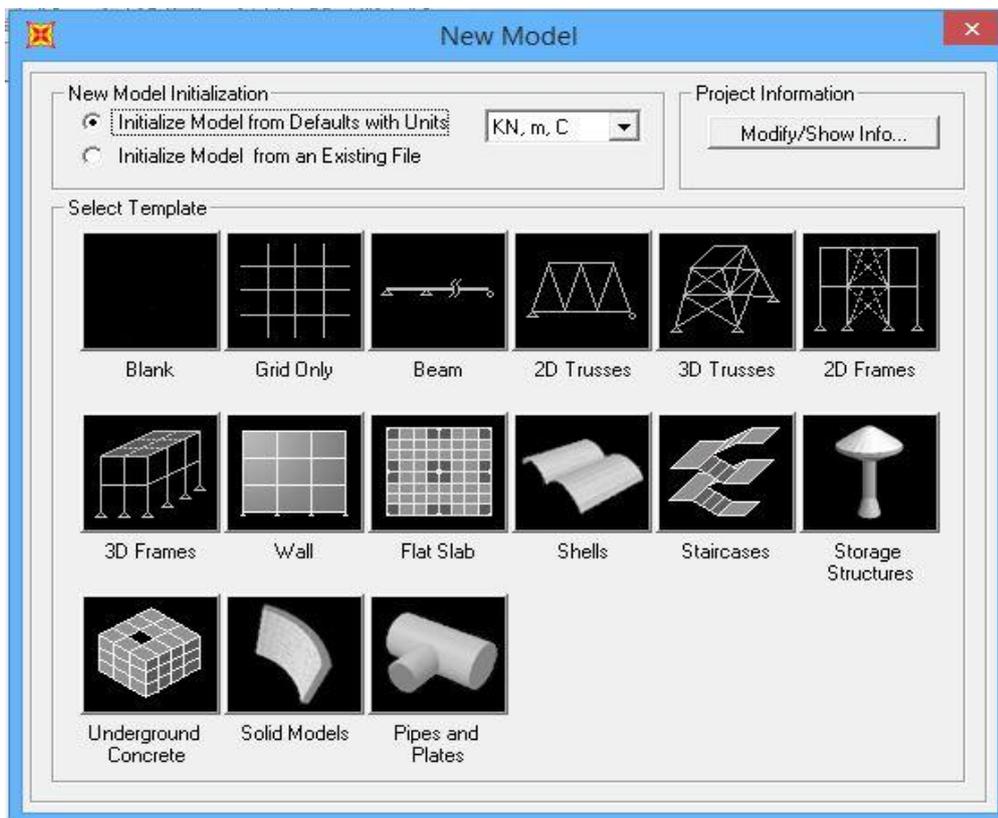
P = gaya aksial yang terjadi

P<sub>all</sub> = daya dukung ijin tiang.

## 2.9 Penggunaan Program SAP 2000 v16.2.2

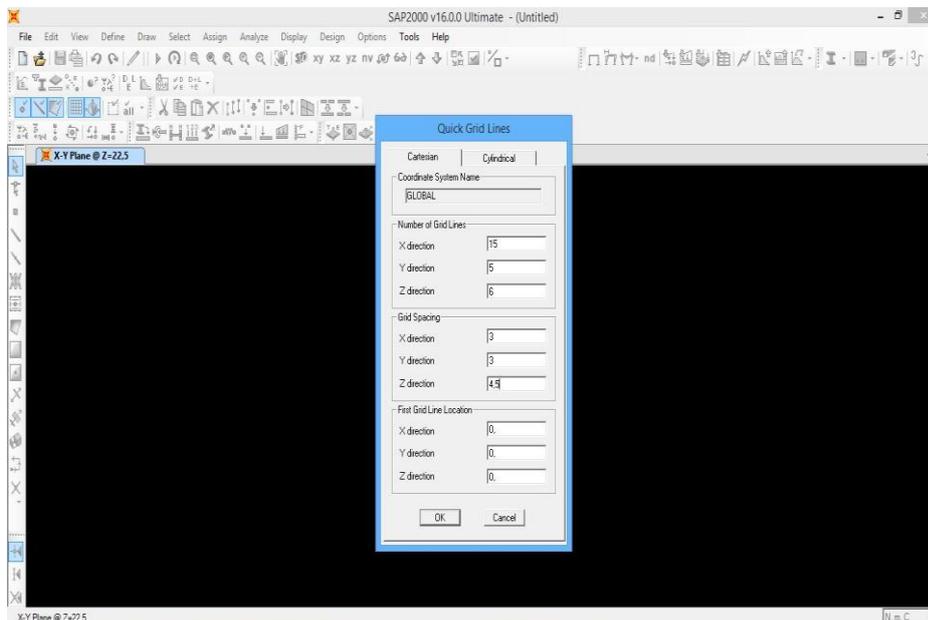
SAP 2000 (Struktur Analysis and Design) yang dipakai adalah versi 16.2.2 dengan cara pengerjaannya sebagai berikut:

1. Buka program SAP 2000 v16.2.2 Pilih *New Model* (Ctrl+N), ganti satuan N,n,C dan pilih *Grid only*.



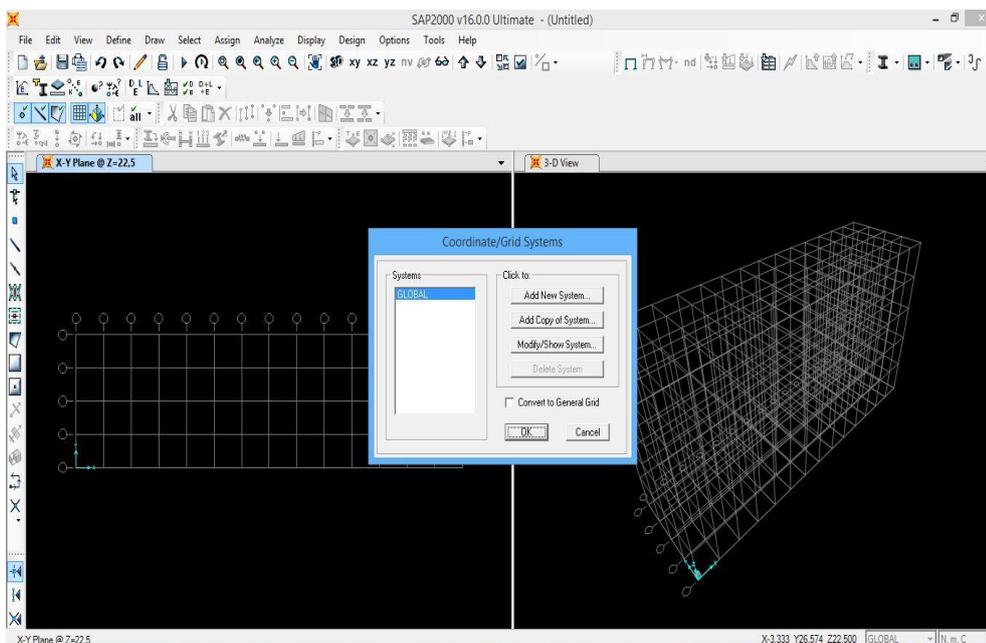
Gambar 2.18 Tampilan awal program SAP 2000

2. Selanjutnya masukan data-data pada kolom *Number of Grid* dan *Grid Spacing*

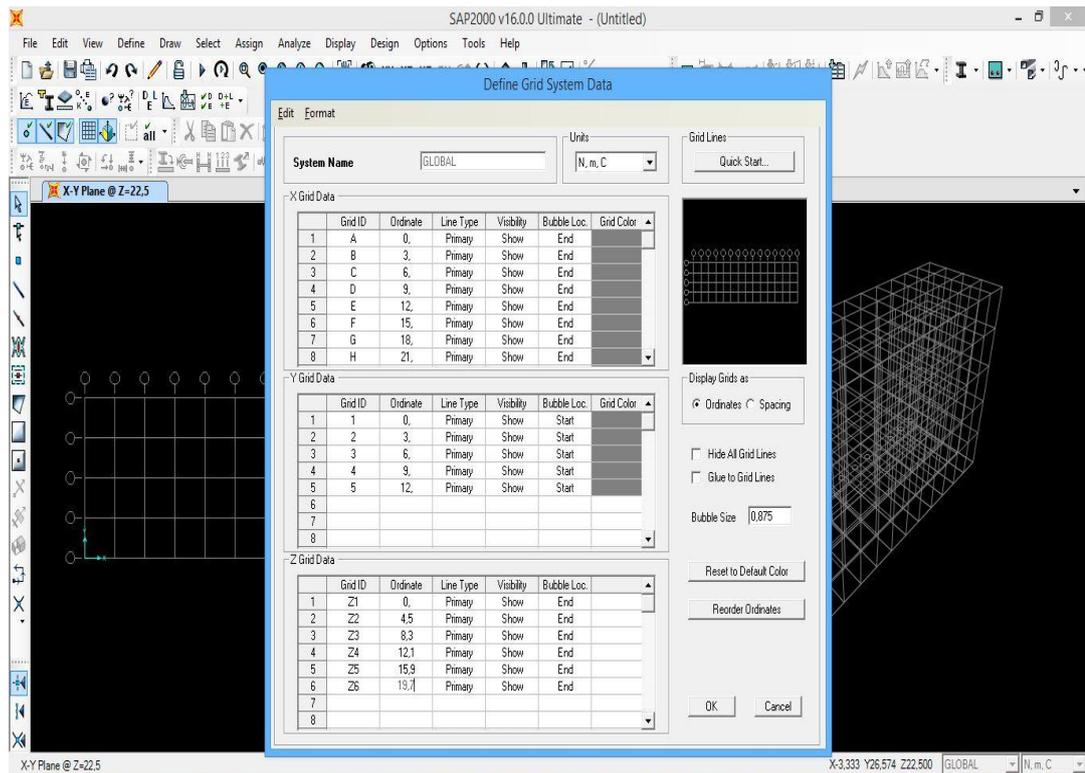


Gambar 2.19 Menentukan jumlah Grid

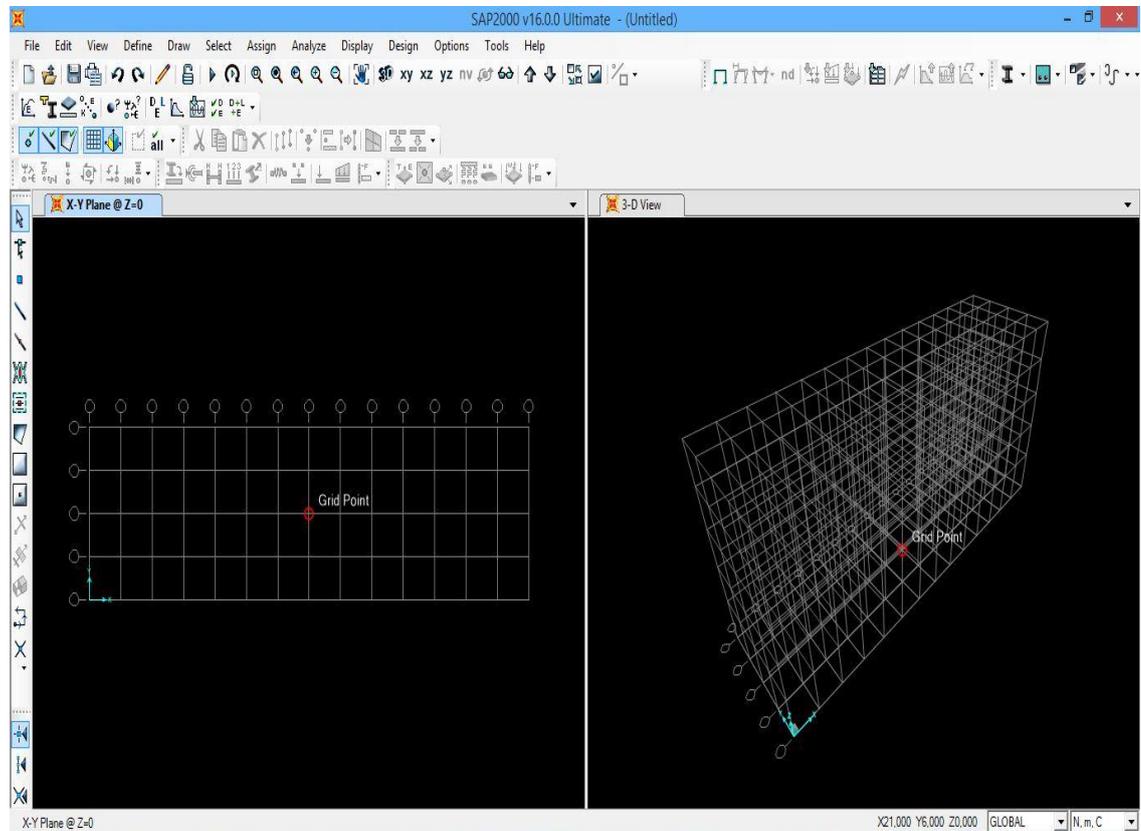
3. Pilih Define – *Coordinate/Grid Systems*, lalu pilih *Modify /Show System* (ALT + D + D), lihat Gambar 2.29. Ganti *Display Grid as Ordinates* dengan *Spacing* masukan data-data pada kolom *X Grid Data* dan *Y Grid Data* dengan nilai yang terlihat pada gambar 2.30.



Gambar 2.20 Tampilan Sistem Grid



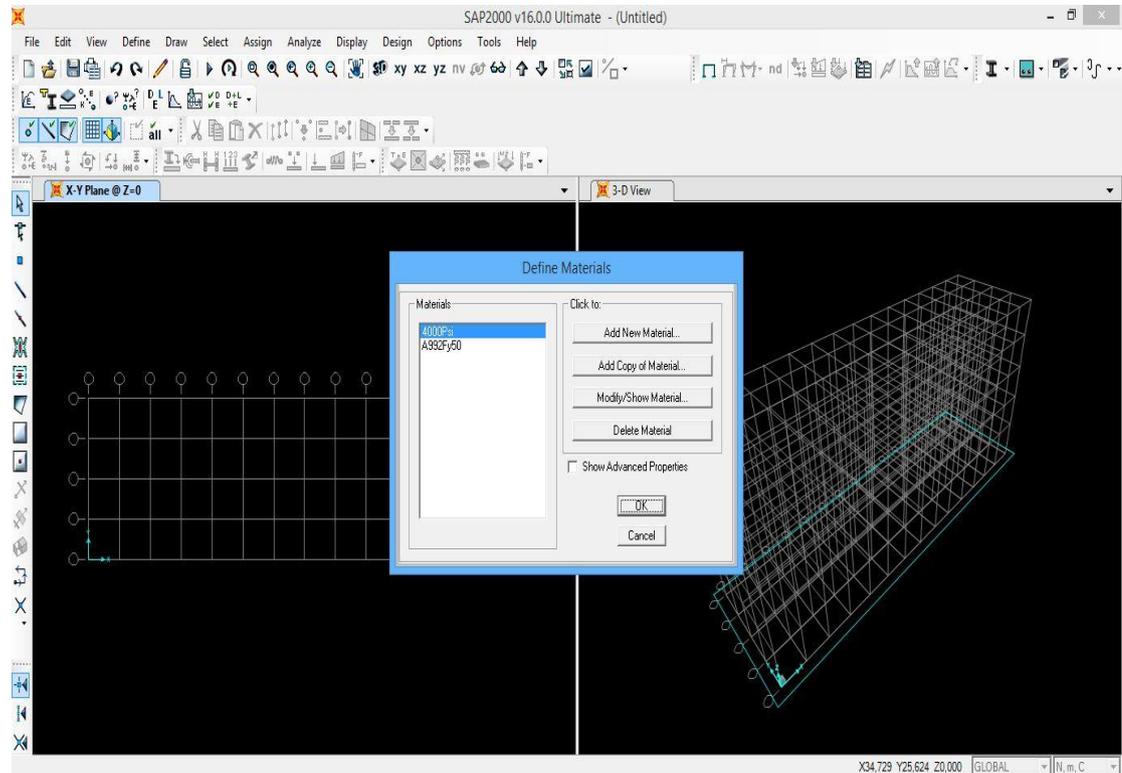
Gambar 2.21 Mengatur Grid Bangunan



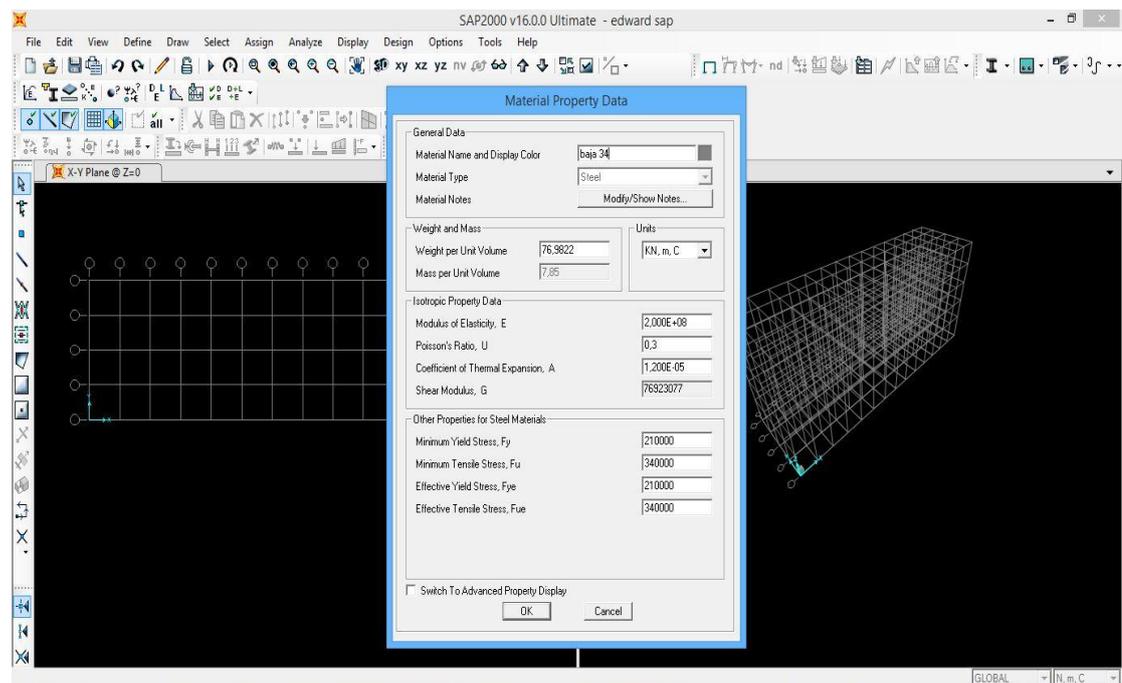
Gambar 2.22 Tampilan Hasil Pengaturan Grid

#### 4. Mendefinisikan Material

Pilih *Define – Add New Material* dan masukan data-data yang ada dengan teliti mulai *Material Name*, *Material Type* untuk beton (Concret). Weight per Unit Volume, Modulus of Elasticity (E) dan nilai  $f'c$ .



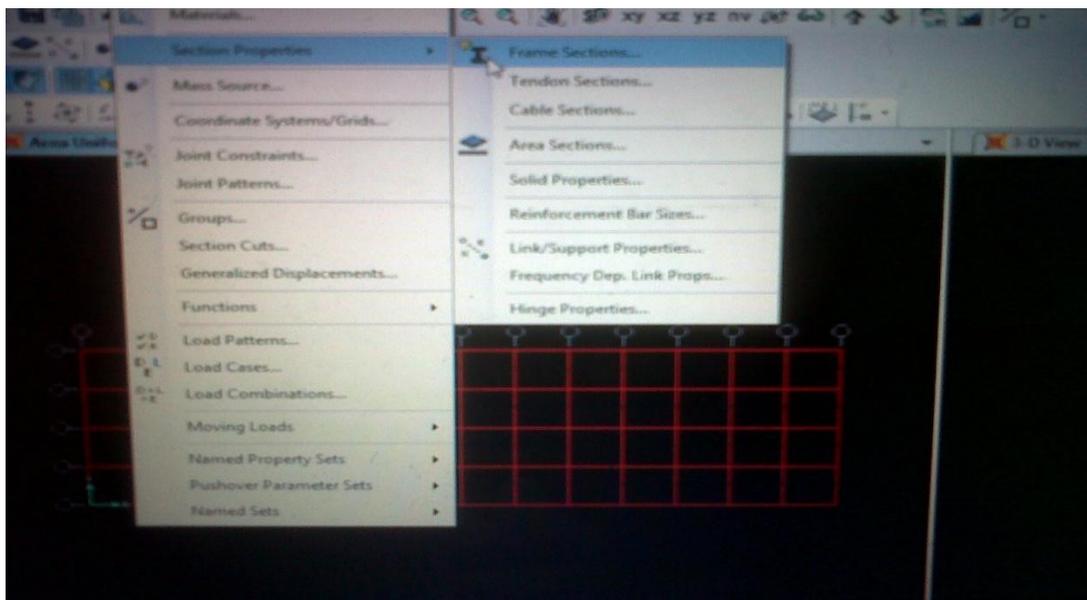
Gambar 2.23 Tampilan Define Materials



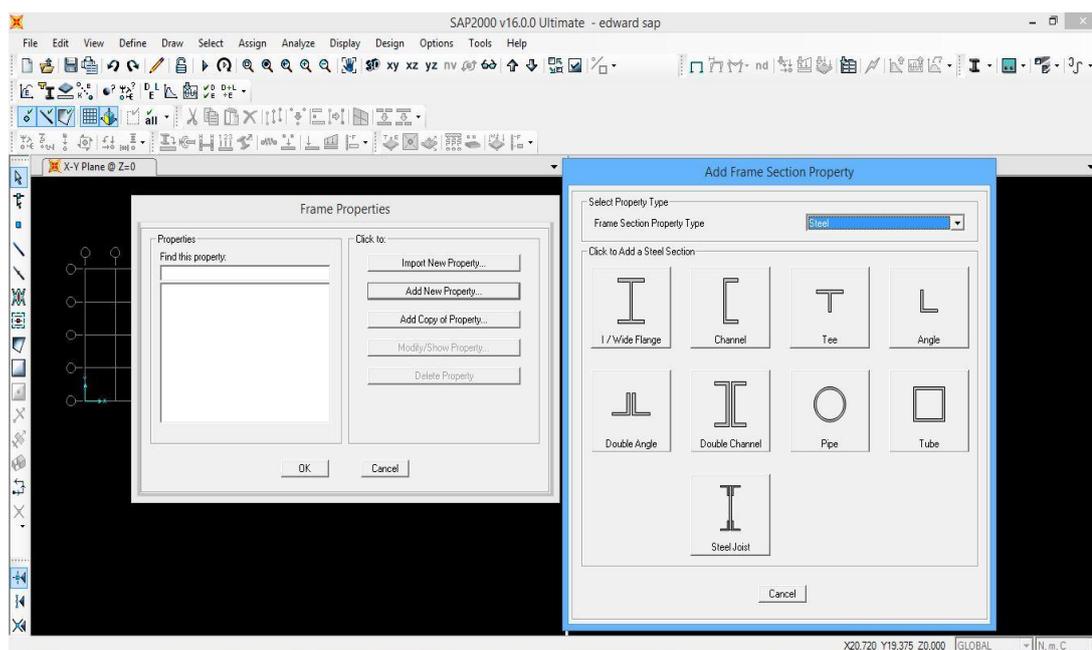
Gambar 2.24 Memasukan Data Material

## 5. Mendefinisikan dimensi balok dan kolom

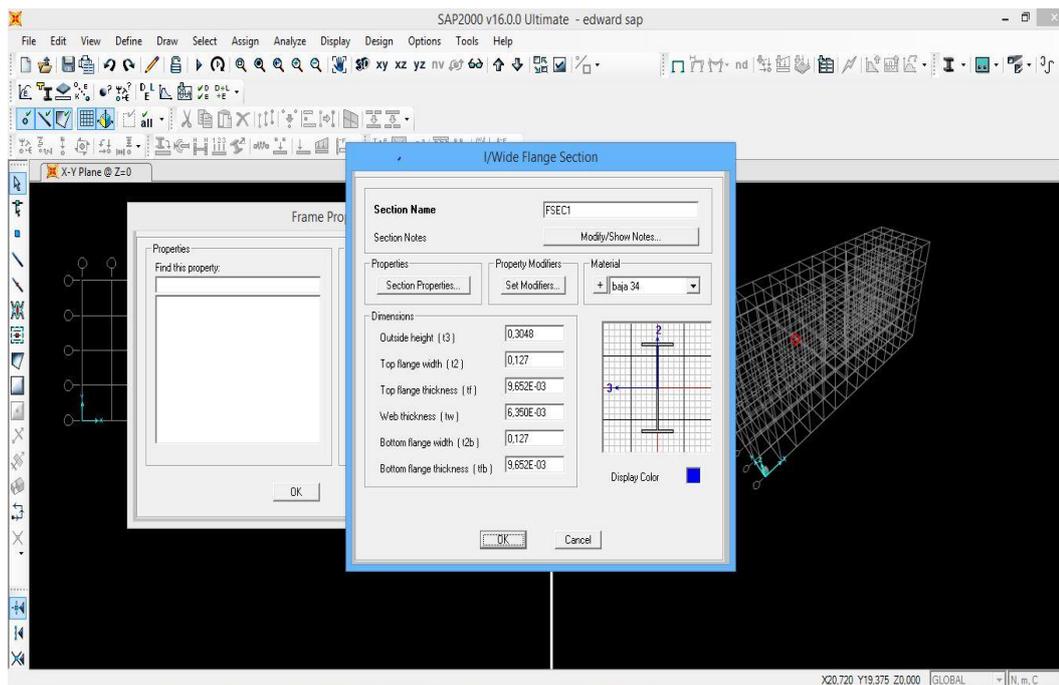
Pilih *Define – Section Properties – Frame Section – Add New Properties*. Maka akan muncul tampilan *Add Frame Section Property*. Pada kolom *Frame Section Property Type* ganti dengan *Concrete* sehingga akan muncul tampilan seperti pada gambar 2.34. Klik *Rectangular*, selanjutnya isi data berdasarkan yang ada dilampiran pada *Rectangular Section*. Setelah data terisi semua dengan lengkap tanpa terlewat maka penampang-penampang digambar pada tampilan 2-D X-Y Plane dengan menggunakan ikon *Draw Frame/ Cable Element*.



Gambar 2.25 Mendefinisikan Penampang balok dan kolom



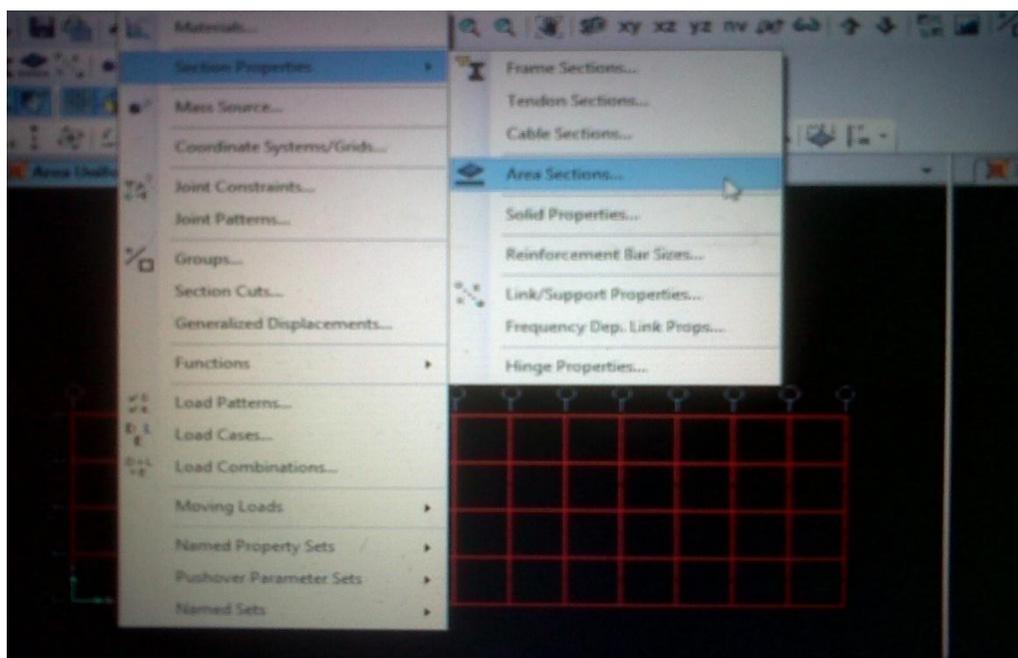
Gambar 2.26 Memilih Tipe Penampang



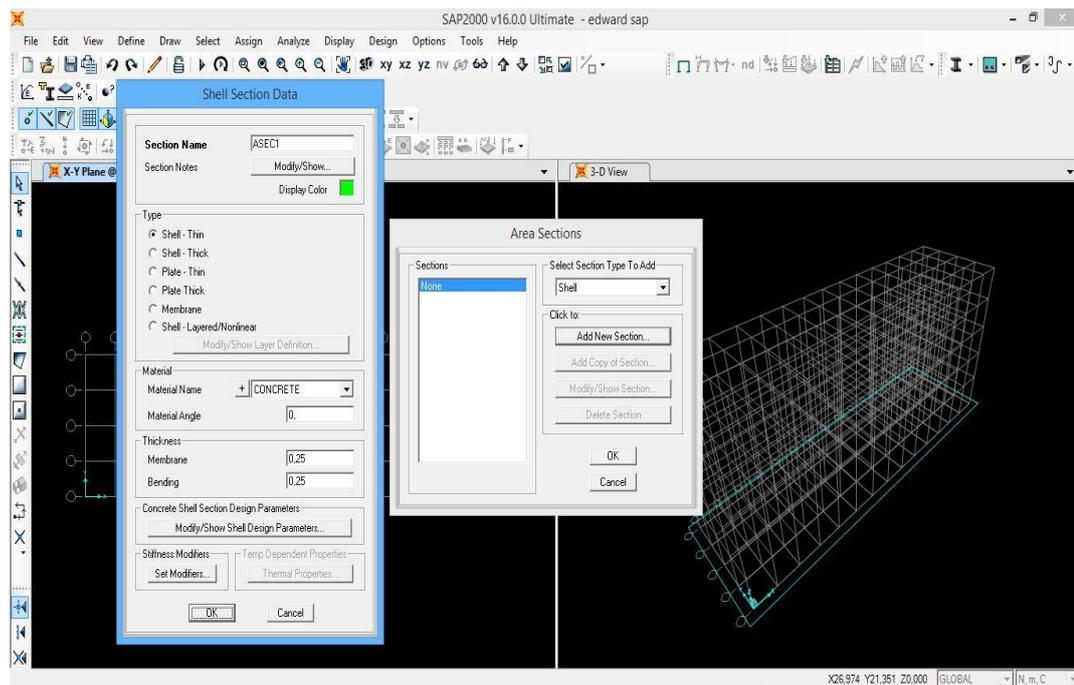
Gambar 2.27 Mengatur Penampang kolom

## 6. Mendefinisikan Pelat

Pilih *Define - Section Properties - Area Section - klik Add New Sections*. Ketikkan data yang ada pada kolom yang disediakan lalu klik OK. Gambar pelat tadi pada tampilan 2-D X-Y Plane dengan menggunakan ikon (*Draw Rectangular Area Element*) untuk pelat berbentuk kotak dan gunakan ikon (*Draw Poly Area*) untuk pelat berbentuk segitiga.



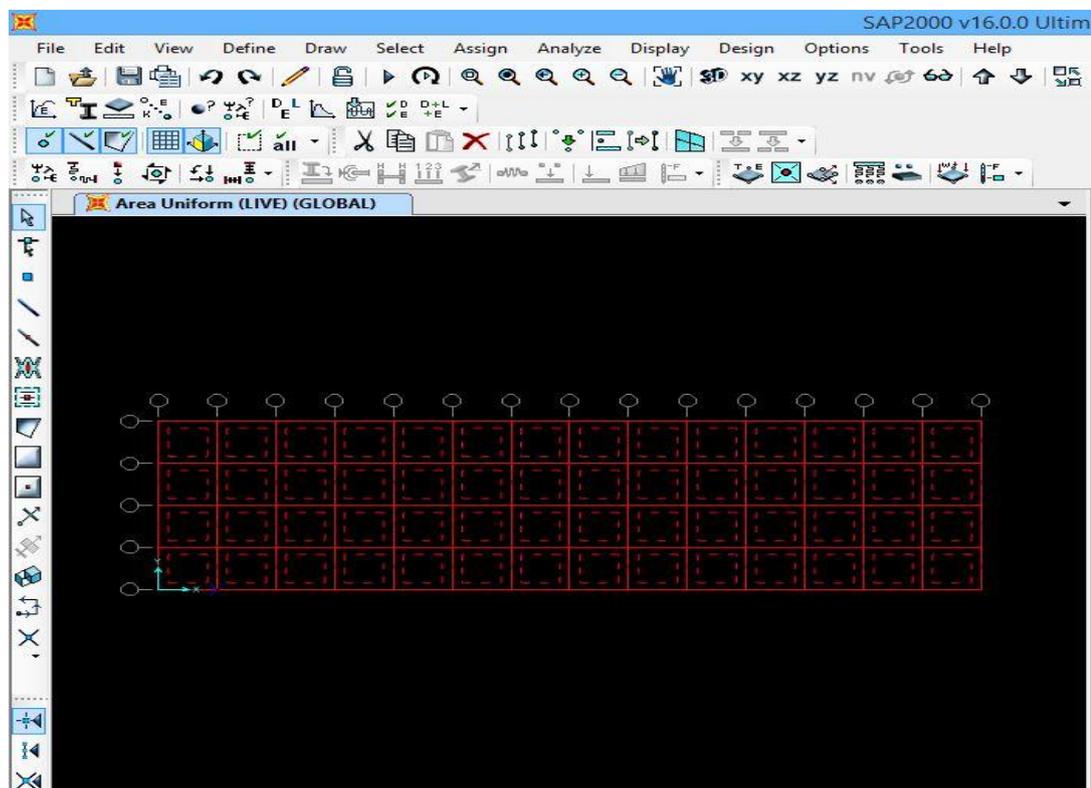
Gambar 2.28 Mendefinisikan tipe pelat



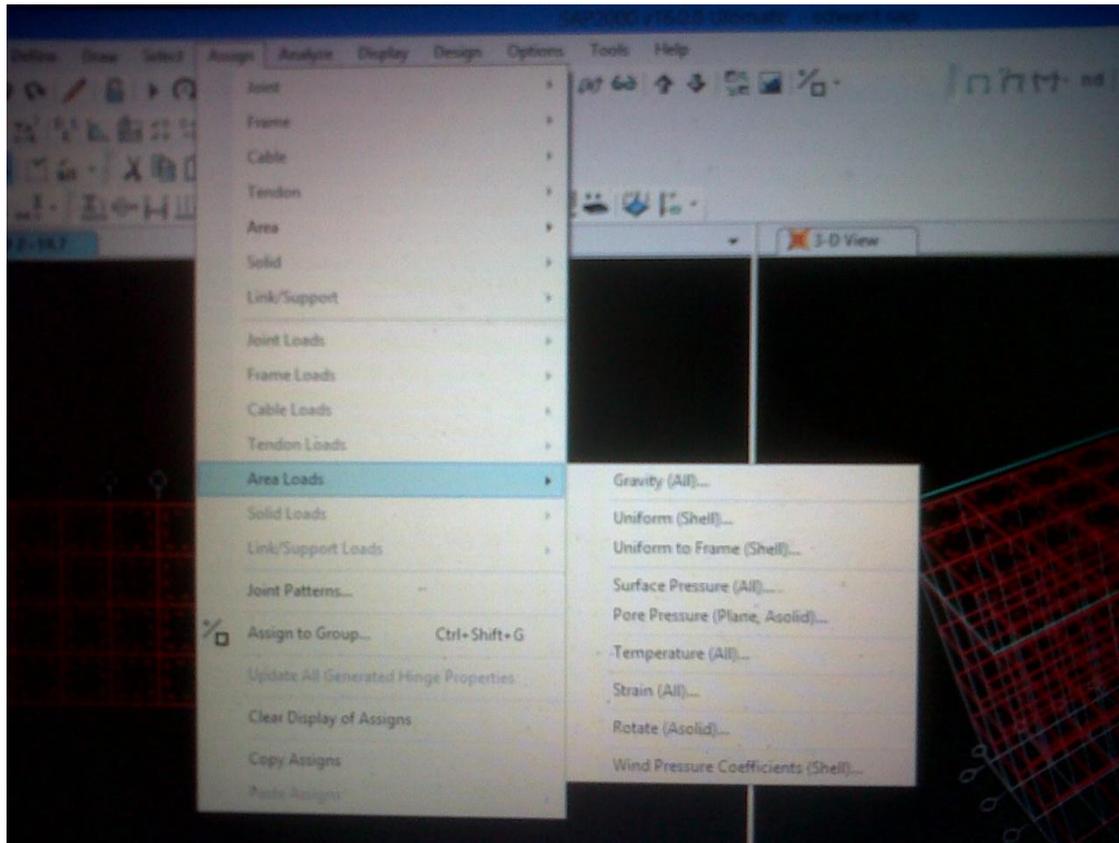
Gambar 2.29 Input Data Pelat

## 7. Memasukkan Beban Pelat

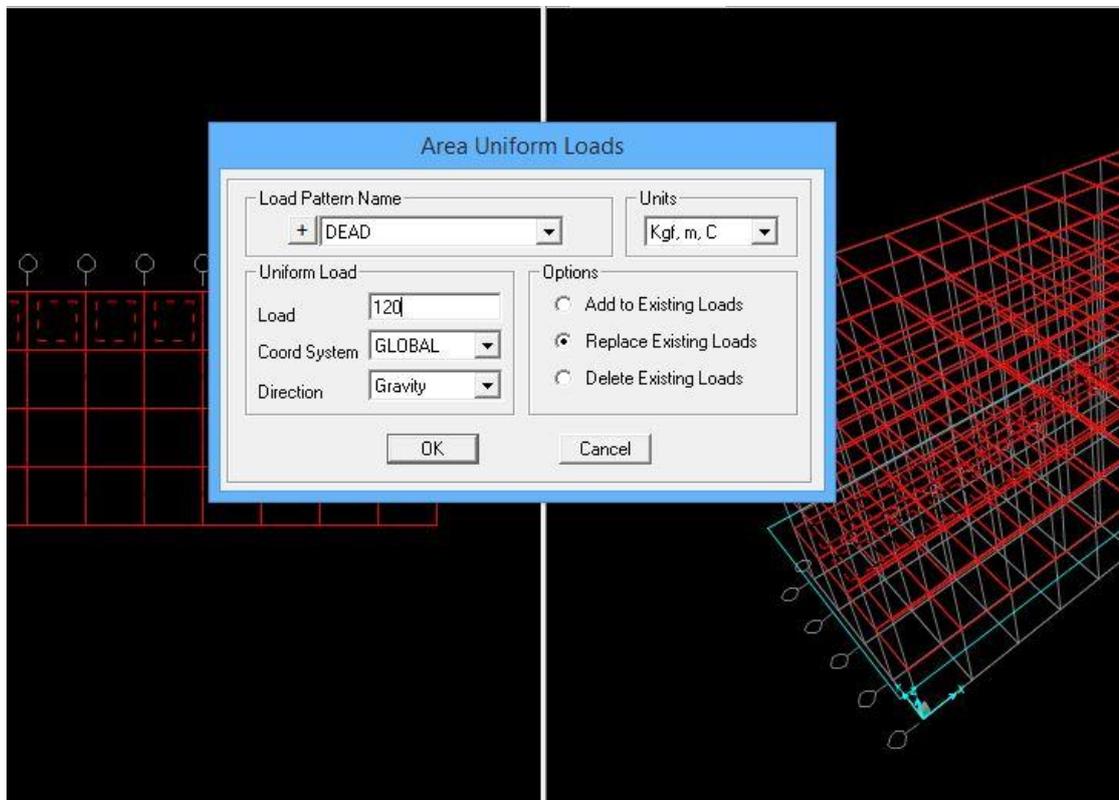
Klik pada pelat di denah lalu pilih *Assign – Area Loads – Uniform (Shell)* dan akan muncul tampilan *Area Uniform Loads*. Isikan nilai beban mati (dead) =  $120 \text{ kg/m}^2$  dan beban hidup (live) =  $250 \text{ kg/m}^2$ .



Gambar 2.30 Area Pelat yang akan diisikan beban



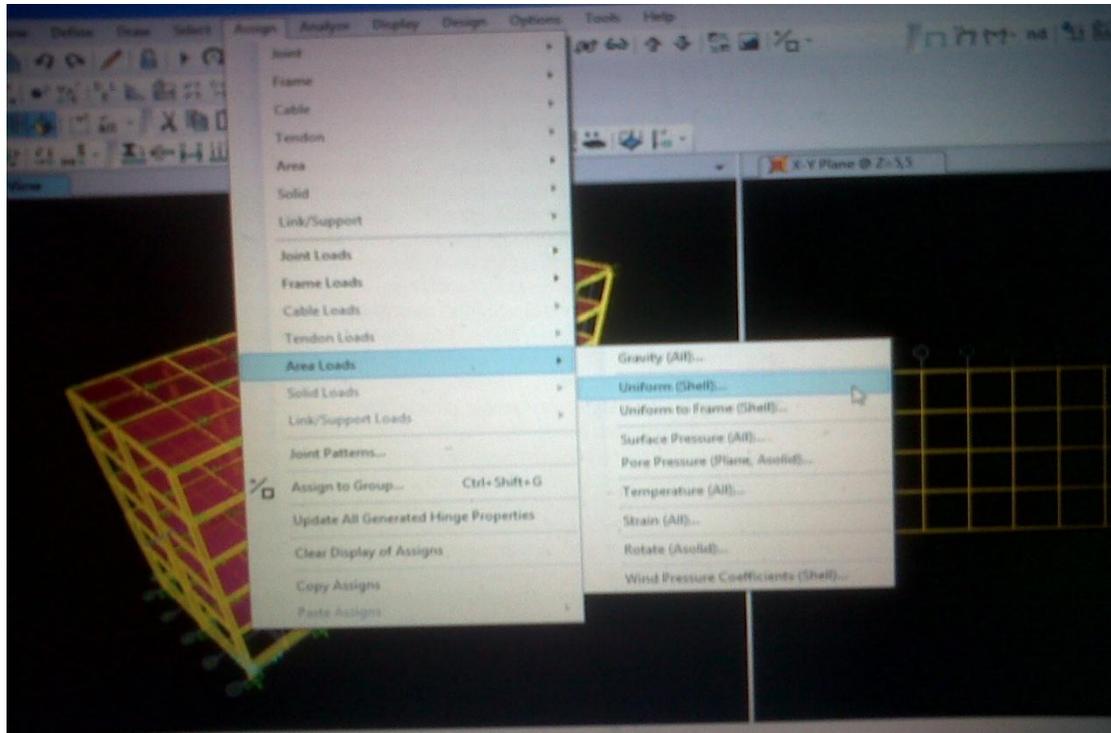
Gambar 2.31 Memasukan Beban Pelat



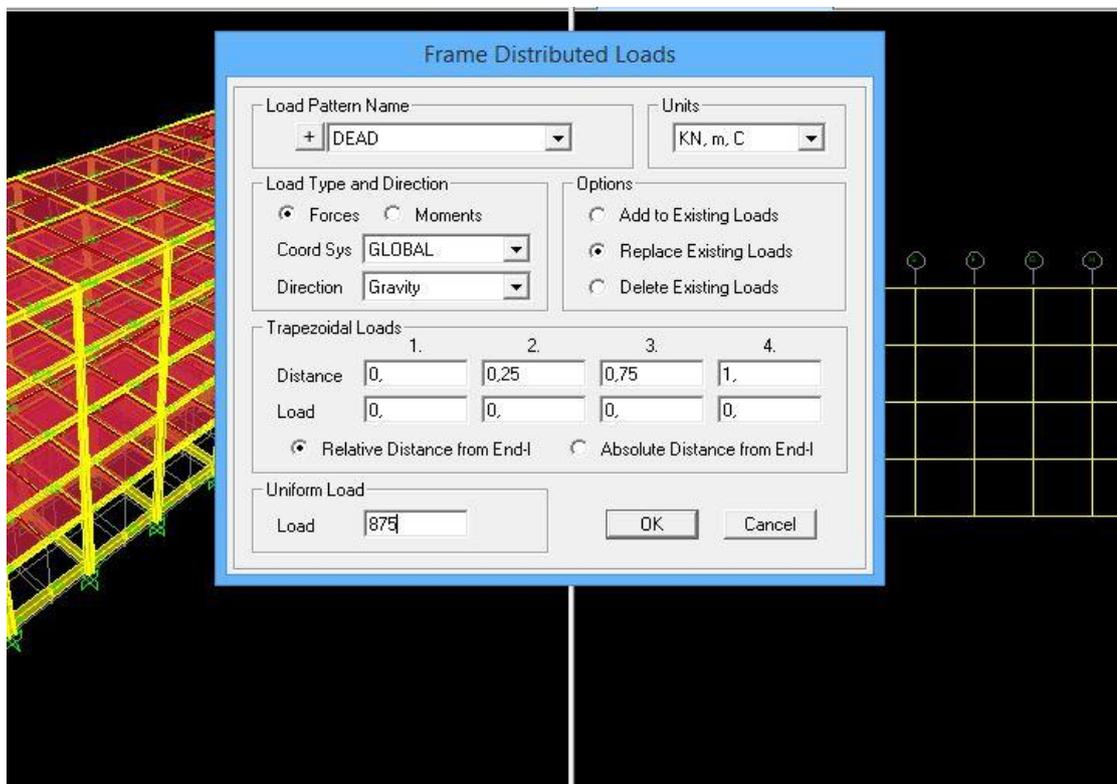
Gambar 2.32 Beban Pelat

## 8. Mendefinisikan Beban Balok/ Berat Beban Dinding

Klik pada penampang balok di denah lalu *Assign – Frame Loads – Distributed* dan masukkan data seperti yang terlihat pada gambar 2.42.



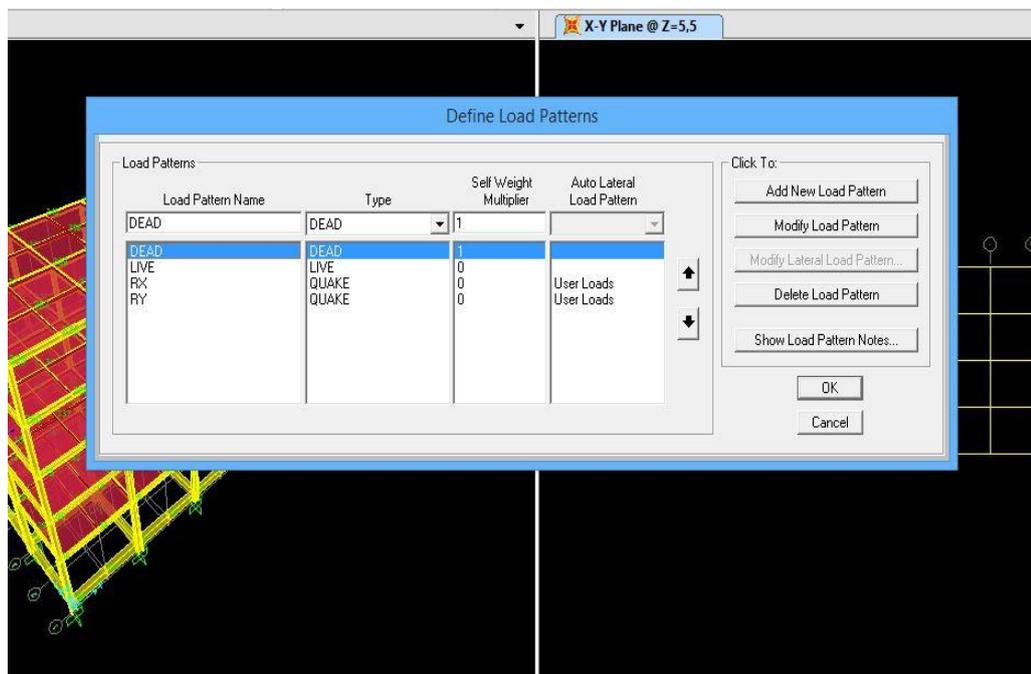
Gambar 2.33 Memasukkan Beban Balok



Gambar 2.34 Berat Dinding

## 9. Mendefinisikan beban

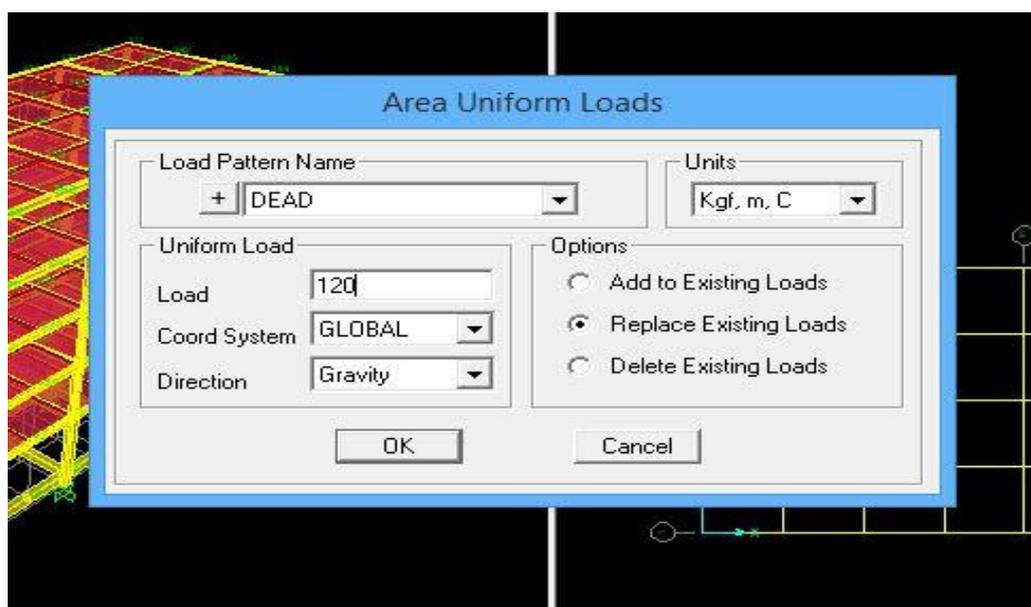
Pilih *Define – Load Pattern* dan didefinisikan beban mati (DEAD) dengan *Self Weight Multiplier = 0* dan begitu juga dengan beban hidup (LIVE).



Gambar 2.35 Mendefinisikan Beban

## 10. Distribusi Beban Pelat ke Balok

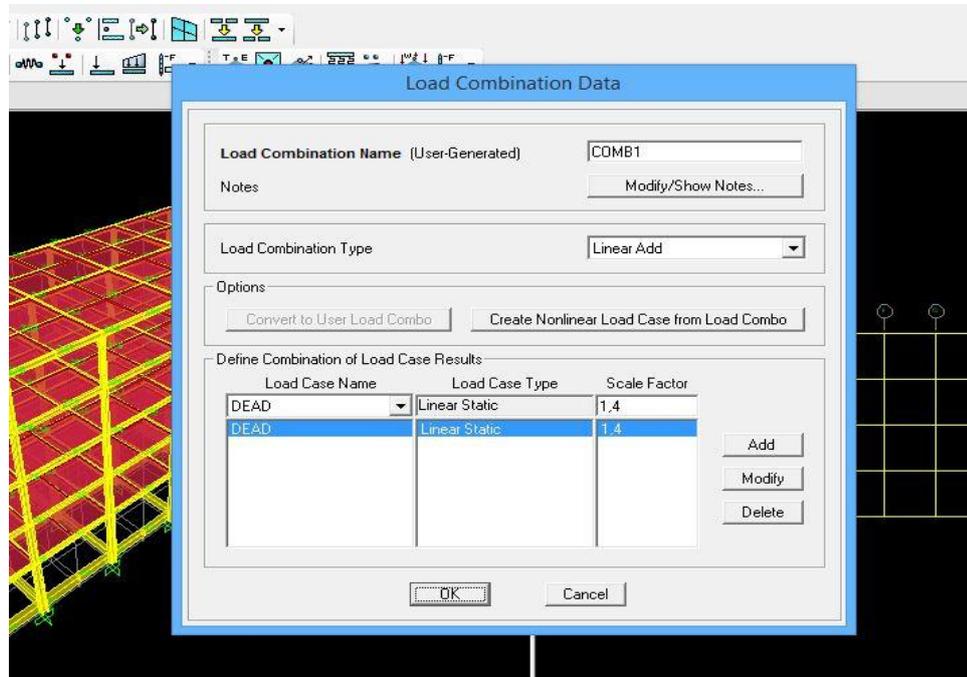
Klik pada pelat di tampilan 3-D dan kemudian pilih *Assign – Area Loads – Uniform (Shell)*. Isi nilai beban mati dan beban hidup, pada bagian *Coord System* diganti dengan *Area Local* dan *Direction* menjadi 3.



Gambar 2.36 Distribusi Beban Pelat ke Balok

## 11. Load Combinations

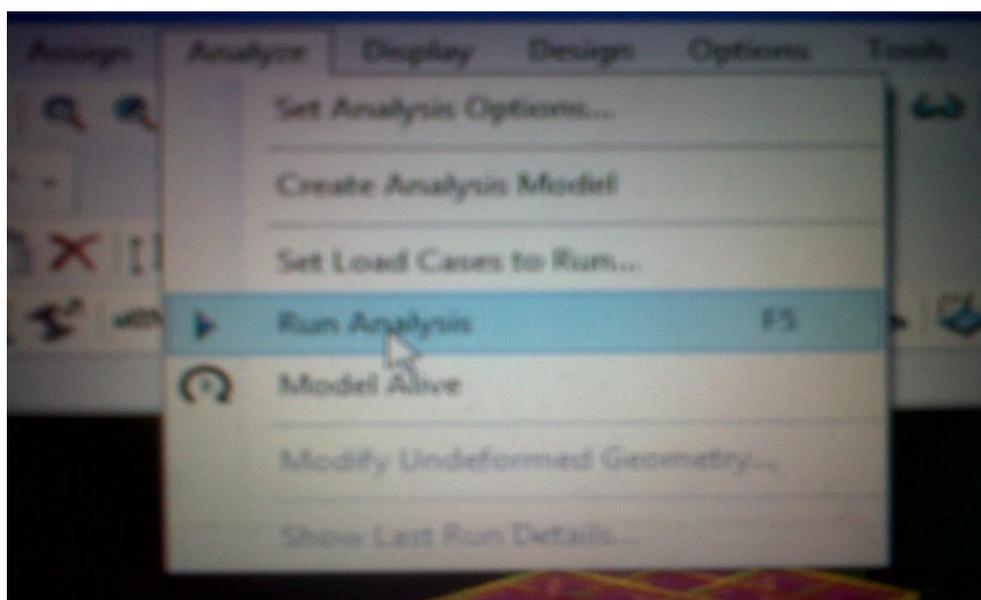
Pilih Define – Load Combination. Isikan kombinasi beban untuk beban mati dan beban hidup.



Gambar 2.37 Mendefinisikan Kombinasi Beban

## 12. Run Analysis

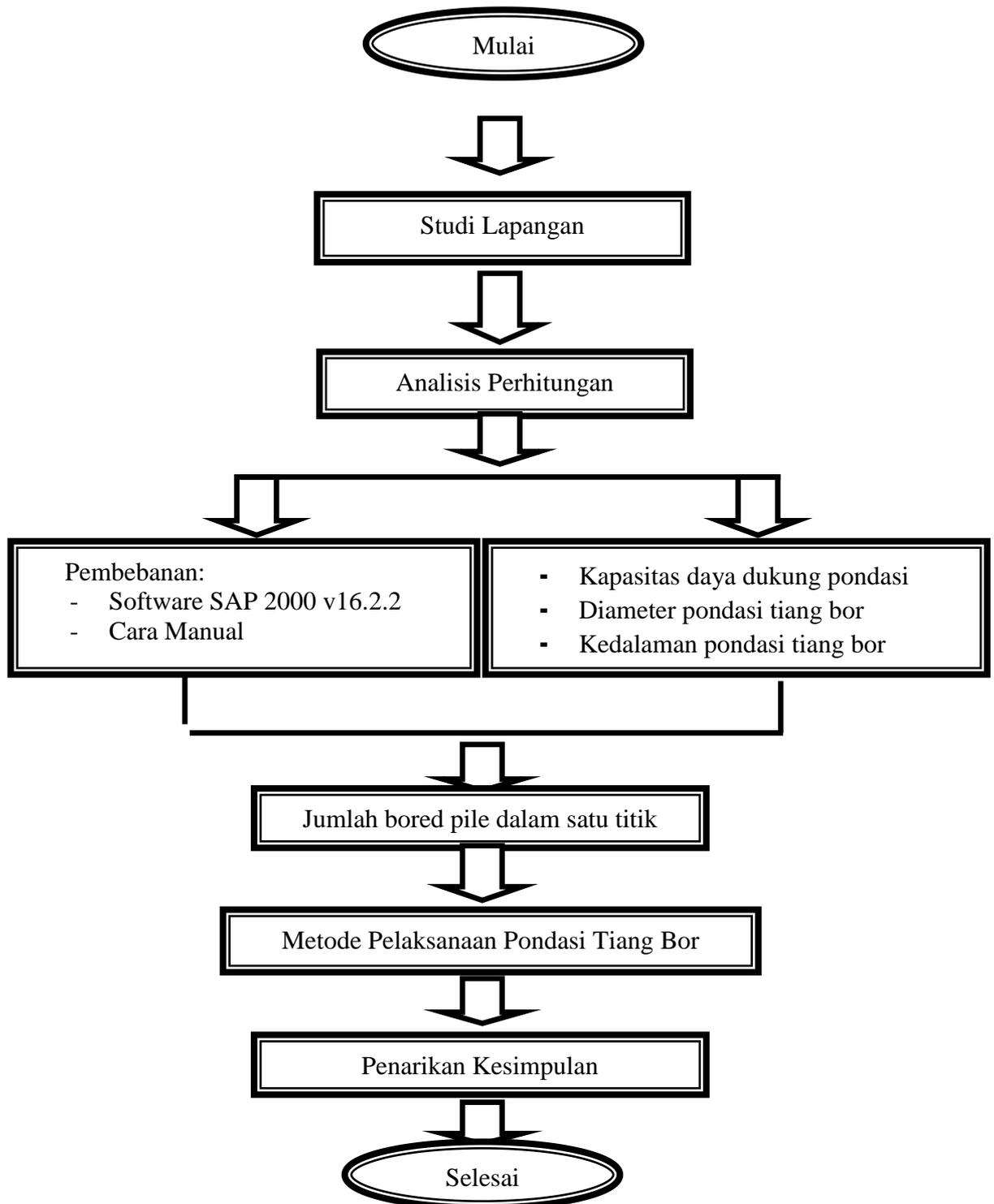
Pilih Analyze – Run Analysis (F5) untuk melakukan Run pada bangunan yang sedang dianalisis.



Gambar 2.38 Run Analysis

## 2.10 Analisis Perhitungan

Berikut Gambar 2.39 di bawah ini memperlihatkan urutan atau bagan perhitungan yang dilakukan.



Gambar 2.39 Bagan Alir Analisis Perhitungan

### BAB III

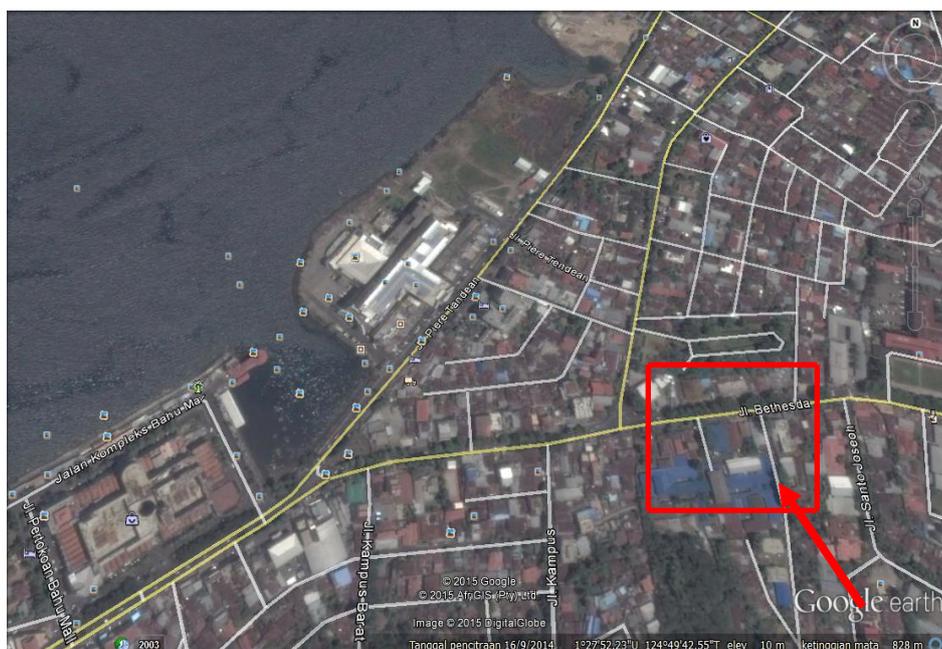
#### PEMBAHASAN

#### 3.1 Data-data proyek pembangunan gedung Rumah Sakit Prof Dr. V.L. Ratumbusang Manado

##### 3.1.1 Data Umum

Data umum dari proyek pembangunan gedung RSJ Prof, Dr V. L. Ratumbusang Manado adalah sebagai berikut:

1. Nama Proyek : Pembangunan gedung RSJ Prof,Dr V.L.Ratumbusang Manado.
2. Perencana proyek : PT. Sangkuriang
3. Pelaksana proyek : PT. Prima Dewa
4. Masa Pemeliharaan: 70 (Tujuh Puluh) hari kelender
5. Anggaran : 4.666.084.000
6. Sumber Dana : APBD PROV. SULAWESI UTARA TA. 2014
7. Nomor Kontrak : B.2/ BPK- RJS/ Kontrak/KonstruksI/X/ 2014
8. Tanggal Kontrak : 13 September 2014
9. Telepon : 431822
10. Lokasi :Jln Bethesda Sario Manado Sulawesi Utara,Indonesia
11. Luas Lahan : 38.663,5 m<sup>2</sup>.



Gambar 3.1. Lokasi proyek pembangunan RSJ Prof Dr. V.L. Ratumbusang Manado

### 3.1.2 Data Teknis di Lapangan

Data ini merupakan data pondasi tiang yang terpasang di lapangan, dengan data sebagai berikut:

- Jenis konstruksi : Konstruksi Baja
- Jenis Tanah : Keras (Berdasarkan hasil sondir)
- Kategori Gedung : Rumah Sakit
- Wilayah Gempa : Wilayah 5 (lima)

### 3.1.3 Data-Data Desain

Data-data desain merupakan data-data yang akan dimasukkan ke dalam program SAP 2000

#### 1. Beton

- Kuat Desak ( $f^c$ ) untuk :
  - Plat :
    - ✓ Kolom pedestral : 25 MPa
    - ✓ Slof beton : 25 MPa
    - ✓ Plat beton : 25 MPa
  - Balok : 25 MPa
- Modulus Elastis ( $E_c$ ) :  $4700 \sqrt{f^c}$
- Berat volume Beton :  $2400 \text{ kg/m}^3$
- poisson ratio beton ( $V_c$ ) : 0,2

#### 2. Baja Tulangan

- Tulangan longitudinal BHTP 40 (ulir)  $f_y$  : 390 MPa dan  $f_u$  = 500 MPa
- Tulangan transfersal/senggang BJTP 24 (ulir)  $f_y$  : 235 MPa dan  $f_u$  = 380 MPa
- Poison ratio baja : 0,3

#### 3. Profil baja

- Kolom profil H BEAM
- Balok profil IWF

## 3.2 Perhitungan Pembebanan

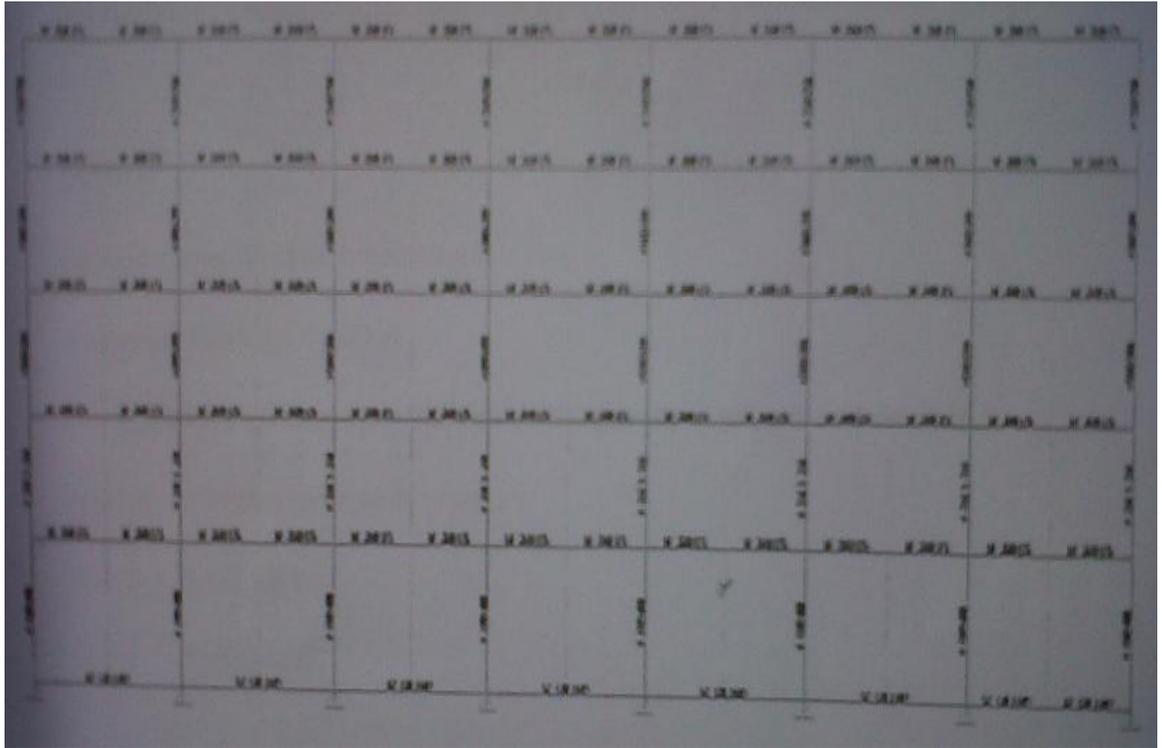
### 3.2.1 Beban lantai dan kolom

#### 3.2.1.1 Denah Bangunan yang ditinjau

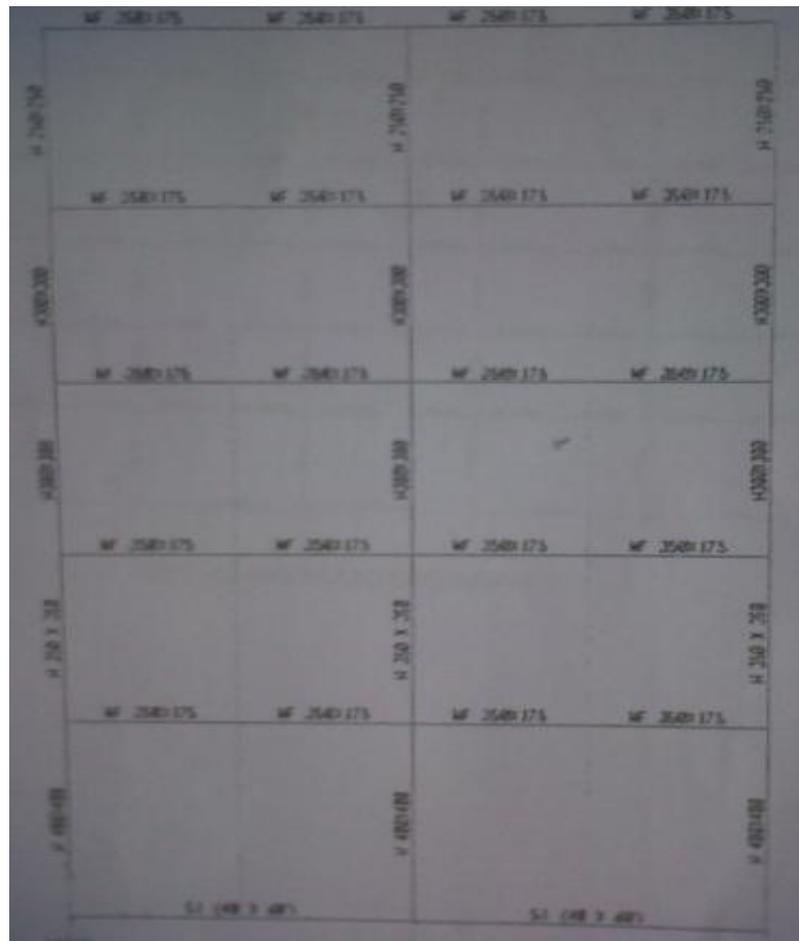
Bagian yang ditinjau untuk perhitungan pembebanan berada pada titik P18 (Bagian tepi bangunan) dan titik P401 (Bagian yang paling kritis) dan data sondir titik S-2.



Gambar 3.2. Denah Bangunan



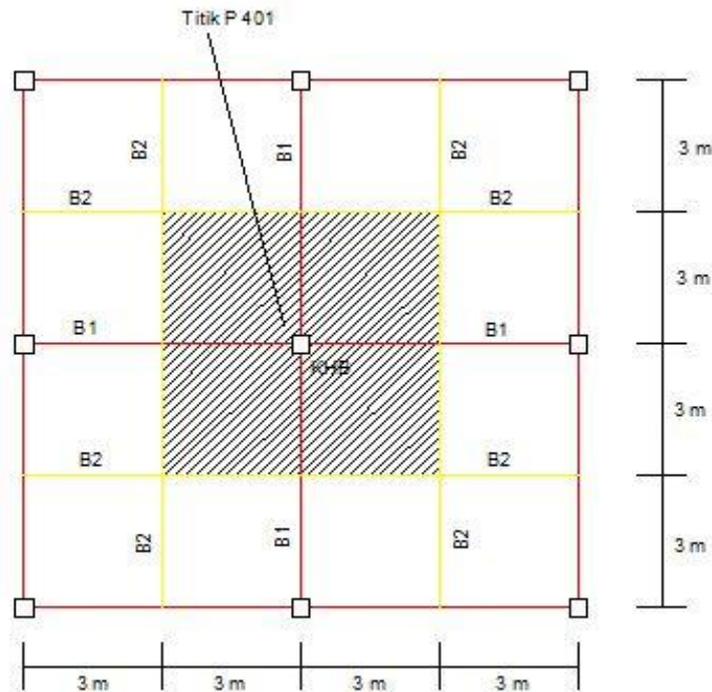
Gambar 3.3. Potongan Memanjang/arah Y bangunan



Gambar 3.4. Potongan Arah X bangunan

### 3.2.2 Perhitungan Pembebanan Lantai 1

#### 3.2.2.1 Di tinjau dari daerah yang kritis (P401)



Gambar 3.5 Area Pembebanan Pada Lantai

Menurut Pedoman Pembebanan Perencanaan Untuk Rumah dan Gedung pada halaman 17 maka digunakan:

- Berat jenis baja =  $7840 \text{ kg/m}^3$
- Nilai beban hidup gedung =  $250 \text{ kg/m}^2$
- Berat plafon dan penggantung =  $18 \text{ kg m}^2$

#### a. Beban Mati

$$\begin{aligned} W_{\text{KHB}_1} \text{ Lantai 1} &= (\text{Berat baja HB profil L400 (kg/m)}) \times L \\ &= 171,68 \text{ kg/m} \times 4,5 \text{ m} \\ &= 772,56 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_{\text{KHB}_2} \text{ Lantai 2} &= (\text{Berat baja HB profil 350 (kg/m)}) \times L \\ &= 136,51 \text{ kg/m} \times 3,80 \text{ m} \\ &= 518,738 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W_{\text{KHB } 3} \text{ Lantai } 3 &= (\text{Berat baja HB profil } 300 \text{ (kg/m)}) \times L \\
 &= 94,04 \text{ kg/m} \times 3,80 \text{ m} \\
 &= 357,352 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W_{\text{KHB } 3} \text{ Lantai } 4 &= (\text{Berat baja HB profil } 300 \text{ (kg/m)}) \times L \\
 &= 94,04 \text{ kg/m} \times 3,80 \text{ m} \\
 &= 357,352 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W_{\text{KHB } 4} \text{ Lantai } 5 &= (\text{Berat baja HB profil } 250 \text{ (kg/m)}) \times L \\
 &= 72,36 \text{ kg/m} \times 380 \text{ m} \\
 &= 274,968 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 WB_1 &= \text{Berat baja IWF } 350 \times 175 \times 7 \times 11 \text{ (kg/m)} \times L \\
 &= 49,60 \text{ kg/m} \times 6 \text{ m} \times 2 \\
 &= 595,2 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 WB_2 &= \text{Berat baja IWF } 200 \times 100 \times 5,5 \times 8 \text{ (kg/m)} \times L \\
 &= 21,33 \text{ kg/m} \times 6 \text{ m} \times 4 \\
 &= 511,92 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W_{\text{plat}} &= (\text{pxl}) \times \text{BJ beton} \times T \\
 &= (6 \text{ m} \times 6 \text{ m}) \times 2400 \text{ kg/m} \times 0,2 \text{ m} \\
 &= 10368 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W_{\text{plafon}} &= (\text{pxl}) \times (\text{Berat plafon} \times \text{penggantung}) \\
 &= (6 \text{ m} \times 6 \text{ m}) \times 18 \text{ kg/m}^2 \\
 &= 648 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

⇒ Total beban mati lantai 1 :

$$\begin{aligned}
 W_{\text{DL}} \text{ Lantai } 1 &= W_{\text{KHB } 1} + W_{\text{B } 1} + W_{\text{B } 2} + W_{\text{Plat}} + W_{\text{plafon}} \\
 &= 772,56 \text{ kg} + 595,2 \text{ kg} + 511,2 \text{ kg} + 10368 \text{ kg} + 648 \text{ kg} + \\
 &= 12894,96 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

⇒ Total beban mati lantai 2 :

$$\begin{aligned} W_{DL} \text{ Lantai 2} &= W_{KHB\ 2} + W_{BI} + W_{B2} + W_{Plat} + W_{Plafon} \\ &= 518,738 \text{ kg} + 595,2 \text{ kg} + 511,2 \text{ kg} + 10368 \text{ kg} + 648 \text{ kg} \\ &= 12641,138 \text{ kg} \end{aligned}$$

⇒ Total beban mati lantai 3 :

$$\begin{aligned} W_{DL} \text{ Lantai 3} &= W_{KHB\ 3} + W_{BI} + W_{B2} + W_{Plat} + W_{Plafon} \\ &= 357,352 \text{ kg} + 595,2 \text{ kg} + 511,2 \text{ kg} + 10368 \text{ kg} + 648 \text{ kg} \\ &= 12479,752 \text{ kg} \end{aligned}$$

⇒ Total beban mati lantai 4 :

$$\begin{aligned} W_{DL} \text{ Lantai 4} &= W_{KHB\ 4} + W_{BI} + W_{B2} + W_{Plat} + W_{Plafon} \\ &= 357,352 \text{ kg} + 595,2 \text{ kg} + 511,2 \text{ kg} + 10368 \text{ kg} + 648 \text{ kg} \\ &= 12479,752 \text{ kg} \end{aligned}$$

⇒ Total beban mati lantai 5 :

$$\begin{aligned} W_{DL} \text{ Lantai 5} &= W_{KHB\ 5} + W_{BI} + W_{B2} + W_{Plat} + W_{Plafon} \\ &= 274,968 \text{ kg} + 595,2 \text{ kg} + 511,2 \text{ kg} + 10368 \text{ kg} + 648 \text{ kg} \\ &= 12397,368 \text{ kg} \end{aligned}$$

b. Beban Hidup

$$\begin{aligned} \Rightarrow W_{LL} \text{ Lantai 1} &= 250 \text{ kg/m}^2 \times p \times l \\ &= 250 \text{ kg/m}^2 \times 6\text{m} \times 6\text{m} \\ &= 9000 \text{ kg} \end{aligned}$$

Jadi ,P

$$\begin{aligned} PL.1 &= 12894,96 \text{ kg} + 9000 \text{ kg} \\ &= 21894,96 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} PL.2 &= 12641,138 \text{ kg} + 9000 \text{ kg} \\ &= 21641,138 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} PL.3 &= 12479.752 \text{ kg} + 9000 \text{ kg} \\ &= 21479,752 \text{ kg} \end{aligned}$$

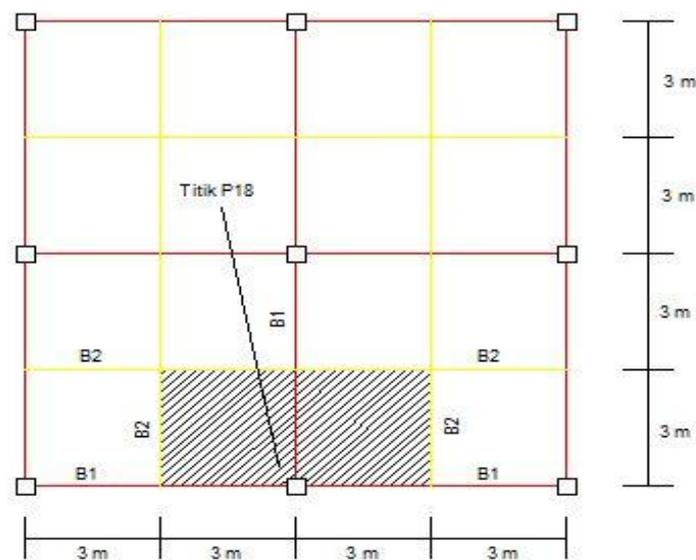
$$\begin{aligned} PL.4 &= 12479.752 \text{ kg} + 9000 \text{ kg} \\ &= 21479,752 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} PL.5 &= 12397,368 \text{ kg} + 9000 \text{ kg} \\ &= 21397,368 \text{ kg} \end{aligned}$$

- ❖ Total beban dari lantai 1 sampai lantai 5 adalah:

$$\begin{aligned}
 P &= PL.1 + PL.2 + PL.3 + PL.4 + PL.5 \\
 &= 21894,96 \text{ kg} + 21641,138 \text{ kg} + 21479,752 \text{ kg} + 21479,752 \text{ kg} + 21397,368 \text{ kg} \\
 &= 107892,97 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

### 3.2.2.1 Di tinjau pada posisi kolom paling tepi (P18)



Gambar 3.6 Area Pembebanan Pada Lantai

- Beban Mati:

$$\begin{aligned}
 W_{B1} &= \text{Berat baja IWF } 350 \times 175 \times 5,5 \times 8 \text{ (kg/m)} \times L \\
 &= 49,60 \text{ kg/m} \times (6\text{m} + 3\text{m}) \\
 &= 446,4 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W_{B2} &= \text{Berat baja IWF } 200 \times 100 \times 5,5 \times 8 \\
 &= 21,33 \text{ kg/m} \times 6\text{m} \times 3\text{m} \\
 &= 383,94 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W_{\text{Plat}} &= (P \times L) \times \text{BJ Beton} \times T \\
 &= (6\text{m} \times 3\text{m}) \times 2400 \text{ kg/m} \times 0,12 \text{ m} \\
 &= 5184 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W_{\text{Plafon}} &= (\text{PxL}) \times (\text{berat plafon} + \text{penggantung } 18) \\
 &= (6\text{m} \times 3\text{m}) \times 18 \text{ kg/m} \\
 &= 324 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

⇒ Total beban mati lantai 1:

$$\begin{aligned}
 W_{\text{DL Lantai 1}} &= W_{\text{KHB } 1} + W_{\text{B1}} + W_{\text{B2}} + W_{\text{Plat}} + W_{\text{Plafon}} \\
 &= 772,59 \text{ kg} + 446,4 \text{ kg} + 383,94 \text{ kg} + 5184 \text{ kg} + 324 \text{ kg} \\
 &= 7110,9 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

⇒ Total beban mati lantai 2:

$$\begin{aligned}
 W_{\text{DL Lantai 2}} &= W_{\text{KHB } 2} + W_{\text{B1}} + W_{\text{B2}} + W_{\text{Plat}} + W_{\text{Plafon}} \\
 &= 5,18,738 \text{ kg} + 446,4 \text{ kg} + 383,94 \text{ kg} + 5184 \text{ kg} + 324 \text{ kg} \\
 &= 6857,078 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

⇒ Total beban mati lantai 3:

$$\begin{aligned}
 W_{\text{DL Lantai 3}} &= W_{\text{KHB } 3} + W_{\text{B1}} + W_{\text{B2}} + W_{\text{Plat}} + W_{\text{Plafon}} \\
 &= 357,352 \text{ kg} + 446,4 \text{ kg} + 383,94 \text{ kg} + 5184 \text{ kg} + 324 \text{ kg} \\
 &= 6695,692 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

⇒ Total beban mati lantai 4:

$$\begin{aligned}
 W_{\text{DL Lantai 4}} &= W_{\text{KHB } 3} + W_{\text{B1}} + W_{\text{B2}} + W_{\text{Plat}} + W_{\text{Plafon}} \\
 &= 357,352 \text{ kg} + 446,4 \text{ kg} + 383,94 \text{ kg} + 5184 \text{ kg} + 324 \text{ kg} \\
 &= 6695,692 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

⇒ Total beban mati lantai 5:

$$\begin{aligned}
 W_{\text{DL Lantai 5}} &= W_{\text{KHB } 5} + W_{\text{B1}} + W_{\text{B2}} + W_{\text{Plat}} + W_{\text{Plafon}} \\
 &= 274,968 \text{ kg} + 446,4 \text{ kg} + 383,94 \text{ kg} + 5184 \text{ kg} + 324 \text{ kg} \\
 &= 6613,308 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

b. Beban hidup

$$\begin{aligned}
 \Rightarrow W_{\text{LL Lantai 1}} &= 250 \text{ kg/m}^2 \times (\text{PxL}) \\
 &= 250 \text{ kg/m}^2 \times (6\text{m} \times 3\text{m}) \\
 &= 4500 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Jadi, P

$$PL.1 = 7110,9 \text{ kg} + 4500 \text{ kg}$$

$$= 11610,9 \text{ kg}$$

$$PL.2 = 6857,078 \text{ kg} + 4500 \text{ kg}$$

$$= 11,357,078 \text{ kg}$$

$$PL.3 = 6695,692 \text{ kg} + 4500 \text{ kg}$$

$$= 11195,692 \text{ kg}$$

$$PL.4 = 6695,692 \text{ kg} + 4500 \text{ kg}$$

$$= 11195,692 \text{ kg}$$

$$PL.5 = 6613,308 \text{ kg} + 4500 \text{ kg}$$

$$= 11113,308 \text{ kg}$$

❖ Total beban dari lantai 1 sampai dengan lantai 5 adalah :

$$P = PL.1 + PL.2 + PL.3 + PL.4 + PL.4 + PL.5$$

$$= 11610,9 \text{ kg} + 11,357,078 \text{ kg} + 11195,692 \text{ kg} + 11195,692 \text{ kg} + 11113,308 \text{ kg}$$

$$= 56472,67 \text{ kg} = 56,473 \text{ Ton}$$

### 3.3 Data-Data Input SAP 2000

a. Beton

$$F'c = 25 \text{ Mpa}$$

$$Ec = 4700 \times \sqrt{F'c} = 25743 \text{ Mpa}$$

b. Baja

$$Fy' = 400 \text{ Mpa}$$

c. Lokasi bangunan = Manado

d. Jenis tanah = Keras

e. Kategori Gedung = Rumah Sakit

f. Tinggi Lantai 1 = 4,5 m

g. Tinggi Lantai 2-5 = 3,80 m

### 3.3.1 Beban-beban

a. Beban Hidup (LL) sesuai dengan PPBBI 1983 pasal 3.3 :

$$1. \text{ Lantai 1- 4 (R.Rumah Sakit)} = 250 \text{ kg/m}^2$$

$$2. \text{ Lantai 5 (Atap)} = 100 \text{ Kg/m}^2$$

Berat sendiri komponen struktur (DL) sudah dihitung secara otomatis oleh SAP berdasarkan input data dimensi dan karakteristik material yang direncanakan. Berikut beban mati tambahan menurut SNI 03-1727-1989.

Beban Mati tambahan (DL) antara sebagai berikut:

$$\text{Dinding bata} = 250 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Keramik} = 24 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Plester (2.5 cm)} = 53 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Beban M.E} = 25 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{Beban plafond} = 18 \text{ kg/m}^2$$

Sehingga beban – beban gravitasi tersebut dapat dirangkum untuk masing – masing Lantai sebagai berikut

$$1. \text{ lantai 1-4} = 250 \text{ kg/m}^2 \text{ (Rumah sakit)}$$

Beban mati tambahan:

$$\text{Keramik} = 24 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Plester (2,5 cm)} = 53 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Beban M.E} = 25 \text{ kg/m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Beban plafon} &= \underline{18 \text{ kg/m}^2} \\ &= 120 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

$$2. \text{ lantai 5}$$

$$\text{Beban hidup} = 100 \text{ kg/m}^2 \text{ (atap)}$$

Beban Mati tambahan:

$$\text{Plester (2.5 cm)} = 53 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Water proofing} = 5 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Beban M.E} = 25 \text{ kg/m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Beban plafon} &= \underline{18 \text{ kg/m}^2} \\ &= 101 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

### 3.4 Menghitung Gaya geser dasar

Tabel 3.1 Berat masing-masing lantai

Lantai	Masa per lantai	g ( Gravitasi )	Berat ( Kg )
STORY 5	50416,06	9,81	494582
STORY 4	50595,07	9,81	496338
STORY 3	50595,07	9,81	496338
STORY 2	5091584	9,81	499484
STORY 1	49850,43	9,81	489033
		W	<b>2.475.773,9</b>

#### 3.4.1 Waktu getar alami

Untuk mencegah penggunaan struktur gedung yang telalu fleksibel nilai waktu getar alami fundamental T dari struktur gedung harus dibatasi, bergantung pada koefisien C untuk wilayah gempa tempat struktur gedung berada dan jumlah tingkatnya n menurut persamaan.

Tabel 3.2 Tabel 8 koefisien pada SNI-1726-2002 yang membatasi waktu Getar alami fundamental struktur gedung.

Wilayah gempa	C
1	0,20
2	0,19
3	0,18
4	0,17
5	0,16
6	0,15

$$\begin{aligned}
 T &= C \cdot n && (24) \\
 &= 0,16 \times 5 \\
 &= 0,8 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

C = Koefisien pengali dari jumlah tingkat sesuai dengan wilayah gempa 0,16 (tabel 8 pada SNI-1726-2002)

### 3.4.2 Gaya Geser dasar nominal

$$V = \frac{C_1 \cdot I}{R} \times Wt \quad (25)$$

$$C_1 = 0,5062$$

$$I = 1$$

$$R = 8.5$$

$$Wt = 2.475.773,9$$

$$V = \frac{0,5062 \times 1}{8.5} \times 2.475.773,9 = 147.439,62 \text{ kg}$$

$C_1$  = Faktor respon Gempa adalah 0,5062 (sesuai zona dan jenis tanah)

$I$  = Faktor Keutamaan I adalah 1 (Tabel 1, hal 12 pada SNI-1726-2002)

$R$  = Faktor Reduksi Gempa adalah 8,5 (Tabel 3, hal 16 pada SNI-1726-2002)

$Wt$  = Berat total gedung, termasuk beban hidup yang sesuai

### 3.4.3 Distribusi gaya geser horizontal gempa

$$F_i = \frac{w_i \cdot z_i}{\sum_{i=1}^n w_i \cdot z_i} \times V \quad (26)$$

$F_i$  = Gempa nominal statik ekuivalen

$W_i$  = Berat lantai tingkat ke – I termasuk beban hidup

$Z_i$  = Ketinggian lantai tingkat ke – I diukur dari taraf penjepitan lateral

$V$  = Gaya geser dasar nominal

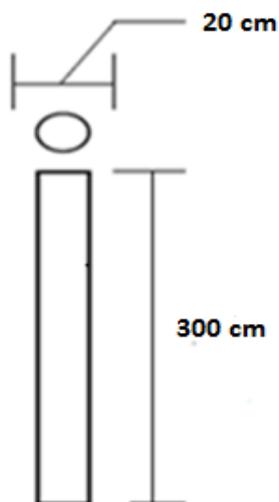
Berikut ini adalah hasil hitungan nilai  $F_i$  dalam arah x dan arah y

Tabel 3.3 Distribusi Gaya Geser Horizontal Gempa

Lantai	Zi ( m )	Wi ( Kg )	Wi . Zi	F <sub>ix,y</sub> ( Kg )	Vi
5	19,7	494.582	9.743.257	47.905	47.905,37
4	15,9	496.338	7.891.768	38.802	86.707,39
3	12,1	496.338	6.005.685	29.529	166.235,98
2	8,3	499.484	4.147.720	20.384	136.619,54
1	4,5	489.033	2.200.647	10.820	<b>147.439,62</b>
	$\Sigma$	<b>2.475.774</b>	<b>29.987.078</b>	<b>147.439,62</b>	

### 3.5 Tinjauan Perhitungan Pondasi

3.5.1 Menghitung kapasitas daya dukung bored pile dari data sondir, Perhitungan di titik P18 (S-2) pada kedalaman bored pile 3,00 meter.



Gambar 3.7 Visualisasi Konstruksi Pondasi Tiang Bor

➤ Perhitungan kapasitas daya dukung ujung tiang

Tabel 3.4 Merupakan hambatan konus berdasarkan laporan penyelidikan pada titik S-2

Kedalaman (meter)	Perlawanan konus kg/cm <sup>2</sup>	Jumlah hambatan perekat (kg/cm)
1,40	10	128
1,60	10	148
1,80	15	168
2,00	20	188
2,20	25	208
2,40	30	228
2,60	40	258
2,80	60	328
3,00	90	428
3,20	130	528
3,40	120	608
3,60	140	688
3,80	250	-

Nilai  $q_c$  diambil rata-rata seperti pada Tabel 3.4

$$q_c = \frac{10+10+15+20+25+30+40+60+90+130+120+140+250}{13}$$

$$= 72,307 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_p = \frac{1}{4} \times \pi \times (D)^2$$

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (20)^2$$

$$= 314 \text{ cm}^2$$

$$K_{II} = \pi \times D$$

$$= 3,14 \times 20$$

$$= 62,8 \text{ cm}$$

Perhitungan kapasitas daya dukung ultimate tiang pada titik P18 menurut Meyerhof adalah sebagai berikut :

$$q_c = 72,307 \text{ kg/cm}^2 \text{ (tahanan ujung sondir pada titik P18 S2 kedalaman 300 m)}$$

$$A_p = 314 \text{ cm}^2 \text{ (luas penampang tiang)}$$

$$JHL = 428 \text{ kg/cm (jumlah hambatan lekat pada sondir titik S-2)}$$

$$K_{II} = 62,8 \text{ cm (keliling tiang)}$$

$$\text{Maka } Q_u = (q_c \times A_p) + (JHL \times K_N)$$

$$= (72,307 \text{ kg/cm}^2 \times 314 \text{ cm}^2) + (428 \text{ kg/cm} \times 62,8 \text{ cm})$$

$$= 22704,398 \text{ kg} + 26878,4 \text{ kg}$$

$$= 49582,798 \text{ kg} = 49,583 \text{ Ton}$$

Factor aman :

$$Q_a = \frac{(72,307 \text{ kg/cm}^2 \times 314 \text{ cm}^2)}{3} + \frac{(428 \text{ kg/cm} \times 62,8 \text{ cm})}{5}$$

$$= 12943,81267 \text{ kg}$$

$$= 12,944 \text{ Ton.}$$

➤ Jumlah tiang yang diperlukan

$$n = \frac{P}{Q_{all}} = \frac{56,473 \text{ ton}}{12,944 \text{ ton}}$$

$$n = 4,363 = 5 \text{ buah pondasi pada titik (P-18)}$$

- Jarak antar bored pile untuk  $S > 2,5 - 3 D$

Jarak minimum antar bored pile =  $2,5 D = 2,5 \times 0,2 = 0,5 \text{ m}$

Jarak maksimum antar bored pile =  $3 D = 3 \times 0,2 = 0,6 \text{ m}$

Diambil : 1) jarak bored pile =  $0,5 \text{ m}$

2) jarak bored pile ketepi =  $0,2 \text{ m}$

- Efisiensi kelompok tiang titik P-18

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

$$q = \arctg \frac{D}{S}$$

$$m = 2$$

$$n = 3$$

$$D = 20 \text{ cm}$$

$$S = 50 \text{ cm}$$

$$\Theta = \arctan \left( \frac{20}{50} \right)$$

$$= 21,80^\circ$$

$$E_g = 1 - 21,80 \times \frac{(3-1)2 + (2-1)3}{90 \cdot 2 \cdot 3}$$

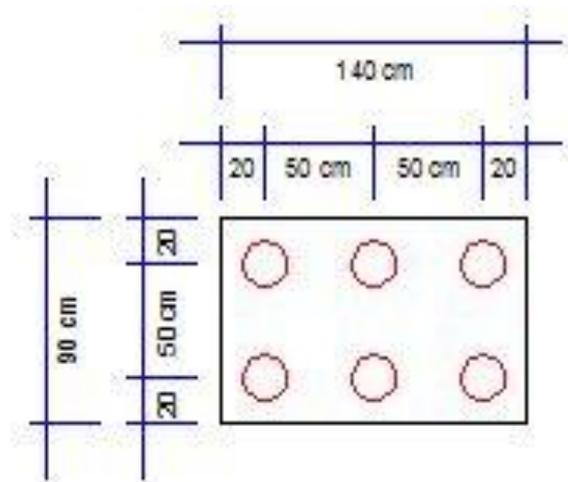
$$E_g = 0,73$$

Daya dukung vertikal kelompok tiang pada titik (P-18) adalah :

=  $E_g \times \text{jumlah bored pile} \times \text{daya dukung tiang}$

=  $0,73 \times 6 \times 12,944$

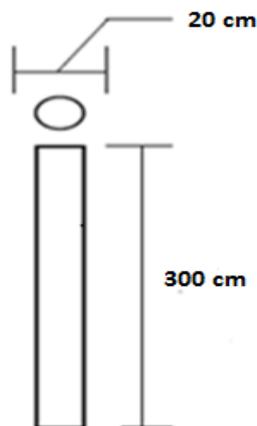
=  $56,694 \text{ Ton} > P_u = 56,473 \text{ Ton (OK) (Pada titik P-18)}$



Gambar 3.8 Dimensi pile cap dan jarak antar tiang bored pile pada titik P-18

### 3.5.2 Menghitung kapasitas daya dukung bored pile dari data sondir, Perhitungan di titik P401 (S-2)

3.5.2.1 Menghitung kapasitas daya dukung bored pile dari data sondir, Perhitungan di titik P401 (S-2) pada diameter 20 cm dan kedalaman bored pile 3,00 meter.



Gambar 3.9 Visualisasi Konstruksi Pondasi Tiang Bor

➤ Perhitungan kapasitas daya dukung ujung tiang

Tabel 3.5 Merupakan hambatan konus berdasarkan laporan penyelidikan pada titik S-2

Kedalaman (meter)	Perlawanan konus kg/cm <sup>2</sup>	Jumlah hambatan perekat (kg/cm)
1,40	10	128
1,60	10	148
1,80	15	168
2,00	20	188
2,20	25	208
2,40	30	228
2,60	40	258
2,80	60	328
3,00	90	428
3,20	130	528
3,40	120	608
3,60	140	688
3,80	250	-

Nilai  $q_c$  diambil rata-rata seperti pada Tabel 3.5

$$q_c = \frac{10+10+15+20+25+30+40+60+90+130+120+140+250}{13}$$

$$= 72,307 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned}
 A_p &= \frac{1}{4} \times \pi \times (D)^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (20)^2 \\
 &= 314 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 K_{II} &= \pi \times D \\
 &= 3,14 \times 20 \\
 &= 62,8 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Perhitungan kapasitas daya dukung ultimate tiang pada titik P401 menurut Meyerhof adalah sebagai berikut :

$$q_c = 72,307 \text{ kg/cm}^2 \text{ (tahanan ujung sondir pada titik P401 S2 kedalaman 300 m)}$$

$$A_p = 314 \text{ cm}^2 \text{ (luas penampang tiang)}$$

$$JHL = 428 \text{ kg/cm (jumlah hambatan lekat pada sondir titik S-2)}$$

$$K_{II} = 62,8 \text{ cm (keliling tiang)}$$

$$\text{Maka } Q_u = (q_c \times A_p) + (JHL \times K_{II})$$

$$= (72,307 \text{ kg/cm}^2 \times 314 \text{ cm}^2) + (428 \text{ kg/cm} \times 62,8 \text{ cm})$$

$$= 22704,398 \text{ kg} + 26878,4 \text{ kg}$$

$$= 49582,798 \text{ kg} = 49,583 \text{ Ton}$$

Factor aman :

$$Q_a = \frac{(72,307 \text{ kg/cm}^2 \times 314 \text{ cm}^2)}{3} + \frac{(428 \text{ kg/cm} \times 62,8 \text{ cm})}{5}$$

$$= 12943,81267 \text{ kg}$$

$$= 12,944 \text{ Ton.}$$

➤ Jumlah tiang yang diperlukan

$$n = \frac{P}{Q_{all}} = \frac{107,893 \text{ ton}}{12,944 \text{ ton}}$$

$$n = 8,335 = 9 \text{ buah tiang pondasi pada titik (P-401)}$$

➤ Jarak antar bored pile untuk  $S > 2,5 - 3 D$

$$\text{Jarak minimum antar bored pile} = 2,5 D = 2,5 \times 0,2 = 0,5 \text{ m}$$

$$\text{Jarak maksimum antar bored pile} = 3 D = 3 \times 0,2 = 0,6 \text{ m}$$

Diambil : 1) jarak bored pile = 0,5 m

2) jarak bored pile ketepi = 0,2 m

➤ Efisiensi kelompok tiang titik P-401

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

$$q = \arctg \frac{D}{S}$$

$$m = 4$$

$$n = 4$$

$$D = 20 \text{ cm}$$

$$S = 50 \text{ cm}$$

$$\Theta = \arctan \left( \frac{20}{50} \right)$$

$$= 21,80^\circ$$

$$E_g = 1 - 21,80 \times \frac{(4-1)2 + (4-1)3}{90 \cdot 4 \cdot 4}$$

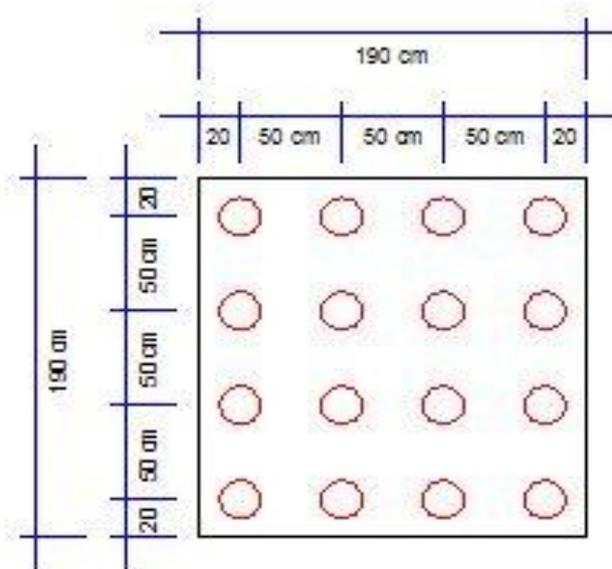
$$E_g = 0,64$$

Daya dukung vertikal kelompok tiang pada titik (P-401) adalah :

=  $E_g$  x jumlah bored pile x daya dukung tiang

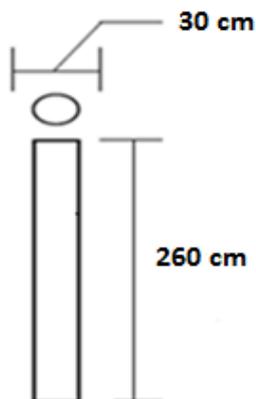
=  $0,64 \times 16 \times 12,944 \text{ ton}$

=  $132,55 \text{ Ton} > P_u = 107,893 \text{ Ton (OK)}$  (Pada titik P-401)



Gambar 3.10 Dimensi pile cap dan jarak antar tiang bored pile pada titik P-401 dengan 16 buah bored pile

3.5.2.2 Menghitung kapasitas daya dukung bored pile dari data sondir, Perhitungan di titik P401 (S-2) pada diameter 30 cm dan kedalaman bored pile 2,60 meter.



Gambar 3.11 Visualisasi Konstruksi Pondasi Tiang Bor

➤ Perhitungan kapasitas daya dukung ujung tiang

Tabel 3.6 Merupakan hambatan konus berdasarkan laporan penyelidikan pada titik S-2

Kedalaman (meter)	Perlawanan konus kg/cm <sup>2</sup>	Jumlah hambatan perekat (kg/cm)
1,40	10	128
1,60	10	148
1,80	15	168
2,00	20	188
2,20	25	208
2,40	30	228
2,60	40	258
2,80	60	328
3,00	90	428
3,20	130	528
3,40	120	608
3,60	140	688
3,80	250	-

Nilai  $q_c$  diambil rata-rata seperti pada Tabel 3.5

$$q_c = \frac{10+25+20+25+15+10+10+10+15+20+25+30+40+60+90+130+120+140+250}{19}$$

$$= 55 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_p = \frac{1}{4} \times \pi \times (D)^2$$

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (30)^2$$

$$= 706,5 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned}
 K_{II} &= \pi \times D \\
 &= 3,14 \times 30 \\
 &= 94,2 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Perhitungan kapasitas daya dukung ultimate tiang pada titik P401 menurut Meyerhof adalah sebagai berikut :

$$q_c = 55 \text{ kg/cm}^2 \text{ (tahanan ujung sondir pada titik P401 S2 kedalaman 2,60 m)}$$

$$A_p = 706,5 \text{ cm}^2 \text{ (luas penampang tiang)}$$

$$JHL = 258 \text{ kg/cm (jumlah hambatan lekat pada sondir titik S-2)}$$

$$K_{II} = 94,2 \text{ cm (keliling tiang)}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Maka } Q_u &= (q_c \times A_p) + (JHL \times K_{II}) \\
 &= (55 \text{ kg/cm}^2 \times 706,5 \text{ cm}^2) + (258 \text{ kg/cm} \times 94,2 \text{ cm}) \\
 &= 38857,5 \text{ kg} + 24303,6 \text{ kg} \\
 &= 63161,1 \text{ kg} = 63,161 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

Factor aman :

$$\begin{aligned}
 Q_a &= \frac{(55 \text{ kg/cm}^2 \times 706,5 \text{ cm}^2)}{3} + \frac{(258 \text{ kg/cm} \times 94,2 \text{ cm})}{5} \\
 &= 17813,22 \text{ kg} \\
 &= 17,813 \text{ Ton.}
 \end{aligned}$$

➤ Jumlah tiang yang diperlukan

$$n = \frac{P}{Q_{all}} = \frac{107,893 \text{ ton}}{17,813 \text{ ton}}$$

$$n = 6,057 = 7 \text{ buah tiang pondasi pada titik (P-401)}$$

➤ Jarak antar bored pile untuk  $S > 2,5 - 3 D$

$$\text{Jarak minimum antar bored pile} = 2,5 D = 2,5 \times 0,3 = 0,75 \text{ m}$$

$$\text{Jarak maksimum antar bored pile} = 3 D = 3 \times 0,3 = 0,9 \text{ m}$$

$$\text{Diambil : 1) jarak bored pile} = 0,75 \text{ m}$$

$$2) \text{ jarak bored pile ketepi} = 0,3 \text{ m}$$

➤ Efisiensi kelompok tiang titik P-401

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

$$q = \arctg \frac{D}{S}$$

$$m = 3$$

$$n = 3$$

$$D = 30 \text{ cm}$$

$$S = 75 \text{ cm}$$

$$\Theta = \arctan \left( \frac{20}{50} \right)$$

$$= 21,80^\circ$$

$$E_g = 1 - 21,80 \times \frac{(3-1)3 + (3-1)3}{90 \cdot 3 \cdot 3}$$

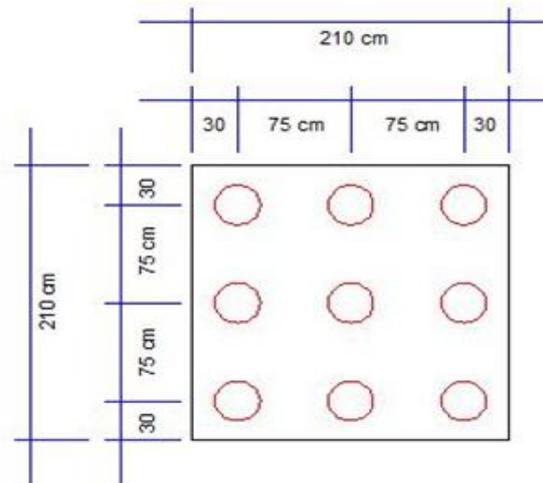
$$E_g = 0,69$$

Daya dukung vertikal kelompok tiang pada titik (P-401) adalah :

=  $E_g$  x jumlah bored pile x daya dukung tiang

=  $0,69 \times 9 \times 17,813 \text{ ton}$

=  $110,619 \text{ Ton} > P_u = 107,893 \text{ Ton}$  (OK) (Pada titik P-401)



Gambar 3.12 Dimensi pile cap dan jarak antar tiang bored pile pada titik P-401 dengan 9 buah bored pile

### 3.6 Daya Dukung Kelompok Tiang untuk titik P18 dan titik P401

Untuk mendapatkan daya dukung yang diijinkan untuk kelompok tiang  $Q_{pg}$ .

Pada Titik P18 adalah 56,694 ton sehingga jumlah tiang yang diperlukan adalah 6 buah tiang sedangkan pada titik P401 adalah 110,619 ton sehingga jumlah tiang yang diperlukan adalah 9 buah tiang.

### 3.7 Metode Pelaksanaan Pondasi Bored Pile di lapangan

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi sangat berperan dalam suatu proyek konstruksi khususnya dalam pengaplikasian metode pelaksanaan pekerjaan konstruksi di lapangan. Penggunaan metode yang tepat, praktis, cepat dan aman, sangat membantu dalam penyelesaian pekerjaan di proyek. Sehingga target waktu, biaya dan mutu sebagaimana yang ditetapkan dapat tercapai.

Tahapan pekerjaan pondasi bore pile adalah sebagai berikut :

a. Persiapan lokasi pekerjaan.

Sebelum pelaksanaan pekerjaan dimulai terlebih dahulu dilakukan pembersihan lokasi dari benda-benda yang dapat menghalangi pekerjaan berlangsung seperti puing-puing bangunan atau konstruksi sebelumnya. Pembersihan dilakukan dengan menggunakan alat berat Excavator untuk mempersiapkan area proyek agar alat-alat berat lain untuk pekerjaan pondasi bisa masuk.



Gambar 3.13 Excavator mempersiapkan areal proyek agar alat berat bisa masuk.

b. Survey Lapangan dan penentuan titik pondasi

Tim surveyor Mengukur dan menentukan posisi titik koordinat *bored pile* dengan bantuan alat *Theodolite* atau *waterpass*.



Gambar 3.14 Mengukur dan menentukan posisi titik koordinat bored pile dengan Bantuan alat Theodolite

c. Pemasangan patok

Setelah dilakukan survey lapangan maka selanjutnya dilakukan pemasangan tanda atau patok berdasarkan titik as pondasi yang telah disurvey.

d. Pemasangan *Stand Pipe/casing*

*Stand pipe* atau *casing* dipasang dengan ketentuan bahwa pusat dari *stand pipe* harus berada pada titik as pondasi yang telah disurvey.

e. Pembuatan drainase dan kolam air

Drainase dan kolam air dibuat sebagai tempat penampungan air bersih untuk pekerjaan pengecoran sekaligus untuk tempat penampungan air bercampur lumpur hasil pengeboran.

f. *Setting* Mesin

Setelah stand pipe dipasang, mata bor sesuai dengan diameter yang ditentukan dimasukkan terlebih dahulu kedalam *stand pipe*, kemudian beberapa buah pelat dipasang untuk memperkuat tanah dasar dudukan mesin, kemudian mesin diposisikan dengan ketentuan sebagai berikut:

1. Mata bor disambung dengan stang pemutar, kemudian mata bor diperiksa apakah sudah benar-benar berada pada pusat / *as stand pipe* (titik pondasi)
2. Posisi mesin harus tegak lurus terhadap lubang yang akan di bor (yang sudah terpasang *stand pipe*), hal ini dapat dicek dengan alat *water pass*.



Gambar 3.15 Pengaturan alat untuk pengeboran

g. Proses Pengeboran (*Drilling Work*)

Setelah letak / posisi mesin sudah benar-benar tegak lurus, maka proses pengeboran dapat dimulai dengan ketentuan sebagai berikut:

1. Pengeboran dilakukan dengan memutar mata bor ke arah kanan, dan sesekali diputar ke kiri untuk memastikan bahwa lubang pengeboran benar-benar mulus,

sekaligus untuk menghancurkan tanah hasil pengeboran supaya larut dalam air agar lebih mudah dihisap.

2. Proses pengeboran dilakukan secara bersamaan dengan proses penghisapan lumpur hasil pengeboran, oleh karena itu air yang ditampung pada kolam air harus dapat memenuhi sirkulasi air yang diperlukan untuk pengeboran.
3. Setiap kedalaman pengeboran  $\pm 3$  meter, dilakukan penyambungan stang bor sampai kedalaman yang diinginkan tercapai.
4. Jika kedalaman yang diinginkan hampir tercapai ( $\pm 1$  meter lagi), maka proses penghisapan dihentikan, sementara proses pengeboran terus dilakukan sampai kedalaman yang diinginkan, selanjutnya stang bor dinaikan sekitar 0,5-1 meter, lalu proses penghisapan dilakukan terus sampai air yang keluar dari selang buang kelihatan lebih bersih ( $\pm 15$  menit).
5. Kedalaman pengeboran diukur dengan meteran pengukuran kedalaman, jika kedalaman yang diinginkan belum tercapai maka proses pada langkah ke-4 dilakukan kembali. Jika kedalaman yang diinginkan sudah tercapai maka stang bor boleh diangkat dan dibuka.



Gambar 3.16 Proses Pengeboran Menggunakan Mesin Bor



Gambar 3.17 Mata Bor yang Dipakai

#### h. Penulangan

Tulangan yang digunakan telah tersedia terlebih dahulu sebelum pengeboran dilakukan, sehingga begitu proses pengeboran selesai, langsung dilakukan pemasangan tulangan, hal ini dilakukan untuk menghindari terjadinya kelongsoran dinding lubang yang sudah selesai dibor.

Proses pemasangan tulangan dilakukan sebagai berikut:

1. Posisi *crane* harus benar-benar diperhatikan, sehingga tulangan yang dimasukkan benar-benar tegak lurus terhadap lubang bor, dan juga pada waktu pengecoran tidak menghalangi jalan masuk truck mixer.
2. Pada tulangan diikatkan dua buah sling, satu buah pada ujung atas tulangan dan satu buah lagi pada bagian sisi memanjang tulangan. Pada bagian dimana sling diikat, ikatan tulangan spiral dengan tulangan utama diperkuat (bila perlu dilas), sehingga pada waktu tulangan diangkat, tulangan tidak rusak. Pada setiap sambungan sebaiknya dilas, karena pada proses pengecoran, sewaktu pipa tremi dinaikkan dan diturunkan kemungkinan dapat mengenai sisi tulangan yang dapat menyebabkan sambungan tulangan lepas dan tulangan terangkat ke atas.
3. Tulangan diangkat dengan menggunakan dua *hook crane*, satu pada sling bagian ujung atas dan satu lagi pada bagian sisi memanjang, pengangkatan dilakukan dengan menarik *hook* secara bergantian sehingga tulangan benar-benar lurus, dan

setelah tulangan terangkat dan sudah tegak lurus dengan lubang bor, kemudian dimasukkan pelan-pelan ke dalam lubang, posisi tulangan terus dijaga supaya tidak menyentuh dinding lubang bor dan posisinya harus benar-benar ditengah / dipusat lubang bor.

4. Jika level yang diinginkan berada dibawah permukaan tanah, maka digunakan besi penggantung.
5. Setelah tulangan dimasukkan, kemudian pipa tremi dimasukkan. Pipa tremi disambung-sambung untuk memudahkan proses instalasi dan juga untuk memudahkan proses instalasi dan juga untuk memudahkan pemotongan tremi pada waktu pengecoran, ujung pipa tremi berjarak antara 25 cm - 50 cm dari dasar lubang pondasi, jika jaraknya kurang dari 25 cm maka pada saat pengecoran beton lambat keluar dari tremi, sedangkan jika jaraknya lebih 50 cm maka pada saat pertama kali beton keluar dari tremi akan terjadi pengenceran karena bercampur dengan air pondasi, pada bagian ujung atas pipa tremi disambung dengan corong pengecoran.



Gambar 3.18 Penyambungan tulangan pondasi



Gambar 3.19 Kondisi lubang pondasi yang telah siap di cor

i. Proses Pengecoran

Proses pengecoran di lapangan dilakukan dengan *Ready Mix Concrete*. Harus segera dilakukan setelah instalasi tulangan dan pipa tremi selesai, guna menghindari kemungkinan terjadinya kelongsoran pada dinding lubang bor. Oleh karena itu pemesanan *ready mix concrete* harus dapat diperkirakan waktunya dengan waktu pengecoran.

Proses pengecoran dilakukan dengan ketentuan sebagai berikut:

1. Pipa tremi dinaikkan setinggi 25-50 cm di atas dasar lubang bor, air dalam pipa tremi dibiarkan dulu stabil, kemudian dimasukkan bola karet atau mangkok karet yang diameternya sama dengan diameter dalam pipa tremi, yang berfungsi untuk menekan air campur ke dasar lubang sewaktu beton dituang pertama sekali, sehingga beton tidak tercampur dengan lumpur.
2. Pada awal pengecoran, penuangan dilakukan lebih cepat, hal ini dilakukan supaya bola karet atau mangkok karet dapat benar-benar menekan air bercampur lumpur di dalam pipa tremi, setelah itu penuangan distabilkan sehingga beton tidak tumpah dari corong.

3. Jika beton dalam corong penuh, pipa tremi dapat digerakkan naik turun dengan syarat pipa tremi yang tertanam dalam beton minimal 1 meter pada saat pipa tremi dinaikan. Jika pipa tremi yang tertanam dalam beton terlalu panjang, hal ini dapat memperlambat proses pengecoran, sehingga perlu dilakukan pemotongan pipa tremi dengan memperhatikan syarat bahwa pipa tremi yang masih tertanam dalam beton minimal 1 meter.
4. Proses pengecoran dilakukan dengan mengandalkan gaya gravitasi bumi, posisi pipa tremi harus berada pada pusat lubang bor, sehingga tidak merusak tulangan atau tidak menyebabkan tulangan terangkat pada saat pipa tremi digerakkan naik turun.
5. Pengecoran dihentikan 0,5-1 meter di atas batas beton bersih, sehingga kualitas beton pada batas beton bersih benar-benar terjamin ( bebas dari lumpur ).
6. Setelah pengecoran selesai dilakukan, pipa tremi diangkat dan dibuka, serta dibersihkan. Batas pengecoran diukur dengan meteran kedalaman.



Gambar 3.20 Truk readymix saat melakukan pengecoran pondasi bore pile

## **BAB IV**

### **PENUTUP**

#### **4.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisa pada bab sebelumnya, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Diameter pondasi bored pile pada titik P18 adalah 20 cm dengan kedalaman tiang 3,00 m dan diameter pondasi pada titik P401 adalah 30 cm, dengan kedalaman tiang 2,60 m.
2. Daya dukung tiang pada titik P18 adalah 12,944 ton sedangkan daya dukung tiang pada titik P401 adalah 17,813 ton
3. Jumlah tiang pada titik P-18 adalah 6 buah tiang bored pile dan pada titik P-401 adalah 9 buah tiang bored pile.
4. Daya dukung kelompok tiang pada titik P18 adalah 56,694 ton sedangkan daya dukung tiang pada titik P401 adalah 110,619 ton. Dengan perbandingan pada titik P18 adalah  $56,694 \text{ ton} > P_u = 56,473 \text{ ton}$  (OK) dan pada titik P401 adalah  $110,619 \text{ ton} > P_u = 107,893 \text{ ton}$  (OK)

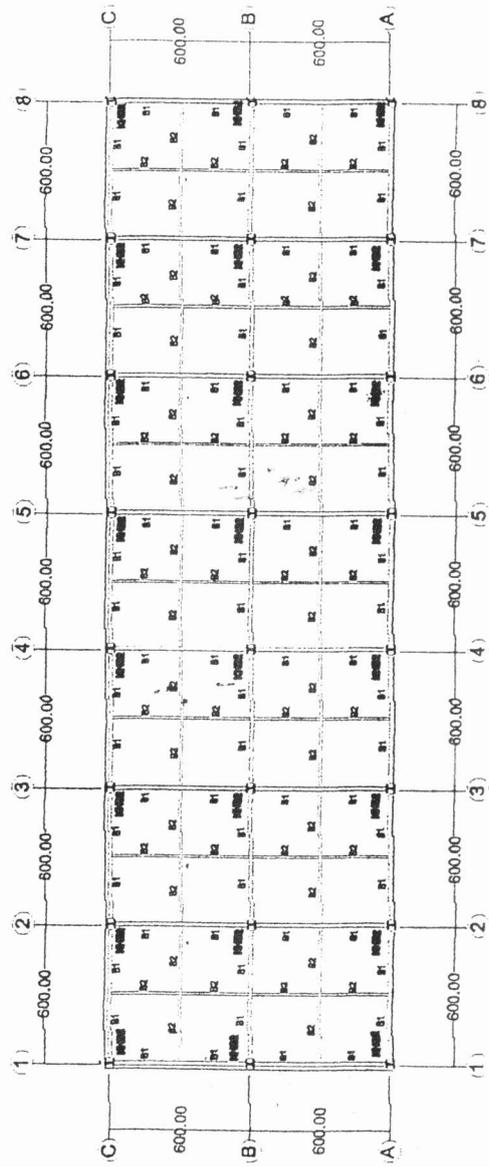
#### **4.2 Saran**

Berdasarkan hasil analisa dalam tugas akhir ini, maka disarankan beberapa hal berikut:

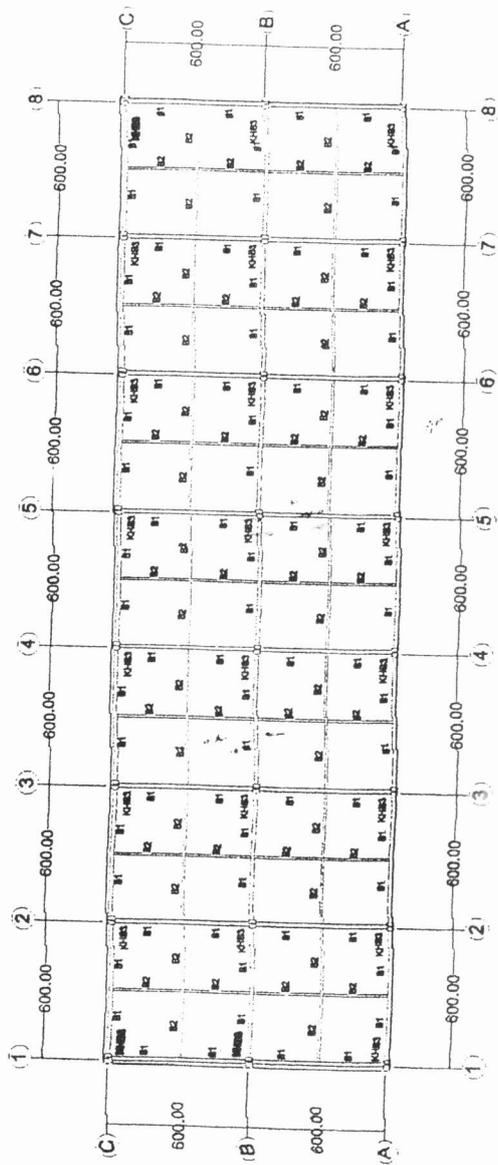
1. Diperlukan ketelitian dalam melakukan perhitungan agar tidak mendapatkan hasil yang keliru.
2. Ikuti semua tahapan konstruksi proses manajemen proyek. Karena Keberhasilan suatu proyek konstruksi dalam mencapai tujuan proyek sangat bergantung pada proses manajemen yang berlangsung didalam proyek tersebut.
3. Perencanaan, pelaksanaan dan pengawasan yang baik akan menghasilkan suatu konstruksi yang berkualitas baik.
4. Ada baiknya perencanaan pondasi tidak hanya berdasarkan data sondir saja, namun menggunakan data laboratorium sebagai pembanding demi keakuratan hasil akhir.
5. Selalu mengutamakan keselamatan kerja.

## SUMBER

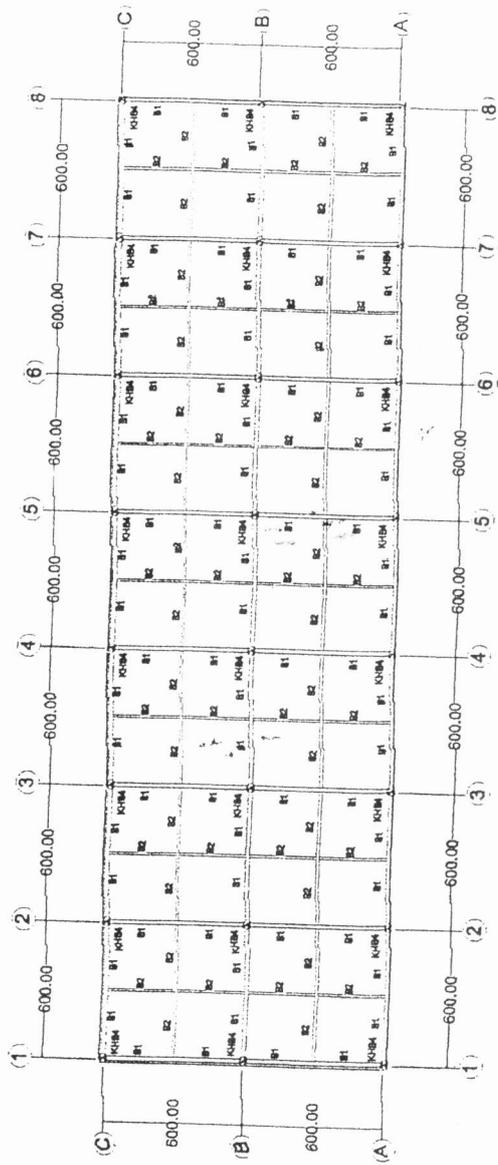
- Departemen Pekerjaan Umum. 1983. *Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG)*, Ditjen Cipta Karya Direktorat Penyelidikan. Bandung
- Departemen Pekerjaan Umum. SNI 03-1729-2002. *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung*
- Girsang, P. 2009. Tugas Akhir: “*Analisa Daya Dukung Pondasi Bored Pile Tunggal Pada Proyek Pembangunan Gedung Crystal Square*”. Medan Universitas Sumatera Utara
- Gunawan, R. (1983). *Pengantar Teknik pondasi*, Penerbit Kanisius. Yogyakarta
- <http://www.scribd.com/doc/117186816/Desain-Bored-Pile#scribd>
- <http://arsitekdanipil.blogspot.com/2014/06/cara-pelaksanaan-pondasi-bore-pile.html>
- P. A. Galeh, “*Perencanaan Pondasi Tiang Bor Pada Proyek Gedung Menara Palma*”, Universitas Gunadarma, Jakarta
- Pamungkas, A. Harianti, E, (2013), *Desain Pondasi Tahan Gempa*. Yogyakarta
- Poluan, Zwingly. 2014. **Tugas Akhir**“*Desain pondasi Pada Proyek Pembangunan Golden Kawanua*”, Politeknik Negeri Manado. Manado
- SNI 03-2847-2002 Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung
- Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan. 1984. *Peraturan Perencanaan Bangunan Baja Indonesia (PPBBI)*



DENAH L.T. 2  
 3000  
 1:200



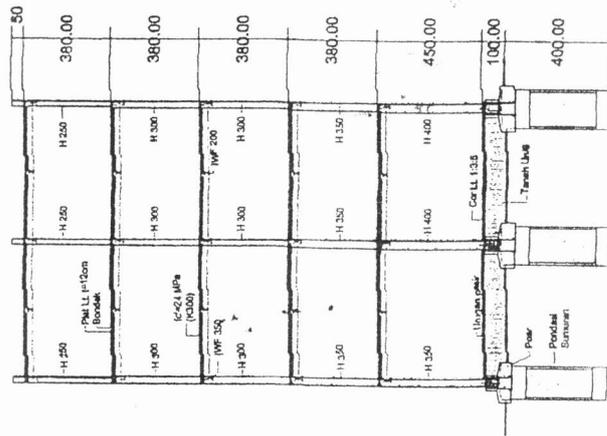
DENAH LT. 3-4  
 3/4  
 1:20



DENAH LT. 5  
 1:200

4





**POTONGAN MELINTANG**  
 1:200

## LEMBAR PENGESAHAN

Yang bertanda tangan di bawah ini, Dosen Pembimbing, Koordinator Tugas Akhir dengan Ketua Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Manado.

Dengan ini menyatakan bahwa mahasiswa :

**Nama** : Edward Z. Halibu

**NIM** : 11 012 023

Telah menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan Judul:

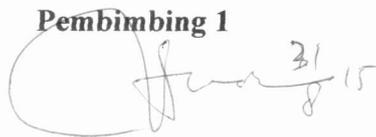
**“PERENCANAAN PONDASI BORED PILE DAN METODE PELAKSANAAN PADA PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG RSJ PROF Dr. V.L. RATUMBUYSANG MANADO”**

Selanjutnya telah siap diseminarkan .

Manado, 31 Agustus 2015

Dosen Pembimbing

**Pembimbing 1**



**Sudarno, ST., MT**  
NIP. 19650116 199003 1 002

**Pembimbing 2**



**Nixon S. Mantiri, ST., MT**  
NIP. 19681115 200212 1 001

**Disetujui**

**Koordinator Tugas Akhir**



**Ir. Jeanely Rangkang, M.Eng.Sc**  
NIP. 19621115 199303 2 002

**Mengetahui**

**Ketua Jurusan Teknik Sipil**

 **Ir. Donny Royke Taju, MT**  
NIP. 19591003 198903 1 002

## LEMBAR PENGESAHAN

Yang bertanda tangan di bawah ini, Dosen Pembimbing, Koordinator Tugas Akhir dengan Ketua Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Manado.

Dengan ini menyatakan bahwa mahasiswa :

**Nama** : Edward Z. Halibu

**NIM** : 11 012 023

Telah menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan Judul:

**“PERENCANAAN PONDASI BORED PILE DAN METODE PELAKSANAAN PADA  
PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG RSJ PROF DR. V.L. RATUMBUYSANG  
MANADO”**

Selanjutnya telah diterima dan disetujui oleh Panitia Tugas Akhir.

Manado, September 2015

Dosen Pembimbing

**Pembimbing 1**

**Sudarno, ST., MT**  
NIP. 19650116 199003 1 002

**Pembimbing 2**

  
**Nixon S. Mantiri, ST., MT**  
NIP. 19681115 200212 1 001

**Disetujui**

**Koordinator Tugas Akhir**

  
**Ir. Jeanelly Rangkang, M.Eng.Sc**  
NIP. 19621115 199303 2 002

**Mengetahui**

**Ketua Jurusan Teknik Sipil**

  
**Ir. Donny Royke Taju, MT**  
NIP. 19591003 198903 1 002

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
 POLITEKNIK NEGERI MANADO  
 JURUSAN TEKNIK SIPIL  
 PROGRAM STUDY DIPLOMA IV – KONSTRUKSI BANGUNAN GEDUNG

**LEMBAR ASISTENSI  
 TUGAS AKHIR**

Nama : Edward Z. Halibu  
 NIM : 11 012 023  
 Judul : Perencanaan Dan Metode Pelaksanaan Pondasi Bore Pile Pada  
 Proyek Pembangunan Gedung RSJ Prof Dr. V. L.  
 Ratumbusang Manado.

Tanggal	Uraian	Paraf Dosen Pembimbing
22/5/15	- perbachi di perbachi uscher. - Lina	A
28/5/15	- dasar teori tgg Rumus us di pakai dan pendelutaga	A
8/6/2015	- Uraian di perbachi	A
23/6/2015	- Cari data sendiri - hitz perbachi gaya di hitz pondasi	A
10/8/2015	- Alesapi perbachi. - Buat Metode pelaksanaan.	A

Manado,.....2015

**DOSEN PEMBIMBING**



Sudarno ST, MT  
 NIP.19650116 199003 1 002



Nixon S. Mantiri, ST., MT  
 NIP.19681115 200212 1 001

**LEMBAR ASISTENSI  
 TUGAS AKHIR**

Nama : Edward Z. Halibu  
 NIM : 11 012 023  
 Judul : Perencanaan Pondasi Bored Pile Dan Metode Pelaksanaan  
 Pada Proyek Pembangunan Gedung RSJ Prof Dr. V.L.  
 Ratumbusang Manado

Tanggal	Uraian	Paraf Dosen Pembimbing
20/8/15	- perhitungan $\phi$ dan $b$ tiap tumpuan pada pondasi yg di rencanakan - perbaikan perhitungan pondasi - metode pelaksanaan di perbaikan - Kumpulan di perbaikan - daftar pustaka - gambar proyek	
24/8/2015	- Daftar isi lengkap - Kumpulan di lengkapi - write up ter akhir - Selesai	

Manado,.....2015

**DOSEN PEMBIMBING**



Sudarno ST, MT  
 NIP.19650116 199003 1 002



Nixon S. Mantiri, ST., MT  
 NIP. 19681115 200212 1 001

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
POLITEKNIK NEGERI MANADO  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
PROGRAM STUDY DIPLOMA IV – KONSTRUKSI BANGUNAN GEDUNG

**LEMBAR ASISTENSI**  
**TUGAS AKHIR**

Nama : Edward Z. Halibu  
NIM : 11 012 023  
Judul : Perencanaan Pondasi Bored Pile Dan Metode Pelaksanaan  
Pada Proyek Pembangunan Gedung RSJ Prof Dr. V.L.  
Ratumbusang Manado

Tanggal	Uraian	Paraf Dosen Pembimbing
	<p>cf pembatasan: Data teknis yg dibutuhkan y perencanaan yg dicantumkan &amp; blm ada informasi besaran peramping</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Metode pelaksanaan hrs dikuasai secara teinci</li><li>- Kesimpulan &amp; saran diperbaiki</li><li>- lanjut!</li><li>- Informasi gbr ditampilkan jelas!</li><li>- Penggambaran detail hrs dikuasai</li><li>- Metode pelaksanaan dikuasai tahapan demi tahapan</li></ul>	<p> </p>

Manado, .....2015

**DOSEN PEMBIMBING**

  
**Sudarno ST, MT**  
NIP. 19650116 199003 1 002

  
**Nixon S. Mantiri, ST., MT**  
NIP. 19681115 200212 1 001

**BUKTI SELESAI KONSULTASI PERBAIKAN TUGAS AKHIR**

Nama : Edward Z. Hatibu  
 NIM : 11.012.023  
 Program Studi : D-IV KEG  
 Judul : Perencanaan Pondasi Bored pile dan Metode pelaksanaan  
 Pada proyek pembangunan gedung RS Prof Dr. V. L  
 Retnubiyang Manado.

No	Nama	Jabatan	Tgl. Selesai Konsultasi	TandaTangan
1	Fery Sardaly	Ketua/Penguji	10/9-15	1. 
2	Ever Seat	Anggota/Penguji	11/9-15	2. 
3	—	Anggota/Penguji	—	3. —
4	Nixon M.	Anggota/Penguji/Pembimbing	—	4. 
5	—	Anggota/Penguji/Pembimbing	—	5. —

Manado, 2015  
 Ketua Panitia Penguji Tugas Akhir,

  
 F. Sardaly

NIP. 196609 071990 03 1003

**KEPUTUSAN**  
**DIREKTUR POLITEKNIK NEGERI MANADO**  
NOMOR : 2721/PL12/AK/2014

**TENTANG**

**PENETAPAN**  
**DOSEN PEMBIMBING TUGAS AKHIR MAHASISWA**  
**PROGRAM STUDI D-IV KONSTRUKSI BANGUNAN GEDUNG JURUSAN TEKNIK SIPIL**  
**POLITEKNIK NEGERI MANADO**  
**TAHUN AKADEMIK 2014/2015**

**DIREKTUR POLITEKNIK NEGERI MANADO**

- Membaca : Surat Ketua Jurusan Teknik Sipil Nomor : 368/PL12.3/AK/2015 tanggal 11 Mei 2015 perihal Surat Penunjukan Dosen Pembimbing Tugas Akhir Mahasiswa Program Studi D-IV Konstruksi Bangunan Gedung Teknik Sipil Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Manado Tahun Akademik 2014/2015;
- Menimbang : a. Bahwa untuk kelancaran pelaksanaan penyusunan Tugas Akhir Mahasiswa Program Studi D-IV Konstruksi Bangunan Gedung Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Manado Tahun Akademik 2014/2015 perlu ditetapkan Dosen Pembimbing;  
b. Bahwa mereka yang nama-namanya tercantum dalam lampiran Keputusan ini dinilai memenuhi syarat sebagai Dosen Pembimbing Tugas Akhir Mahasiswa Program Studi D-IV Konstruksi Bangunan Gedung Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Manado Tahun Akademik 2014/2015 ;  
c. Bahwa sehubungan dengan hal tersebut pada butir (a) dan (b) diatas perlu diterbitkan Keputusan Direktur ;
- Mengingat : 1 Undang – Undang Nomor 20 Tahun 2003;  
2 Undang – Undang Nomor 12 Tahun 2012;  
3 Undang – Undang Nomor 5 Tahun 2014;  
4 Kepmendiknas Nomor 139/0/2002;  
5 Permendiknas Nomor 21 Tahun 2005;  
6 Kepmendikbud Nomor 184/MPK.A4/KP/2012;

**MEMUTUSKAN**

- Menetapkan :  
Pertama : Nama-nama sebagaimana yang tercantum dalam lampiran Keputusan ini ditetapkan sebagai pembimbing Tugas Akhir bagi Mahasiswa Program Studi D-IV Konstruksi Bangunan Gedung Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Manado Tahun Akademik 2014/2015.
- Kedua : Dosen Pembimbing bertugas :  
1. Melaksanakan kegiatan pembimbingan kepada mahasiswa selama proses penyusunan Tugas Akhir berlangsung sampai dengan penyusunan laporan serta evaluasi;  
2. Melakukan koordinasi dengan Panitia Pelaksana Tugas Akhir Mahasiswa  
3. Melaporkan hasil pelaksanaan Tugas Akhir Mahasiswa kepada Ketua Jurusan Teknik Sipil.
- Ketiga : Semua biaya yang dikeluarkan sebagai akibat dari Keputusan ini dibebankan pada anggaran yang tersedia untuk itu.
- Keempat : Keputusan ini berlaku sejak tanggal ditetapkan dengan ketentuan akan diadakan perubahan seperlunya apabila ternyata dikemudian hari terdapat kekeliruan dalam penetapan ini.

Keputusan ini disampaikan kepada yang bersangkutan untuk diketahui dan dipergunakan sebagaimana mestinya.



Tembusan:

1. Pembantu Direktur I, II, III, & IV
2. Ketua Jurusan Teknik Sipil
3. Kepala – Kepala Bagian
4. Yang bersangkutan untuk diketahui dan dilaksanakan
5. Arsip.

Lampiran Keputusan Direktur Politeknik Negeri Manado

Nomor : 2721/PL12/AK/2015

Tanggal : 04 Agustus 2015

Tentang : **Penetapan Dosen Pembimbing Tugas Akhir Mahasiswa Program Studi D-IV Konstruksi Bangunan Gedung Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Manado Tahun Akademik 2014/2015**

**SEMESTER VIII A**

NO.	NAMA MAHASISWA	NIM	DOSEN PEMBIMBING
1	Triwinata Maryadi	11012001	Noldie E. Kondo, ST., MT
			Joseph Sumajouw, ST., MT
2	Norina Gombo	11012003	Dr. Debby Willar, ST., M.Eng.Sc
			Mycle Wala, ST., MT
3	Vindy Prisilya Kiriw	11012005	Mario Moningka, ST., MT
			Ir. Charles Sulangi, MIT
4	Christian Lakada	11012008	Ir. Jeanely Rangkang, M.Eng.Sc
			Daisy D.G. Pangemanan, ST.,MT, M.Si
5	Sulistyo Damopolii	11012009	Ir. Jemmy J. Rangan, MT
			Sudarno, ST., MT
6	Dewi S.Bolantinuhe	11012011	Ir. Ever N. Slat, MT
			Ir. Syuultje Dowa, MT
7	Ronald Hai Kareth	11012013	Ir. Franky R. Tombokan, M.Eng
			Ir. Dirk J. Ombuh, MT
8	Ferdo N. Makaudis	11012015	Ir. Syuultje Dowa, MT
			Ir. Jeanely Rangkang, M.Eng.Sc
9	Stevi E. Makahanap	11012016	Ir. Donny R. Taju, MT
			Mycle Wala, ST., MT
10	Jery Mamaghe	11012018	Estrelita V. Y. Waney, ST.,M.Eng,Mgmt
			Helen G. Mantiri, SST., MT
11	Wibowo P.Mokodompit	11012020	Ir. Chris Hombokau, MT
			Dr. Tampanatu P. F. Sompie, ST., M.Eng Mgmt
12	Rio Christian David	11012024	Ir. Ever N. Slat, MT
			Olivia Moningka, ST., M.Ars
13	Charlie R.R. Derek	11012030	Joseph Sumajouw, ST., MT
			Ir. Charles Sulangi, MIT
14	Richard Sinco Tenau	11012032	Sherley Runtunuwu, ST., MT
			Djoige Onibala, ST., MT
15	Justitia Pontolowokang	11012033	Rudolf E.G. Mait, ST., MT
			Syanne Pangemanan, ST.,M.Eng
16	Andika Blongkot	11012037	Estrelita V. Y. Waney, ST.,M.Eng,Mgmt
			Pendekar T. Lonan, ST., MT
17	Brian Valentino Ombuh	11012044	Ir. Julius E. Tenda, MT
			Helen G. Mantiri, SST., MT
18	Erham Bin Muhammad	11012052	Ir. Enteng J. Saerang, MT
			Geertje E. Kandiyoh, ST.,M.Eng
19	Christian D.Nimot	11012053	Ir. Enteng J. Saerang, MT
			Ir. Chris Hombokau, MT
20	Lucky Tamapedung	9012020	Dr. Rilya Rumbayan, ST., M.Eng
			Nixon S. Mantiri, ST., MT

**SEMESTER VIII B**

NO.	NAMA MAHASISWA	NIM	DOSEN PEMBIMBING
1	Muhamad Nur Kholis	11012002	Noldie E. Kondo, ST., MT
			Pendekar T. Lonan, ST., MT
2	Ahmad Malo	11012004	Dr. Debby Willar, ST., M.Eng.Sc
			Ir. Bambang P. Widodo, MT

3	Priangga Pantow	11012006	Sherley Runtuuwu, ST.,MT Noldie E. Kondo, ST., MT
4	Cicilia Mantiri	11012007	Ir. Jeanely Rangkang, M.Eng,Sc Ir. Enteng J. Saerang, MT
5	Brenda Kandijoh	11012010	Seska Nicolaas, ST., MT Hendrie J. Palar, ST., MT
6	Syahreza Haruna	11012014	Ir. Dirk J. Ombuh, MT Deyke Mandang, ST
7	Alfian Arundaa	11012017	Ir. Syuultje Dowa, MT Syanne Pangemanan, ST., M.Eng
8	Iga Djenethe Mandagi	11012019	Rudolf E.G. Mait, ST., MT Dr. Tampanatu P. F. Sompie, ST., M.Eng,Mgmt
9	Marselius L.Aloo	11012021	Ir. Ever N. Slat, MT Daisy D.G. Pangemanan, ST.,MT, M.Si
10	Kumiawan Adam	11012022	Geertje E. Kandiyoh, ST.,M.Eng Ir. Dirk J. Ombuh, MT
11	Edward Z.Halibu	11012023	Sudarno, ST., MT Nixon S. Mantiri, ST., MT
12	Ardi Longdong	11012025	Dr. Rilya Rumbayan, ST., M.Eng Ahmad Y. Abas, ST., MT
13	Farly Reiner Naray	11012026	Mario Moningka, ST., MT Daisy D.G. Pangemanan, ST.,MT, M.Si
14	Rio Rocki Botto	11012028	Ir. Enteng J. Saerang, MT Dr. Debby Willar, ST., M.Eng.Sc
15	Juli	11012034	Ir. Julius E. Tenda, MT Syanne Pangemanan, ST.,M.Eng
16	Silvister O.Gedoan	11012036	Rudolf E.G. Mait, ST., MT Ir. Franky R. Tombokan, M.Eng
17	Rahmat H. Patingki	11012038	Sandry Sengkey, ST., MT Ir. Barakati K. Manginsihi, MT
18	Rendy S.Makalalag	11012040	Ir. Donny R. Taju, MT Estrelita V. Y. Waney, ST.,M.Eng,Mgmt
19	Jendry I Budiman	11012043	Ir. Julius E. Tenda, MT Shirley Runtuuwu, ST., MT
20	Claudio B. Irot	11012045	Ir. Julius E. Tenda, MT Rudolf E.G. Mait, ST., MT
21	Hesly E. Linuh	11012046	Dr. Rilya Rumbayan, ST., M.Eng Ahmad Y. Abas, ST., MT
22	Maya Malina	11012048	Sudarno, ST., MT Ir. Barakati K. Manginsihi, MT
23	Febrian Bill Baureh	11012051	Mario Moningka, ST., MT Ir. Bambang P. Widodo, MT
24	Vain Podungge	11012054	Seska Nicolaas, ST., MT Ir. Charles Sulangi, MIT
25	Briankly Tengku	10012054	Sandry Sengkey, ST., MT Ir. Chris Hombokau, MT



DIREKTUR,

JEMMY JULLES RANGAN

NIP. 19570604 198903 1001

**KEPUTUSAN**  
**DIREKTUR POLITEKNIK NEGERI MANADO**  
NOMOR : 3169/PL.12/AK/2015

Tentang

**PENETAPAN PANITIA SEMINAR UJIAN TUGAS AKHIR MAHASISWA**  
**PROGRAM STUDI D-IV KONSTRUKSI BANGUNAN GEDUNG JURUSAN TEKNIK SIPIL**  
**POLITEKNIK NEGERI MANADO**  
**TAHUN AKADEMIK 2014/2015**

**DIREKTUR POLITEKNIK NEGERI MANADO**

- Menimbang : a. Bahwa Edward Z. Halibu NIM : 11012023 adalah Mahasiswa Program Studi D-IV Konstruksi Bangunan Gedung Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Manado telah memenuhi persyaratan menyelesaikan Tugas Akhir ;
- b. Bahwa sehubungan dengan hal tersebut di atas, perlu menetapkan Panitia Seminar Ujian Tugas Akhir Mahasiswa Program Studi D-IV Konstruksi Bangunan Gedung Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Manado dan menetapkan Anggota Panitia/Penguji;
- c. Bahwa sehubungan dengan hal tersebut pada butir (a) dan (b) di atas perlu diterbitkan Keputusan Direktur;
- Mengingat : 1 Undang – Undang Nomor 20 Tahun 2003;
- 2 Undang – Undang Nomor 12 Tahun 2012;
- 3 Undang – Undang Nomor 5 Tahun 2014;
- 4 Kepmendiknas Nomor 139/0/2002;
- 5 Permendiknas Nomor 21 Tahun 2005;
- 6 Kepmendikbud Nomor 184/MPK.A4/KP/2012;

**MEMUTUSKAN**

- Menetapkan :  
PERTAMA : Menetapkan personalia di bawah ini sbb :
- Pengarah** : Ir. Jemmy J. Rangan, MT  
**Ketua / Penguji** : Fery Sondakh, ST., MT  
**Anggota / Penguji** : Ir. Ever N. Slat, MT  
**Anggota / Pembimbing** : Nixon Mantiri, ST., MT
- Sebagai Panitia Seminar Ujian Tugas Akhir Program Studi D-IV Konstruksi Bangunan Gedung Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Manado Tahun Akademik 2014/2015.
- KEDUA : Nama-nama sebagaimana yang tersebut pada dictum pertama dalam keputusan ini bertugas melaksanakan pengujian atas Tugas Akhir kepada mahasiswa yang tersebut dibawah ini :
- Nama** : Edward Z. Halibu  
**NIM** : 11012023  
**Sesuai judul Tugas Akhir** : **Perencanaan Pondasi Bored Pile Dan Metode Pelaksanaan Pada Proyek Pembangunan Gedung RSJ. Prof. Dr. V. L. Ratumbusang Manado**
- KETIGA : Melaporkan penyelenggaraan kegiatan yang terkait, kepada Direktur Politeknik Negeri Manado melalui Ketua Jurusan Teknik Sipil.
- KEEMPAT : Semua biaya yang dikeluarkan sebagai akibat dari Keputusan ini dibebankan pada anggaran yang tersedia untuk itu.
- KELIMA : Keputusan ini berlaku sejak tanggal ditetapkan dengan ketentuan akan diadakan perubahan seperlunya apabila ternyata dikemudian hari terdapat kekeliruan dalam penetapan ini.

Keputusan ini disampaikan kepada yang bersangkutan untuk diketahui dan dipergunakan sebagaimana mestinya.

Ditetapkan di : Manado  
Pada tanggal : 07 September 2015

  
DIREKTUR,  
  
**JEMMY JULLES RANGAN**  
NIP. 19570604 198903 1 001

Tembusan:

1. Pembantu Direktur I, II, III & IV
2. Ketua Jurusan Teknik Sipil
3. Kepala - Kepala Bagian
4. Yang bersangkutan untuk diketahui dan dilaksanakan
5. Arsip

# MULTI TEKNIK

## SPECIALIST CIVIL MATERIAL TESTING & CIVIL WORKS

Perumahan Poligriya Permai Blok F no.19  
Jl. Politeknik Ds. Buha Kecamatan Mapanget, Manado  
Telp. 0431-3318870, HP. : 082189498882, email ferysondakh@yahoo.com

### BACAAN SONDIR

Proyek : **Pengadaan Konst/Pembelian Ged.Rumah Sakit** Tanggal : 24 Oktober 2014  
Lokasi : **RS.Jiwa Prof.Dr.V.L.Ratumbusang** Dikerjakan : Enco, dkk  
Titik : S-1 Diperiksa : Fery

Kedalaman (m)	Hambatan Konus (kg/cm <sup>2</sup> )	Jumlah Hambatan (kg/cm <sup>2</sup> )	Hambatan Pelekat (kg/cm <sup>2</sup> )	Friction (kg/cm)	Jumlah Hambatan Pelekat (kg/cm)	Hambatan Setempat (kg/cm <sup>2</sup> )	Friction Ratio (%)
0,00	0	0	0	0	0	0	0,00
0,20	10	15	5	10	10	0,5	5,00
0,40	17	21	4	8	18	0,4	2,35
0,60	25	31	6	12	30	0,6	2,40
0,80	20	30	10	20	50	1	5,00
1,00	10	20	10	20	70	1	10,00
1,20	10	20	10	20	90	1	10,00
1,40	15	25	10	20	110	1	6,67
1,60	15	25	10	20	130	1	6,67
1,80	20	30	10	20	150	1	5,00
2,00	20	30	10	20	170	1	5,00
2,20	20	30	10	20	190	1	5,00
2,40	35	55	20	40	230	2	5,71
2,60	55	80	25	50	280	2,5	4,55
2,80	70	105	35	70	350	3,5	5,00
3,00	65	105	40	80	430	4	6,15
3,20	70	95	25	50	480	2,5	3,57
3,40	95	140	45	90	570	4,5	4,74
3,60	140	165	25	50	620	2,5	1,79
3,80	155	180	25	50	670	2,5	1,61
4,00	250						

# MULTI TEKNIK

## SPECIALIST CIVIL MATERIAL TESTING & CIVIL WORKS

Perumahan Poligriya Permai Blok F no.19  
Jl. Politeknik Ds. Buha Kecamatan Mapanget, Manado  
Telp. 0431-3318870, HP. : 082189498882, email ferysondakh@yahoo.com

### BACAAN SONDIR

Proyek : **Pengadaan Konst/Pembelian Ged.Rumah Sakit** Tanggal : 24 Oktober 2014  
Lokasi : **RS.Jiwa Prof.Dr.V.L.Ratumbuysang** Dikerjakan : Enco, dkk  
Titik : S-2 Diperiksa : Fery

Kedalaman (m)	Hambatan Konus (kg/cm <sup>2</sup> )	Jumlah Hambatan (kg/cm <sup>2</sup> )	Hambatan Pelekat (kg/cm <sup>2</sup> )	Friction (kg/cm)	Jumlah Hambatan Pelekat (kg/cm)	Hambatan Setempat (kg/cm <sup>2</sup> )	Friction Ratio (%)
0,00	0	0	0	0	0	0	0,00
0,20	10	14	4	8	8	0,4	4,00
0,40	25	35	10	20	28	1	4,00
0,60	20	30	10	20	48	1	5,00
0,80	25	35	10	20	68	1	4,00
1,00	15	25	10	20	88	1	6,67
1,20	10	20	10	20	108	1	10,00
1,40	10	20	10	20	128	1	10,00
1,60	10	20	10	20	148	1	10,00
1,80	15	25	10	20	168	1	6,67
2,00	20	30	10	20	188	1	5,00
2,20	25	35	10	20	208	1	4,00
2,40	30	40	10	20	228	1	3,33
2,60	40	55	15	30	258	1,5	3,75
2,80	60	95	35	70	328	3,5	5,83
3,00	90	140	50	100	428	5	5,56
3,20	130	180	50	100	528	5	3,85
3,40	120	160	40	80	608	4	3,33
3,60	140	180	40	80	688	4	2,86
3,80	250						

# MULTI TEKNIK

## SPECIALIST CIVIL MATERIAL TESTING & CIVIL WORKS

Perumahan Poligriya Permai Blok F no.19  
Jl. Politeknik Ds. Buha Kecamatan Mapanget, Manado  
Telp. 0431-3318870, HP. : 082189498882, email ferysondakh@yahoo.com

## BACAAN SONDIR

Proyek : **Pengadaan Konst/Pembelian Ged.Rumah Sakit** Tanggal : 24 Oktober 2014  
Lokasi : **RS.Jiwa Prof.Dr.V.L.Ratumbusang** Dikerjakan : Enco, dkk  
Titik : S-3 Diperiksa : Fery

Kedalaman (m)	Hambatan Konus (kg/cm <sup>2</sup> )	Jumlah Hambatan (kg/cm <sup>2</sup> )	Hambatan Pelekat (kg/cm <sup>2</sup> )	Friction (kg/cm)	Jumlah Hambatan Pelekat (kg/cm)	Hambatan Setempat (kg/cm <sup>2</sup> )	Friction Ratio (%)
0,00	0	0	0	0	0	0	0,00
0,20	10	14	4	8	8	0,4	4,00
0,40	10	15	5	10	18	0,5	5,00
0,60	25	40	15	30	48	1,5	6,00
0,80	15	25	10	20	68	1	6,67
1,00	15	25	10	20	88	1	6,67
1,20	15	25	10	20	108	1	6,67
1,40	10	15	5	10	118	0,5	5,00
1,60	10	15	5	10	128	0,5	5,00
1,80	10	15	5	10	138	0,5	5,00
2,00	10	15	5	10	148	0,5	5,00
2,20	10	15	5	10	158	0,5	5,00
2,40	12	15	3	6	164	0,3	2,50
2,60	20	25	5	10	174	0,5	2,50
2,80	20	25	5	10	184	0,5	2,50
3,00	30	35	5	10	194	0,5	1,67
3,20	25	40	15	30	224	1,5	6,00
3,40	30	55	25	50	274	2,5	8,33
3,60	55	80	25	50	324	2,5	4,55
3,80	65	90	25	50	374	2,5	3,85
4,00	60	80	20	40	414	2	3,33
4,20	115	150	35	70	484	3,5	3,04
4,40	150	185	35	70	554	3,5	2,33
4,60	250						

## MULTI TEKNIK

### SPECIALIST CIVIL MATERIAL TESTING & CIVIL WORKS

Perumahan Poligriya Permai Blok F no.19  
Jl. Politeknik Ds. Buha Kecamatan Mapanget, Manado  
Telp. 0431-3318870, HP. : 082189498882, email ferysondakh@yahoo.com

## BACAAN SONDIR

Proyek : **Pengadaan Konst/Pembelian Ged.Rumah Sakit** Tanggal : 24 Oktober 2014  
Lokasi : **RS.Jiwa Prof.Dr.V.L.Ratumbusang** Dikerjakan : Enco, dkk  
Titik : S-4 Diperiksa : Fery

Kedalaman (m)	Hambatan Konus (kg/cm <sup>2</sup> )	Jumlah Hambatan (kg/cm <sup>2</sup> )	Hambatan Pelekat (kg/cm <sup>2</sup> )	Friction (kg/cm)	Jumlah Hambatan Pelekat (kg/cm)	Hambatan Setempat (kg/cm <sup>2</sup> )	Friction Ratio (%)
0,00	0	0	0	0	0	0	0,00
0,20	5	10	5	10	10	0,5	10,00
0,40	5	10	5	10	20	0,5	10,00
0,60	10	15	5	10	30	0,5	5,00
0,80	10	15	5	10	40	0,5	5,00
1,00	10	15	5	10	50	0,5	5,00
1,20	10	15	5	10	60	0,5	5,00
1,40	15	20	5	10	70	0,5	3,33
1,60	15	20	5	10	80	0,5	3,33
1,80	20	25	5	10	90	0,5	2,50
2,00	50	60	10	20	110	1	2,00
2,20	30	55	25	50	160	2,5	8,33
2,40	35	50	15	30	190	1,5	4,29
2,60	100	140	40	80	270	4	4,00
2,80	135	175	40	80	350	4	2,96
3,00	150	190	40	80	430	4	2,67
3,20	250						

Tabel 2.1.

Berat sendiri bahan bangunan dan komponen gedung

**BAHAN BANGUNAN**

Baja	7.850 kg/m <sup>3</sup>
Batu alam	2.600 kg/m <sup>3</sup>
Batu belah, batu bulat, batu gunung (berat tumpuk)	1.500 kg/m <sup>3</sup>
Batu karang (berat tumpuk)	700 kg/m <sup>3</sup>
Batu pecah	1.450 kg/m <sup>3</sup>
Besi tuang	7.250 kg/m <sup>3</sup>
Beton <sup>(1)</sup>	2.200 kg/m <sup>3</sup>
Beton bertulang <sup>(2)</sup>	2.400 kg/m <sup>3</sup>
Kayu (Kelas I) <sup>(3)</sup>	1.000 kg/m <sup>3</sup>
Kerikil, koral (kering udara sampai lembab, tanpa diayak)	1.650 kg/m <sup>3</sup>
Pasangan bata merah	1.700 kg/m <sup>3</sup>
Pasangan batu belah, batu bulat, batu gunung	2.200 kg/m <sup>3</sup>
Pasangan batu cetak	2.200 kg/m <sup>3</sup>
Pasangan batu karang	1.450 kg/m <sup>3</sup>
Pasir (kering udara sampai lembab)	1.600 kg/m <sup>3</sup>
Pasir (jenuh air)	1.800 kg/m <sup>3</sup>
Pasir kerikil, koral (kering udara sampai lembab)	1.850 kg/m <sup>3</sup>
Tanah, lempung dan lanau (kering udara sampai lembab)	1.700 kg/m <sup>3</sup>
Tanah, lempung dan lanau (basah)	2.000 kg/m <sup>3</sup>
Timah hitam (timbel)	11.400 kg/m <sup>3</sup>

**COMPONEN GEDUNG**

Adukan, per cm tebal:	
— dari semen	21 kg/m <sup>2</sup>
— dari kapur, semen merah atau traas	17 kg/m <sup>2</sup>
Aspal, termasuk bahan-bahan mineral penarubah, per cm tebal	14 kg/m <sup>2</sup>
Dinding pasangan bata merah:	
— satu batu	450 kg/m <sup>2</sup>
— setengah batu	250 kg/m <sup>2</sup>
Dinding pasangan batako:	
Berlubang:	
— tebal dinding 20 cm (HB 20)	200 kg/m <sup>2</sup>
— tebal dinding 10 cm (HB 10)	120 kg/m <sup>2</sup>

Tanpa lubang	
– tebal dinding 15 cm	300 kg/m <sup>2</sup>
– tebal dinding 10 cm	200 kg/m <sup>2</sup>
Langit-langit dan dinding (termasuk rusuk-rusuknya, tanpa penggantung langit-langit atau pengaku), terdiri dari :	
– semen asbes (eternit dan bahan lain sejenis), dengan tebal maksimum 4 mm	11 kg/m <sup>2</sup>
– kaca, dengan tebal 3 – 4 mm	10 kg/m <sup>2</sup>
Lantai kayu sederhana dengan balok kayu, tanpa langit-langit dengan bentang maksimum 5 m dan untuk beban hidup maksimum 200 kg/m <sup>2</sup>	40 kg/m <sup>2</sup>
Penggantung langit-langit (dari kayu), dengan bentang maksimum 5 m dan jarak s.k.a. minimum 0,80 m	7 kg/m <sup>2</sup>
Penutup atap genteng dengan reng dan usuk/kaso per m <sup>2</sup> bidang atap	50 kg/m <sup>2</sup>
Penutup atap simp dengan reng dan usuk/kaso, per m <sup>2</sup> bidang atap	40 kg/m <sup>2</sup>
Penutup atap seng gelombang (BWG 24) tanpa gordeng	10 kg/m <sup>2</sup>
Penutup lantai dari ubin semen portland, teraso dan beton, tanpa adukan, per cm tebal	24 kg/m <sup>2</sup>
Semen asbes gelombang (tebal 5 mm)	11 kg/m <sup>2</sup>

**Catatan:**

- (1) Nilai ini tidak berlaku untuk beton pengisi.
- (2) Untuk beton getas, 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 Nil 5 Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia.

Sumber : Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung, 1983

**Tabel 3.1.**  
**Beban hidup pada lantai gedung**

a.	Lantai dan tangga rumah tinggal, kecuali yang disebut dalam b	200 kg/m <sup>2</sup>
b.	Lantai dan tangga rumah tinggal sederhana dan gudang-gudang tidak penting yang bukan untuk toko, pabrik atau bengkel	125 kg/m <sup>2</sup>
c.	Lantai sekolah, ruang kuliah, kantor, toko, toserba, restoran, hotel, sarana dan rumah sakit	250 kg/m <sup>2</sup>
d.	Lantai ruang olah raga	400 kg/m <sup>2</sup>
e.	Lantai ruang dansa	500 kg/m <sup>2</sup>
f.	Lantai dan balkon-dalam dari ruang-ruang untuk pertemuan yang lain dari pada yang disebut dalam a s/d e, seperti mesjid, gereja, ruang pagelaran, ruang rapat, bioskop dan panggung penonton dengan tempat duduk tetap	400 kg/m <sup>2</sup>
g.	Panggung penonton dengan tempat duduk tidak tetap atau untuk penonton yang berdiri	500 kg/m <sup>2</sup>
h.	Tangga, bordes tangga dan gang dari yang disebut dalam e	300 kg/m <sup>2</sup>
i.	Tangga, bordes tangga dan gang dari yang disebut dalam d, e, f dan g	500 kg/m <sup>2</sup>
j.	Lantai ruang pelengkap dari yang disebut dalam e, d, e, f dan g	250 kg/m <sup>2</sup>
k.	Lantai untuk: pabrik, bengkel, gudang, perpustakaan, ruang arsip, toko buku, toko besi, ruang alat-alat dan ruang mesin, harus direncanakan terhadap beban hidup yang ditentukan tersendiri, dengan minimum	400 kg/m <sup>2</sup>
l.	Lantai gedung parkir bertingkat: - untuk lantai bawah - untuk lantai tingkat lainnya	800 kg/m <sup>2</sup> 400 kg/m <sup>2</sup>
m.	Balkon-balkon yang menjorok bebas keluar harus direncanakan terhadap beban hidup dari lantai ruang yang berbatasan, dengan minimum	300 kg/m <sup>2</sup>

Sumber : Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung, 1983

**Tabel 1** Faktor Keutamaan I untuk berbagai kategori gedung dan bangunan

Kategori gedung	Faktor Keutamaan		
	I <sub>1</sub>	I <sub>2</sub>	I
Gedung umum seperti untuk penghunian, perniagaan dan perkantoran	1,0	1,0	1,0
Monumen dan bangunan monumental	1,0	1,6	1,6
Gedung penting pasca gempa seperti rumah sakit, instalasi air bersih, pembangkit tenaga listrik, pusat penyelamatan dalam keadaan darurat, fasilitas radio dan televisi.	1,4	1,0	1,4
Gedung untuk menyimpan bahan berbahaya seperti gas, produk minyak bumi, asam, bahan beracun.	1,6	1,0	1,6
Cerobong, tangki di atas menara	1,5	1,0	1,5

Sumber: SNI – 1726 – 2002

**Tabel 8** Koefisien  $\zeta$  yang membatasi waktu getar alami Fundamental struktur gedung

Wilayah Gempa	$\zeta$
1	0,20
2	0,19
3	0,18
4	0,17
5	0,16
6	0,15

Sumber: SNI – 1726 – 2002

**Tabel 3 Faktor daktilitas maksimum, faktor reduksi gempa maksimum, faktor tahanan lebih struktur dan faktor tahanan lebih total beberapa jenis sistem dan subsistem struktur gedung**

Sistem dan subsistem struktur gedung	Uraian sistem pemikul beban gempa	$\mu_s$	$R_m$ Pers. (6)	$f$ Pers. (29)
1. Sistem dinding penutupi (Sistem struktur yang tidak memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap. Dinding penutupi atau sistem bracing memiliki hampir semua beban gravitasi. Beban lateral dipikul dinding geser atau rangka bracing).	1. Dinding geser beton bertulang	2,7	4,5	2,8
	2. Dinding penutupi dengan rangka baja ringan dan bracing tarik	1,8	2,8	2,2
	3. Rangka bracing di mana bracingnya memiliki beban gravitasi			
	a. Baja	2,8	4,4	2,2
b. Beton bertulang (tidak untuk Wilayah 5 & 6)	1,8	2,8	2,2	
2. Sistem rangka gedung (Sistem struktur yang pada dasarnya memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap. Beban lateral dipikul dinding geser atau rangka bracing).	1. Rangka bracing eksentrik baja (REB)	4,3	7,0	2,8
	2. Dinding geser beton bertulang	3,3	5,5	2,8
	3. Rangka bracing biasa			
	a. Baja	3,6	5,6	2,2
	b. Beton bertulang (tidak untuk Wilayah 5 & 6)	3,6	5,6	2,2
	4. Rangka bracing konsentrik khusus			
	a. Baja	4,1	6,4	2,2
5. Dinding geser beton bertulang berangkai daktil	4,0	6,5	2,8	
6. Dinding geser beton bertulang kantilever daktil penuh	3,6	6,0	2,8	
7. Dinding geser beton bertulang kantilever daktil parsial	3,3	5,5	2,8	
3. Sistem rangka pemikul momen (Sistem struktur yang pada dasarnya memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap. Beban lateral dipikul rangka pemikul momen terencana melalui mekanisme lentur)	1. Rangka pemikul momen khusus (SRPMK)			
	a. Baja	5,2	8,5	2,8
	b. Beton bertulang	5,2	8,5	2,8
	2. Rangka pemikul momen menengah beton (SRPMM)	3,3	5,5	2,8
3. Rangka pemikul momen biasa (SRPMB)				
a. Baja	2,7	4,5	2,8	
b. Beton bertulang	2,1	3,5	2,8	
4. Rangka batang baja pemikul momen khusus (SRBPMK)	4,0	6,5	2,8	
4. Sistem ganda (Terdiri dari: 1) rangka ruang yang memiliki seluruh beban gravitasi; 2) pemikul beban lateral berupa dinding geser atau rangka bracing dengan rangka pemikul momen. Rangka pemikul momen harus direncanakan secara terpisah mampu memikul sekurang-kurangnya 25% dari seluruh beban lateral; 3) kedua sistem harus direncanakan untuk memikul secara bersama-sama seluruh beban lateral dengan memperhatikan interaksi /sistem ganda)	1. Dinding geser			
	a. Beton bertulang dengan SRPMK beton bertulang	5,2	8,5	2,8
	b. Beton bertulang dengan SRPMB baja	2,6	4,2	2,8
	c. Beton bertulang dengan SRPMM beton bertulang	4,0	6,5	2,8
	2. RIB: baja			
	a. Dengan SRPMK baja	5,2	8,5	2,8
	b. Dengan SRPMB baja	2,6	4,2	2,8
	3. Rangka bracing biasa			
	a. Baja dengan SRPMK baja	4,0	6,5	2,8
	b. Baja dengan SRPMB baja	2,6	4,2	2,8
	c. Beton bertulang dengan SRPMK beton bertulang (tidak untuk Wilayah 5 & 6)	4,0	6,5	2,8
	d. Beton bertulang dengan SRPMM beton bertulang (tidak untuk Wilayah 5 & 6)	2,6	4,2	2,8
	4. Rangka bracing konsentrik khusus			
a. Baja dengan SRPMK baja	4,6	7,5	2,8	
b. Baja dengan SRPMB baja	2,6	4,2	2,8	
5. Sistem struktur gedung kolom kantilever: (Sistem struktur yang memanfaatkan kolom kantilever untuk memikul beban lateral)	Sistem struktur kolom kantilever	1,4	2,2	2
6. Sistem interaksi dinding geser dengan rangka	Beton bertulang biasa (tidak untuk Wilayah 3, 4, 5 & 6)	3,4	5,5	2,8
7. Subsistem tunggal (Subsistem struktur bidang yang membentuk struktur gedung secara keseluruhan)	1. Rangka terbuka baja	5,2	8,5	2,8
	2. Rangka terbuka beton bertulang	5,2	8,5	2,8
	3. Rangka terbuka beton bertulang dengan balok beton prastikan (bergantung pada indeks baja total)	3,3	5,5	2,8
	4. Dinding geser beton bertulang berangkai daktil penuh	4,0	6,5	2,8

Sumber: SNI – 1726 – 2002