

SKRIPSI
**EVALUASI PERHITUNGAN *BORED PILE* DENGAN METODE
MAYERHOFF, METODE AOKI & DE ALENCAR, METODE LUCIANO
DECOURT RUMAH SUSUN POLRESTA BUKITTINGGI**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil



Disusun Oleh:

ARI GAVINDO

NIM.20180097

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT
TAHUN 2023/2024

HALAMAN PENGESAHAN

EVALUASI PERHITUNGAN BORED PILE DENGAN METODE
MAYERHOFF, METODE AOKI & DE ALENCAR, METODE LUCIANO
DECOURT RUMAH SUSUN POLRESTA BUKITTINGGI

Oleh:

ARI GAVINDO

NIM.20180097

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



Ir. Deddy Kurniawan, S.T.,M.T.

NIDN. 1022018303



Selpa Dewi, S.T.,M.T.

NIDN. 1011097602

Dekan Fakultas Teknik

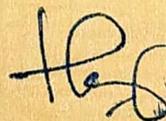
Ketua Program Studi

UM Sumatera Barat



Dr. Eng. Ir. Masril, S.T.,M.T.

NIDN. 1005057407



Helga Yermadona, Spd.,M.T.

NIDN. 10130985502

LEMBAR PERSETUJUAN TIM PENGUJI

Skripsi ini telah di pertahankan dan disempurnakan berdasarkan masukan dan koreksi Tim Penguji pada ujian tertutup tanggal 27 Februari 2024 di Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat.

Bukitinggi 2 Agustus 2024

Mahasiswa,



Ari Gavindo

NIM. 20180097

Disetujui Tim Penguji Skripsi Tanggal 2 Agustus 2024 :

1. Ir. Deddy Kurniawan, S.T.,M.T.

1.....

2. Selpa Dewi, S.T.,M.T.

2.....

3. Aysia Nurhasanah Habirun S.S.T.,M.T.

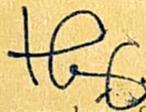
3.....

4. Febrimen Herista, S.T.,M.T.

4.....

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Helga yermadona, S.T.,M.T.

NIDN. 1013098502

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa : Ari Gavindo
Tempat Dan Tanggal Lahir : kampuang tengah 11 agustus 2001
NIM : 20180097
Judul Skripsi : Evaluasi Perhitungan *Bored Pile* Dengan Metode Mayerhoff, Metode Aoki & De Alencar, Metode Luciano Decourt Rumah Susun Polresta Bukittinggi

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa penulisan Skripsi ini berdasarkan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli dari saya sendiri, baik untuk naskah laporan maupun kegiatan yang tercantum sebagai bagian dari Skripsi ini. Jika terdapat karya orang lain, saya akan mencantumkan sumber yang jelas.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini dan sanksi lain sesuai dengan peraturan yang berlaku di UM Sumatera Barat

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar tanpa paksaan pihak manapun.

Bukittinggi 2 Agustus 2024



Ari Gavindo

NIM. 20180097

ABSTRAK

Pondasi adalah bagian dari suatu sistem struktur bawah yang menahan berat sendirinya dan seluruh beban gaya dari struktur atas, kemudian meneruskannya ke lapisan tanah dan batuan yang terletak di bawahnya dalam perencanaan pondasi perlu diperhitungkan besar beban yang diterima dan daya dukung tanah setempat. Setiap pondasi harus mampu mendukung beban sampai batas keamanan yang telah di tentukan. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung daya dukung pondasi *bored pile* dengan dalam pondasi 6m, diameter pondasi 0,40m, mutu beton 30 MPa, dan mutu tulangan 420 MPa pada bangunan Gedung Rumah Susun Polresta Bukittinggi Sumatera Barat berdasarkan data *standard penetration test* (SPT). Perhitungan daya dukung pondasi *bored pile* menggunakan tiga (3) metode dengan (Qijin) yaitu *Mayerhoff* (205,502kN), *Aoki & De Alencar* (19,674 ton/m²), Metode *Luciano Decourt* (94,35 ton/m²). Hasil perhitungan daya dukung ultimit tiang pondasi *bored pile* Metode *Mayerhoff* (Qu=616,606 ton/m²), Metode *Aoki & De Alencar* (Qu=61,737 ton/m²), Metode *Luciano Decourt* (Qu=290,296 ton/m²) dari hasil perhitungan (3) metode di atas dapat disimpulkan bahawa struktur bawah Rumah Susun Polresta Bukittinggi Sumatera Barat telah memenuhi syarat dan ketentuan Standar Nasional Indonesia sebagai struktur bawah yang aman dan memiliki kualitas yang baik

Kata kunci : Struktur Bawah Gedung Bertingkat, Metode *Mayerhoff*, Metode *Aoki & De Alencar*, Metode *Luciano Decourt*, ETABS



KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji Syukur Alhamdulillah penulis ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, hidayah serta karunia-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan tugas akhir ini dengan baik dan tepat pada waktunya.

Penulisan tugas akhir ini disusun sedemikian rupa dengan tujuan memenuhi salah satu syarat yang di perlukan untuk menyelesaikan Program Study Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat dengan judul **“Evaluasi Perhitungan Bored Pile Dengan Metode Mayerhoff, Metode Aoki & De Alencar, Metode Luciano Decourt Rumah Susun Polresta Bukittinggi”**.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini dapat terlaksana berkat bantuan dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, dengan segala hormat dan kerendahan hati perkenankanlah penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Dr. Riki Saputra, M.A. Selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat
2. Bapak Masril, S.T., M.T. Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat
3. Bapak Hariyadi, S.Kom., M.Kom. Selaku Wakil Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat
4. Ibuk Helga Yermadona, S.PD., M.T. Selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat
5. Bapak Deddy Kurniawan, S.T., M.T. Selaku dosen pembimbing 1
6. Ibuk Selpa Dewi, S.T., M.T. Selaku dosen pembimbing 2
7. Ibuk Reno Warlen selaku selaku kandung yang dengan restu dan do'anya penulis bisa menyelesaikan penulisan tugas ahir ini

8. Bapak Oyong Ben selaku ayah kandung yang dengan keringatnya penulis bisa berkuliah dan sampai pada tahap ini
9. Teman - teman seperjuangan dan semua orang yang terlibat yang menyanyangi penulis

Penulis menyadari masih adanya kekurangan. Oleh karena itu, penulis sangat berharap adanya kritik,saran maupun masukan guna memperbaiki kinerja penulis yang menjadi lebih baik kedepannya.

Bukittinggi, 10 Januari 2024



Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR NOTASI	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Dan Manfaat Penelitian.....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Umum.....	4
2.2 Definisi Tanah	4
2.3 Penyelidikan Tanah	5
2.4 Macam-macam Pondasi.....	6
2.5. Pondasi Tiang.....	8
2.6 Pondasi Tiang Pancang.....	9
2.7 Pondasi <i>Bored Pile</i>	9
2.8 Metode Pelaksanaan Pondasi <i>Bored Pile</i>	16
2.9 Pengujian Penetrasi Sondir (<i>Sondering Test</i>).....	17
2.10 Kapasitas Daya Dukung <i>Bored Pile</i> Dari Hasil <i>Sondering Test</i>	18
2.11 Contoh Perhitungan Manual Pondasi <i>Bored Pile</i>	19
2.12 Faktor Aman	20
2.13 Pengujian Pengeboran Dengan Bor Mesin Dan SPT	20
2.14 Kapasitas Daya Dukung <i>Bored Pile</i> Dari Data SPT.....	21

2.14.1 Kapasitas Dukung Tiang Tunggal Metode Meyerhoff.....	22
2.14.2 Kapasitas Dukung Tiang Tunggal Metode Aoki & De Alencar.....	23
2.14.3 Kapasitas Dukung Tiang Tunggal Metode Luciano Decourt	25
2.15 Permodelan Menggunakan <i>Software</i>	27
2.15.1 <i>Software</i> ETABS V20	27
2.16 <i>Pile Cap</i>	28
A. Fungsi dan Manfaat <i>Pile Cap</i>	29
B. Jenis-jenis <i>Pile Cap</i>	30
C. Kelebihan dan Kekurangan <i>Pile Cap</i>	31
D. Cara atau Tahapan Perencanaan <i>Pile Cap</i>	33
E. Cara Pemasangan <i>Pile Cap</i>	34
2.16 <i>Sloof</i>	36
1. Berikut adalah beberapa fungsi dari <i>sloof</i>	36
2. Konstruksi <i>sloof</i> dari Beton Bertulang	36
3. Kelebihan konstruksi <i>sloof</i> beton bertulang	36
4. Kekurangan konstruksi <i>sloof</i> beton bertulang	37
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	38
3.1 Lokasi proyek	38
3.2 Data Teknis	39
3.3 Metode Pengumpulan Data.....	39
3.4 Bagan Alir Penelitian.....	40
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	41
4.1.1 Data Umum.....	41
4.2.1 Analisis Ragam (<i>Modal Analysis</i>).....	46
4.2.2 Beban Perencanaan	47
4.2.5 Kombinasi Pembebanan Dan Pengaruh Beban Gempa.....	56

4.2.6 Simpangan Antar Tingkat.....	57
4.2.7 Gaya Geser Dasar.....	57
4.2.8 Persyaratan Desain Beton Bertulang Beban Gempa Berdasarkan.....	58
4.3 Analisis Kelayakan Struktur	59
4.3.0 Data Spesifikasi Bangunan.....	59
4.3.1 Data Geometrical Gedung Rusun Polresta Kota Bukittinggi	60
4.3.2 Material Beton	60
4.3.3 Material Baja Tulangan	60
4.4 Parameter Gempa.....	60
4.4.1 Kategori resiko bangunan (KRB)	60
4.4.2 Faktor keutamaan gempa (I_e).....	61
4.4.3 Parameter percepatan tanah (S_s, S_1).....	62
4.4.5 Faktor koefisien situs (F_a, F_v).....	65
4.4.6 Parameter percepatan desain (S_{DS}, S_{D1}).....	65
4.4.7 Kategori desain seismik (KDS).....	66
4.4.8 KDS dan Sistem struktur	67
4.4.9 Sistem dan Parameter struktur gedung penahan beban gempa.....	67
4.5 Pembebanan Struktur	68
4.5.1 Beban Gravitasi.....	70
4.5.2 Beban Gempa.....	72
4.5.3 Asumsi kondisi penampang.....	73
4.5.4 Analisis modal partisipasi massa (MPMR)	73
4.5.5 Analisis periode getar fundamental alami struktur.....	74
4.5.6 Analisis <i>Base Shear</i> dan skala gaya	75
4.5.7 Analisis Simpangan Antar Lantai	76
4.5.8 Analisis Pengaruh P-delta.....	78

4.5.9 Analisis ketidak-beraturan horizontal.....	79
4.6 <i>Factored Loads and Moments with Corresponding Capacities</i>	86
1. Balok B1 Induk 300 x 600 mm (6 m).....	89
2. Balok B2 200 x 400 mm (3,5 m).....	89
3. Balok B2 200 x 400 mm (3,25 m; 2,75 m; 2,5 m; 2 m).....	90
4.7 Data Primer <i>Bored Pile</i>	90
4.7.1 Analisis Data Tanah dan Data Gempa.....	90
4.7.2 Teori Dan Rumus.....	90
4.7.3 Karakteristik Sifat Tanah.....	91
4.7.4 Perencanaan Pondasi	93
4.7.5 Daya Dukung Tanah untuk Tiang Bor.....	93
A. Metode Meyerhoff.....	93
B. Perhitungan Daya Dukung Aksial Metode Meyerhoff	94
4.7.6 Kebutuhan Tiang Bor <i>Pile Cap</i>	95
4.7.7 Menentukan Jumlah Tiang Bor	96
4.7.8 Penulangan <i>Pile Cap</i>	100
4.7.9 Penulangan <i>Bore Pile</i>	101
4.8 Kapasitas Tulangan <i>Bored Pile</i>	101
4.8.1 Metode Aoki & De Alencar.....	104
4.8.2 Metode Luciano Decourt	106
BAB V KESIMPULAN	108
DAFTAR PUSTAKA	109

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Contoh penggambaran simbol – simbol jenis tanah.....	5
Gambar 2. 2 Macam-macam tipe pondasi (a) Pondasi memanjang,(b) Pondasi telapak,(c) Pondasi rakit, (d) Pondasi sumuran.....	8
Gambar 2. 3 Jenis – jenis Bored Pile	10
Gambar 2. 4 Metode kering konstruksi pilar yang dibor	13
Gambar 2. 5 Metode acuan konstruksi pilar yang dibor	14
Gambar 2. 6 Metode adonan konstruksi pilar yang dibor.....	15
Gambar 2. 7 Skema alat kerucut statis dan cara kerja alat.....	18
Gambar 2. 8 Contoh grafik hasil uji sondir.....	19
Gambar 2. 9 Tahanan geser selimut Bored pile pada tanah pasiran	23
Gambar 2. 10 Tampilan Software ETABS V2.....	28
Gambar 3. 1 Lokasi Proyek <i>Sumber : Google Maps (19/7/2023)</i>	38
Gambar 3. 2 Bagan Alir Penelitian	40
Gambar 4. 1 Lokasi Proyek <i>Sumber : Google Maps (19/7/2023)</i>	41
Gambar 4. 2 Denah Lantai 1	42
Gambar 4. 3 Peta Gempa Indonesia 2017.....	44
Gambar 4. 4 Parameter Spektrum Respons Desain	45
Gambar 4. 5 Spektrum Respons Desain
Gambar 4. 6 Peta Transisi Periode Panjang, TL, Wilayah Indonesia	54
Gambar 4. 7 Model 3D Struktur Gedung Rusun Polresta Kota Bukittinggi (perspektif 1).....	59
Gambar 4. 8 Model 3D Struktur Gedung Rusun Polresta Kota Bukittinggi (perspektif 2).....	59
Gambar 4. 9 Kategori Resiko Bangunan.....	61
Gambar 4. 10 Faktor keutamaan gempa	62
Gambar 4. 11 Percepatan nilai Ss	62
Gambar 4. 12 Percepatan nilai s1.....	62
Gambar 4. 13 Periode panjang (Tl).....	63
Gambar 4. 14 Kelas situs tanah.....	64
Gambar 4. 15 kategori desain seismic.....	66

Gambar 4. 16 Kds dan sistem struktur	67
Gambar 4. 17 Data Input Beban ETABS	69
Gambar 4. 18 Data Beban Gravitasi	70
Gambar 4. 19 Beban Hidup Struktur	71
Gambar 4. 20 Ortogonalitas beban gempa	72
Gambar 4. 21 Nilai reduksi penampang kritis	73
Gambar 4. 22 Parameter perhitungan periode struktur	74
Gambar 4. 23 Simpangan antar lantai	76
Gambar 4. 24 Koefisien simpangan antar tingkat izin	77
Gambar 4. 25 Simpangan Antar Lantai pada Gedung 3 Lantai	78
Gambar 4. 26 P-Delta <i>effect</i> pada Gedung 3 Lantai	79
Gambar 4. 27 Sketsa ketidak-beraturan torsi 1a dan 1b.....	80
Gambar 4. 28 Sketsa ketidak-beraturan sudut dalam.....	80
Gambar 4. 29 Pengecekan ketidak-beraturan sudut dalam	81
Gambar 4. 30 Sketsa ketidak beraturan diskontinuitas diafragma.....	81
Gambar 4. 31 Potongan Struktur.....	82
Gambar 4. 32 Sketsa Ketidak-Beraturan Sistem Non-Paralel	83
Gambar 4. 33 Sketsa Ketidak-Beraturan Kekakuan Tingkat Lunak (Soft Story). 83	
Gambar 4. 34 Ketidak-Beraturan Berat (Massa).....	84
Gambar 4. 35 Sketsa Ketidak-Beraturan Geometri Vertikal	85
Gambar 4. 36 Sketsa Ketidak-Beraturan Akibat Diskontinuitas Bidang.....	85
Gambar 4. 37 Sketsa Ketidak-Beraturan Tingkat Lemah	86
Gambar 4. 38 Hasil Running ETABS Gedung Rusun Polresta Kota Bukittinggi 88	
Gambar 4. 39 Balok B1 Induk 300 x 600 mm (6 m)	89
Gambar 4. 40 Balok B2 200 x 400 mm (3,5 m).....	89
Gambar 4. 41 Balok B2 200 x 400 mm (3,25 m; 2,75 m; 2,5 m; 2 m).....	90
Gambar 4. 42 Denah <i>Pile cap</i>	100
Gambar 4. 43 grafik hasil running dari program CSICol.....	102
Gambar 4. 44 Sketsa Potongan <i>Pile Cap</i> dan <i>Bored Pile</i>	103
Gambar 4. 45 Letak 1,5D atas 1,5D bawah pada tiang <i>bored pile</i> D 0,4 m	104
Gambar 4. 46 Letak 4D atas 4D bawah pada tiang <i>bored pile</i> D 0,4 m	106
Gambar 5. 1 Pondasi <i>bored pile</i> diameter 40 cm kedalaman 6 m.....	109

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Faktor empirik F_b	20
Tabel 2. 2 Faktor Empirik F_b dan F_s	25
Tabel 2. 3 Faktor Empirik untuk Tipe Tanah yang Berbeda.....	25
Tabel 4. 1 Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan x	46
Tabel 4. 2 Koefisien untuk Batas Atas pada Periode yang Dihitung	47
Tabel 4. 3 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk Beban Gempa	49
Tabel 4. 4 Faktor Keutamaan	50
Tabel 4. 5 Klasifikasi Situs	50
Tabel 4. 6 Koefisien Situs (F_a)	52
Tabel 4. 7 Koefisien Situs (F_v)	52
Tabel 4. 8 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode Pendek	54
Tabel 4. 9 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode 1 Detik	55
Tabel 4. 10 Faktor R , C_d , dan Ω_0 untuk sistem pemikul gaya seismik.....	55
Tabel 4. 11 Simpangan Antar Tingkat Izin, Δa a,b.....	57
Tabel 4. 12 Tabel N-SPT	64
Tabel 4. 13 koefisien situs F_a	65
Tabel 4. 14 Koefisien situs F_v	65
Tabel 4. 15 Faktor R , C_d , dan Ω_0 untuk sistem pemikul gaya seismik.....	67
Tabel 4. 16 Rekapitulasi pembebanan	68
Tabel 4. 17 Modal Participating Mass Ratio pada 3 mode pertama	73
Tabel 4. 18 Modal Participating Mass Ratio pada 3 mode terakhir.....	73
Tabel 4. 19 Gaya Geser Dasar Seismik.....	75
Tabel 4. 20 Penyekalaan Gaya	76
Tabel 4. 21 Simpangan atara lantai area gedung hunian.....	77

Tabel 4. 22 Simpangan Antar Tingkat Gedung Rusun Polresta Kota Bukittinggi 3 Lantai.....	77
Tabel 4. 23 Pengaruh P-delta	78
Tabel 4. 24 Pengecekan Pengaruh P-delta Gedung	78
Tabel 4. 25 Ketidakberaturan torsi.....	80
Tabel 4. 26 Pengecekan ketidak beraturan diskontinuitas diafragma	81
Tabel 4. 27 Pengecekan Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak.....	83
Tabel 4. 28 ketidak-beraturan massa.....	84
Tabel 4. 29 ketidak-beraturan geometri vertikal	85
Tabel 4. 30 kekuatan lateral tingkat	86
Tabel 4. 31 Factored Loads and Moments with Corresponding Capacities,	87
Tabel 4. 32 Hasil Pengujian Boring SPT	91
Tabel 4. 33 Klasifikasi Site untuk Pengujian Titik BH-01	92
Tabel 4. 34 Perhitungan bored pile Ø40 cm BH-1 Metode Meyerhoff	95
Tabel 4. 35 Hasil Perhitungan Jumlah Tiang Bor	96
Tabel 4. 36 Rekapitulasi Tulangan <i>Pile Cap</i>	101
Tabel 4. 37 Rekapitulasi Tulangan <i>Bored Pile</i>	103
Tabel 5. 1 Rekapitulasi Perhitungan daya dukung pondasi bored pile dengan Metode Meyerhoff, Metode Aoki dan De Alencar, Metode Luciano Decourt	108

DAFTAR NOTASI

ΔH	=	Tebal lapisan
Δp	=	Tegangan efektif tanah pada lapisan
A_p	=	Luas penampang tiang
a_s	=	Nilai faktor empirik tipe tanah
A_s	=	Luas selimut tiang
D	=	Diameter tiang
f	=	Satuan tahanan kulit persatuan luas
F_a	=	Koefisien situs untuk perioda pendek
F_b	=	Faktor empirik tahanan tiang tergantung pada tipe tiang
F_s	=	Faktor empirik tahanan kulit yang tergantung pada tipe tanah
K	=	Keliling tiang
K	=	Koefisien yang tergantung dari jenis tanah
L	=	Panjang tiang
n	=	Jumlah tiang
N_b	=	Nilai SPT rata-rata pada elevasi tiang pancang
N_p	=	Nilai rata-rata SPT mulai 4D di bawah ujung tiang sampai 4D di atas tiang
N_s	=	Nilai SPT rata-rata pada lapisan tanah sepanjang tiang yang ditinjau
P	=	Keliling pondasi
P	=	Beban yang bekerja
SF	=	<i>Safety factor</i>
S_s	=	Parameter percepatan respon <i>spectral</i> MCE dari peta gempa pada perioda pendek

- S_1 = Parameter percepatan respon *spectral* MCE dari peta gempa pada perioda 1 detik
- Q_{ijin} = Kapasitas dukung ijin tiang
- q_b = Kapasitas daya dukung di ujung tiang persatuan luas
- q_c = Tahanan ujung sondir
- q_{ca} = perlawanan konus rata-rata 1,5 D di atas ujung tiang dan di bawah tiang
- Q_g = Beban maksimum kelompok tiang
- Q_p = Kapasitas dukung ujung tiang
- Q_s = Kapasitas dukung selimut tiang
- Q_u = Kapasitas daya dukung tiang tunggal



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Polresta merupakan singkatan, dari kepolisian *Resort* di mana merupakan bagian dari struktur kepolisian di Indonesia. Polrest Bukittinggi terletak di Kota Bukittinggi, Sumatera Barat, di Sapiran, Kec. Aur Birugo Tigo Baleh. Mendirikan sebuah rumah susun 3 lantai pada tahun 2023 yang didanai oleh DIPA Resto Bukittinggi-APBN dengan nilai kontrak Rp. 21.188.873.141.22 yang menggunakan pondasi *bored pile* diameter 0.4 m dengan kedalaman 6m dengan mutu beton $f'c$ 30 Mpa dan tulangan baja $f'y$ 420 Mpa dan menggunakan beton bertulang sebagai material dari struktur Bangunan Rumah Susun Polresta Bukittinggi dengan waktu pelaksanaan kerja 180 hari kalender

Memprioritaskan pekerjaan struktur bawah, seperti pondasi, sebelum memulai konstruksi pada suatu proyek memungkinkan penyelesaian pekerjaan struktur atas di kemudian hari. Salah satu komponen konstruksi teknik sipil yang sangat krusial adalah pondasi, yang akan menopang beban struktur di atasnya dan berlanjut hingga ke lapisan tanah keras di bawahnya yang mampu menopang beban-beban tersebut.

Pondasi dalam dan pondasi dangkal adalah dua kategori pondasi yang dapat diklasifikasikan secara luas. Pondasi dangkal cukup untuk bangunan ringan dengan lapisan tanah yang cukup baik; Sebaliknya, pondasi dalam biasanya lebih cocok untuk konstruksi beban berat dengan perhitungan yang lebih rumit dan canggih.

Dari latar belakang yang ada penulis tertarik mengangkatnya menjadi sebuah karya tulis tugas akhir yaitu **Evaluasi Perhitungan Bored Pile Dengan Metode Mayerhoff, Metode Aoki & De Alencar, Metode Luciano Decourt Rumah Susun Polresta Bukittinggi.**

Latar belakang penulis mengambil judul Evaluasi Perhitungan Bored Pile Dengan Metode Mayerhoff, Metode Aoki & De Alencar, Metode Luciano Decourt Rumah Susun Polresta Bukittinggi karena penulis ingin mengetahui perhitungan struktur

pondasi *bored pile* di struktur bawah rumah susun polresta bukittinggi Sumatera Barat

Dari latar belakang di atas penulis lebih condong mengambil metode kuantitatif untuk menyelesaikan karya tulis “**Evaluasi Perhitungan Bored Pile Dengan Metode Mayerhoff, Metode Aoki & De Alencar, Metode Luciano Decourt Rumah Susun Polresta Bukittinggi**”

1.2 Rumusan Masalah

Merujuk dari latar belakang dapat dirumuskan masalah penelitian ini adalah:

1. Menghitung daya dukung pondasi *bored pile* pada bangunan Gedung Rumah Susun Polresta Bukittinggi Sumatera Barat berdasarkan data *standard penetration test* (SPT) menggunakan Metode Mayerhoff, Metode Aoki & De Alencar, Metode Luciano Decourt?

1.3 Batasan Masalah

1. Perhitungan daya dukung pondasi *bored pile* pada bangunan Gedung rumah susun Polresta Bukittinggi Sumatera Barat berdasarkan data *standard penetration test* (SPT)
2. Perhitungan beban yang disebabkan oleh struktur bangunan atas dihitung dengan menggunakan *software* ETABS dan digunakan hanya untuk mengetahui besar beban yang akan di salurkan
3. Perhitungan daya dukung pondasi *bored pile* menggunakan Metode Mayerhoff, Metode Aoki & De Alencar, Metode Luciano Decourt

1.4 Tujuan Dan Manfaat Penelitian

1. Menghitung daya dukung pondasi *bored pile* menggunakan Metode Mayerhoff, Metode Aoki & De Alencar, Metode Luciano Decourt
2. Memperoleh daya dukung tanah
3. Memperoleh perbandingan daya dukung pondasi *bored pile* dengan 3 metode yaitu Metode Mayerhoff, Metode Aoki & De Alencar, Metode Luciano Decourt

Penulisan isi skripsi ini disusun menjadi beberapa sub-bab dengan sistematika penulisan sebagai berikut agar pembaca dapat memahaminya dengan lebih jelas:

BAB 1 PENDAHULUAN

Memuat informasi latar belakang, rumusan topik, batasannya, tujuan dan manfaat penelitian, serta sistematika penulisan.

BAB II TINJAUWAN PUSTAKA

Bab ini memuat teori-teori yang melandasi pokok bahasan yang dibahas disajikan dalam bab ini, beserta beberapa materi tambahan yang dapat dijadikan landasan bagi teori-teori terkait. Salah satu item tersebut adalah penilaian luas terhadap metode perhitungan pondasi Bored Pile.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Data umum proyek dan data teknis proyek disertakan dalam bab ini.

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

Penilaian terhadap struktur dasar, yang terdiri dari tiang bor, tutup tiang, dan *sloof*, disertakan dalam bab ini.

BAB V PENUTUP

Kesimpulan yang diambil dari bab-bab sebelumnya disajikan dalam bab ini, bersama dengan rekomendasi yang dapat membantu mahasiswa di masa depan untuk memanfaatkan penelitian ini sebagai sumber.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Di kawasan perkotaan yang penduduknya padat, dimana lahan yang tersedia, biasanya sudah terbatas, perkembangan lahan dilakukan secara *vertikal*, dimana banyak kita lihat bangunan- bangunan bertingkat tinggi di Kota Bukittinggi. Pondasi merupakan bagian struktur paling bawah dari suatu konstruksi bangunan yang berperan sangat penting dan bertugas menahan beban bangunan dan meneruskan beban dari atas ke dasar tanah. Suatu bangunan akan tetap berdiri tegak kalau tanah dasar di bawahnya cukup kuat untuk mendukung bebannya. Beban bangunan diteruskan dari pondasi kepada tanah dasar. Karena itu, letak pondasi bangunan harus kokoh di dalam tanah dasar.

2.2 Definisi Tanah

Tanah adalah lapisan fisik permukaan bumi sebagai media tumbuh dan berkembang tumbuh tegaknya tanaman yang ditopang oleh perakaran. Tanah pada kondisi alam, terdiri dari gabungan mineral yang berbentuk butiran dengan kandungan atau tanpa bahan organik. Butiran mineral tersebut bisa dipisahkan satu sama lain dengan mudah menggunakan kocokan air. Material atau bisa disebut pelapukan batuan, baik secara bentuk maupun melalui kimia. sifat batuan induk yang merupakan material asal. Sifat-sifat teknis tanah juga dipengaruhi oleh unsur-unsur luar yang menyebabkan terjadinya pelapukan batuan tersebut. seperti kerikil, pasir, lanau dan lempung, bisa dipakai dalam teknik sipil untuk menentukan perbedaan dari suatu jenis-jenis tanah. Pada kondisi alam, tanah bisa terbentuk dari dua atau lebih campuran jenis-jenis tanah dan pada saat tertentu terdapat pula kandungan bahan organik. Material gabungan dipakai sebagai nama tambahan material unsur utama di belakangnya. contoh, lempung berlanau adalah jenis tanah lempung yang memiliki lanau dengan material utamanya adalah lempung dan sebagainya.



Gambar 2. 1 Contoh penggambaran simbol – simbol jenis tanah

Tiga komponen pembentuk tanah, yaitu udara, air dan bahan padat. Untuk pengaruh teknis, udara tidak termasuk sedangkan air sangat mempengaruhi sifat-sifat teknis tanah. Ruang diantara butiran-butiran tanah, dapat terisi oleh air atau udara bila ruang tersebut terisi air seluruhnya, tanah termasuk ke dalam kondisi jenuh. bila ruang terisi udara dan air, tanah termasuk ke dalam kondisi jenuh sebagian (*partially saturated*). Tanah kering adalah tanah yang mempunyai tingkat kadar air di dalamnya 0%.

2.3 Penyelidikan Tanah

Dalam perencanaan pondasi konstruksi bangunan diperlukan adanya Penyelidikan tanah mengetahui parameter-parameter tanah yang akan digunakan dalam perhitungan daya dukung tanah pondasi. Daya dukung tanah sangat berpengaruh pada bentuk dan dimensi pondasi agar diperoleh perencanaan pondasi

yang optimal. Penyelidikan dapat dilakukan dengan cara–cara lubang cobaan (*trial-pit*), pengeboran, dan pengujian langsung di lapangan (*in-situ test*). Dari data yang diperoleh, sifat–sifat teknis tanah dapat diketahui, kemudian digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam menganalisis daya dukung.

Tuntutan ketelitian penyelidikan tanah tergantung dari besarnya beban bangunan, tingkat keamanan yang diinginkan, kondisi lapisan tanah, dan dana yang tersedia untuk penyelidikan. Oleh karena itu, untuk bangunan - bangunan sederhana atau ringan, kadang – kadang tidak dibutuhkan penyelidikan tanah, karena kondisi tanahnya dapat diketahui berdasarkan pengalaman setempat. Adapun tujuan dari penyelidikan tanah ini yakni:

1. Untuk menentukan kondisi alamiah dan lapisan – lapisan tanah di lokasi ditinjau.
2. Untuk mendapatkan sampel tanah asli (*undisturbed*) dan tidak asli (*disturbed*) untuk mengidentifikasi tanah tersebut secara visual dan untuk keperluan pengujian di laboratorium.
3. Untuk menentukan kedalaman tanah keras.
4. Untuk mengetahui kedalaman muka air tanah di lokasi proyek.
5. Untuk mengetahui kedalaman tanah pada setiap kedalaman tertentu yang diperoleh dari hasil *Standard penetration test* (SPT).
6. Mempelajari kemungkinan timbulnya masalah perilaku bangunan yang sudah ada di sekitar lokasi pembangunan tersebut.

2.4 Macam-macam Pondasi

Pondasi adalah bagian terendah bangunan yang meneruskan beban bangunan ke tanah atau batuan yang berada dibawahnya. Terdapat 2 (dua) Klasifikasi pondasi yaitu:

1. Pondasi dangkal (*shallow foundation*)

Adalah pondasi yang mendukung bebannya secara langsung dengan perbandingan kedalaman dan lebar telapak kurang dari satu ($D/B \leq 1$), disebut juga pondasi alas, pondasi telapak-tersebar (*spread footing*) dan pondasi rakit. Terbuat

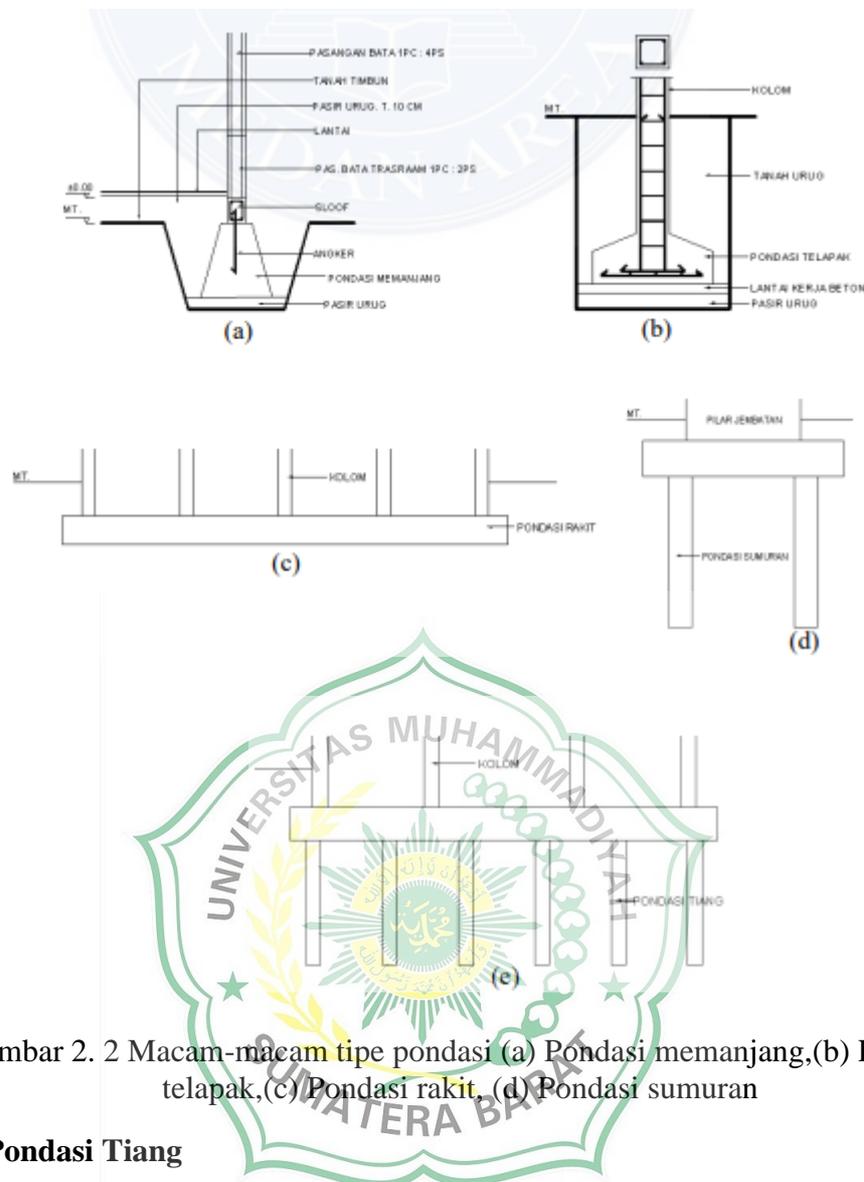
dari beton dan memakai tulangan yang berguna memikul momen lentur yang bekerja.

- a) Pondasi telapak adalah pondasi yang berdiri sendiri dalam mendukung kolom. (Gambar 2.2.a)
- b) Pondasi memanjang adalah pondasi yang digunakan untuk mendukung dinding memanjang atau sederetan kolom yang berjarak dekat sehingga bila dipakai pondasi telapak sisinya akan berimpit satu sama lain. (Gambar 2.2.b)
- c) Pondasi rakit (*raft foundation*) adalah pondasi yang digunakan untuk mendukung bangunan yang terletak pada tanah lunak atau digunakan bila susunan kolom-kolom jaraknya sedemikian dekat di semua arahnya, sehingga bila dipakai pondasi telapak, sisi-sisinya berimpit satu sama lain. (Gambar 2.2.c)

2. Pondasi dalam (*deep foundation*)

Adalah pondasi yang meneruskan beban bangunan ke tanah keras atau batu yang terletak relatif jauh dari permukaan, perbandingan kedalaman dengan lebar pondasi lebih dari empat ($D/B \geq 4$), contoh : tiang pancang, *V pile, bored pile* :

- a) Pondasi sumuran (*pier foundation/caisson*) yang merupakan bentuk peralihan antara pondasi dangkal dan pondasi tiang, digunakan bila tanah dasar yang kuat terletak pada kedalaman yang relatif dalam. (Gambar 2.2.d)
- b) Pondasi tiang (*pile foundation*) digunakan bila tanah pondasi pada kedalaman yang normal tidak mampu mendukungnya, dan tanah keras terletak pada kedalaman yang sangat dalam. Pondasi tiang umumnya diameternya lebih kecil dan lebih Panjang dibandingkan dengan pondasi sumuran. (Gambar 2.2.e).



Gambar 2. 2 Macam-macam tipe pondasi (a) Pondasi memanjang,(b) Pondasi telapak,(c) Pondasi rakit, (d) Pondasi sumuran

2.5. Pondasi Tiang

Pondasi tiang adalah suatu konstruksi pondasi yang mampu menahan gaya orthogonal ke sumbu tiang dengan cara menyerap lenturan. Pondasi tiang dibuat menjadi satu kesatuan yang monolit dengan menyatukan pangkal tiang yang terdapat di bawah konstruksi, dengan tumpuan pondasi.

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

dermaga. Pada bangunan ini, tiang–tiang dipengaruhi oleh gaya-gaya benturan kapal dan gelombang air.

Fungsi dan kegunaan dari pondasi tiang adalah untuk memindahkan atau mentransfer beban-beban dari konstruksi di atasnya (super struktur) ke lapisan tanah keras yang letaknya sangat dalam. Kebanyakan pondasi tiang dipancangkan ke dalam tanah, akan tetapi ada beberapa tipe yang di cor setempat dengan cara dibuat lubang terlebih dahulu dengan mengebor tanah, pondasi ini dikategorikan sebagai pondasi *bored pile*.

2.6 Pondasi Tiang Pancang

Pemakaian pondasi tiang pancang dipergunakan untuk suatu bangunan apabila tanah dasar di bawah bangunan tersebut tidak mempunyai daya dukung (*bearing capacity*), yang cukup untuk memikul berat bangunan dan bebannya, atau apabila tanah keras yang mana mempunyai daya dukung yang cukup untuk memikul berat bangunan dan letaknya sangat dalam. Pondasi tiang pancang ini berfungsi untuk memindahkan atau mentransferkan beban–beban dari konstruksi di atasnya (*upper structure*) lapisan tanah yang lebih dalam.

Menurut bahan yang digunakan, tiang pancang dibagi 4 yakni :

1. Tiang pancang kayu
2. Tiang pancang beton
3. Tiang pancang baja
4. Tiang pancang composite

2.7 Pondasi *Bored Pile*

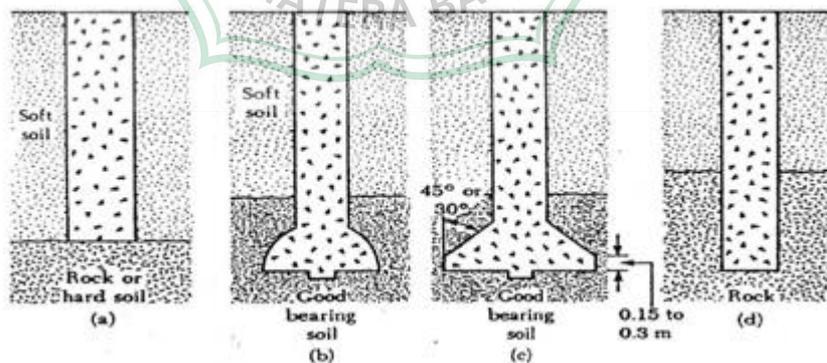
Bored pile dipasang ke dalam tanah dengan cara mengebor tanah terlebih dahulu, baru kemudian diisi tulangan dan dicor beton. Tiang ini biasanya, dipakai pada tanah yang stabil dan kaku, sehingga memungkinkan untuk membentuk lubang yang stabil dengan alat bor. Jika tanah mengandung air, pipa besi dibutuhkan untuk menahan dinding lubang dan pipa ini ditarik ke atas pada waktu pengecoran beton. Pada tanah yang keras atau batuan lunak, dasar

tiang dapat dibesarkan untuk menambah tahanan dukung ujung tiang (Gambar 2.2).

Daya dukung *bored pile* diperoleh dari daya dukung ujung (*end bearing capacity*) yang diperoleh dari tekanan ujung tiang dan daya dukung geser atau selimut (*friction bearing capacity*) yang diperoleh dari daya dukung gesek atau gaya adhesi antara *bored pile* dan tanah di sekelilingnya. *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.

Ada berbagai jenis pondasi *bored pile* yaitu:

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



Gambar 2. 3 Jenis – jenis *Bored Pile*

Ada beberapa alasan digunakannya pondasi *bored pile* dalam konstruksi :

1. *Bored pile* tunggal dapat digunakan pada tiang kelompok atau *pile cap*.
2. Kedalaman tiang dapat divariasikan.
3. *Bored 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 *bored 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 *bored pile*.
6. Selama pelaksanaan pondasi *bored pile* tidak ada suara yang ditimbulkan oleh alat pancang seperti yang terjadi pada pelaksanaan pondasi tiang pancang.
7. Karena dasar dari pondasi *bored pile* dapat diperbesar, hal ini memberikan ketahanan yang besar untuk gaya keatas.
8. Permukaan di atas dimana dasar *bored pile* didirikan dapat diperiksa secara langsung.
9. Pondasi *bored pile* mempunyai ketahanan yang tinggi terhadap beban lateral.

Beberapa kelemahan dari pondasi *bored 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. Pembesaran ujung bawah tiang tidak dapat dilakukan bila tanah berupa pasir.

5. 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 ke dalam kolam air.
6. Akan terjadi tanah runtuh (*ground loss*) jika tindakan pencegahan tidak dilakukan maka dipasang *casing* untuk mencegah kelongsoran.
7. Karena diameter tiang cukup besar dan memerlukan banyak beton, untuk pekerjaan kecil mengakibatkan biayanya sangat melonjak, maka ukuran tiang *bored pile* disesuaikan dengan beban yang dibutuhkan.
8. 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 *bored pile* untuk pekerjaan *base grouting*

Ditinjau dari segi pelaksanaannya pondasi *bored pile* dapat dibedakan menjadi 3 macam *type*:

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* yang banyak dengan terjadinya perembesan melalui lapangan *permeable* tersebut.

2. Sistem *Grabbing*

Pada penggunaan sistem ini diperlukan *casing* (*continuous semirotary motion casing*) sebagai penahan longsor. *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*

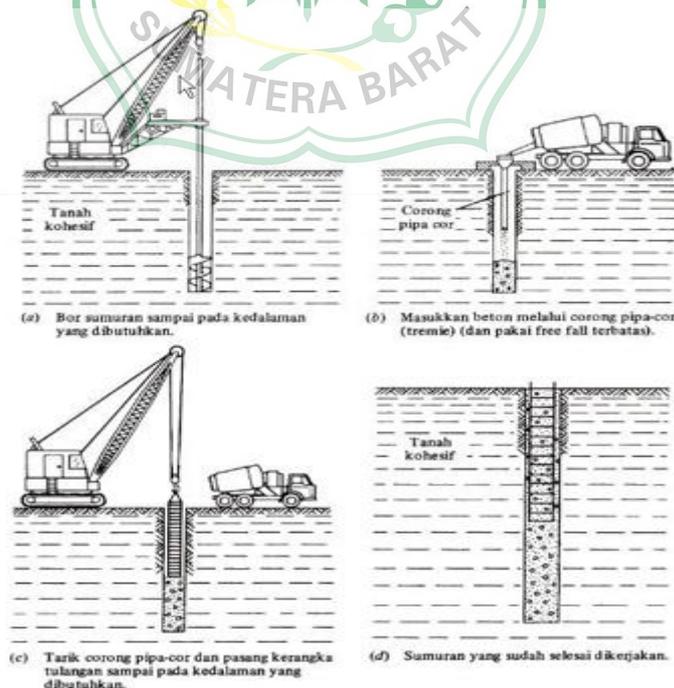
Pada sistem ini diperlukan *casing* sebagai penahan kelongsoran dan juga pompa air untuk sirkulasi airnya yang dipakai untuk pengeboran. Sistem ini cocok untuk

kondisi tanah pasir lepas. Untuk jenis *bored pile* ini perlu diberikan tambahan tulangan praktis untuk menahan gaya lateral yang terjadi. Penulangan minimum 2% dari luas penampang tiang

Pada saat ini ada tiga metode dasar pengeboran (variabel-variabel tempat proyek mungkin juga memerlukan perpaduan beberapa metode), yaitu:

1. Metode Kering

Rangkaian pembuatannya seperti pada (Gambar 2.3). 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 di beton sebelum sumuran terisi air cukup banyak sehingga bisa mempengaruhi kekuatan beton.

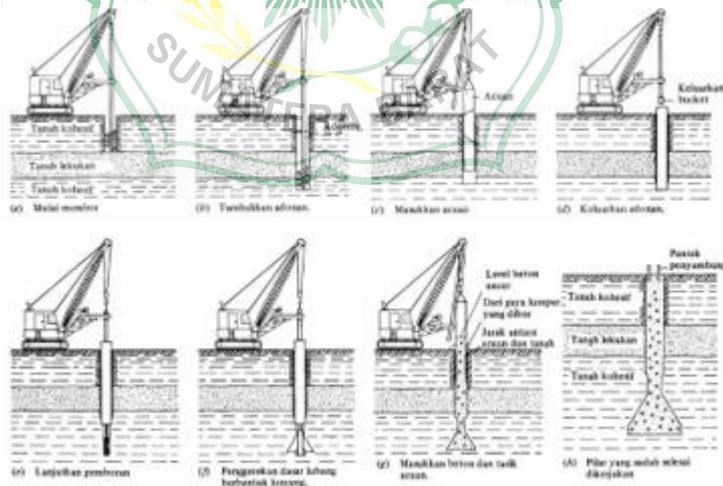


Gambar 2. 4 Metode kering konstruksi pilar yang dibor

2. Metode Acuan

Pada metode ini (Gambar 2.5.) acuan dipakai pada tempat – tempat proyek yang mungkin terjadi lekukan atau deformasi lateral yang berlebihan terhadap rongga sumur (*sharf cavity*). *Casing* diperlukan karena runtuh tanah dapat terjadi. Dalam kondisi tertentu *casing* harus dimasukkan dengan menggunakan alat penggetar (vibrator). 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 50 mm kurangnya untuk jarak 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 ke atas puncak sehingga rongga tersebut diisi dengan adukan encer

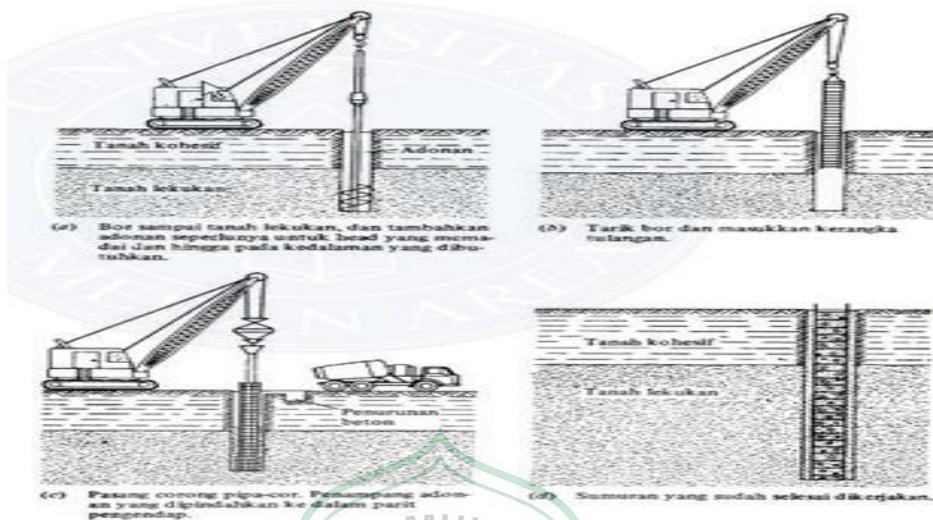


Gambar 2. 5 Metode acuan konstruksi pilar yang dibor

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 penjelasan gambar sesuai dibawah (Gambar. 2.6.)



Gambar 2. 6 Metode adonan konstruksi pilar yang dibor

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam metode ini adalah :

- a. Jangan membiarkan adonan terlalu lama dalam sumuran sehingga terbentuk lapisan penyaring yang terlalu tebal pada dinding sumuran karena lapisan yang tebal sukar untuk digeserkan oleh beton selama pengisian sumuran.
- b. Memompa adonan keluar dan partikel-partikel yang lebih besar dalam suspensi dipisahkan dengan memakai adonan '*conditioned*' yang dikembalikan lagi ke dalam sumuran sebelum beton.
- c. Hati-hati sewaktu menggali lempung melalui adonan, sehingga penarikan kepingan yang besar tidak menyebabkan tekanan atau pengisapan pori negatif yang bisa meruntuhkan sebagian dari sumuran.

Setelah sumuran selesai digali, tulangan kerangka dimasukkan ke dalam sumuran dan corong pipa-cor (*treme*) dipasang (urutan ini perlu diperhatikan sehingga corong pipa-cor tidak perlu ditarik sewaktu akan memasang kerangka (*cage*) dan lalu dipasang kembali yang pasti akan mengakibatkan terputusnya pembentukan lapisan adonan dalam sumuran). Beton dipompa dengan hati-hati

sehingga corong pipa-cor selalu terendam dalam beton sehingga hanya ada sedikit daerah permukaan yang terbuka dan yang terkontaminasi oleh adonan.

2.8 Metode Pelaksanaan Pondasi *Bored Pile*

Penggunaan teknologi sangat berperan dalam suatu proyek konstruksi. Biasanya, aplikasi teknologi ini banyak diterapkan dalam metode pelaksanaan pekerjaan konstruksi teknologi yang tepat sangat berguna dalam pengerjaan konstruksi manapun. Penggunaan metode yang tepat, praktis, cepat dan aman sangat membantu dalam penyelesaian pekerjaan pada suatu proyek konstruksi. Sehingga target waktu, biaya dan mutu sebagaimana ditetapkan dapat tercapai.

Secara umum tahapan pekerjaan pondasi tiang bor sebagai berikut :

1. Persiapan Lokasi Pekerjaan (*Site Preparation*)

- a) Dilaksanakan pengukuran pada area yang akan menjadi lokasi pekerjaan pembuatan tiang bor. Koordinat - koordinat tiang bor yang direncanakan mengacu pada BM (*Bench Mark*) yang ada di lokasi pekerjaan.
- b) Dilaksanakan *stripping, cut and fill* pada lokasi pembuatan tiang bor, agar kinerja peralatan yang digunakan efisien dan stabil.
- c) Dipersiapkan akses yang akan dilalui truk – truk *mixer* dari *batching plant* ke lokasi pembuatan tiang bor, agar tidak terjadi kendala yang signifikan pada saat pengecoran tiang bor.
- d) Pelajari *layout* pondasi dan titik – titik *bored pile*, membersihkan lokasi pekerjaan dari gangguan yang ada seperti bangunan, tanaman, pepohonan, tiang listrik/telepon, kabel dan lain sebagainya.

2. Pemasangan *Stand Pipe*

Stand pipe dipasang dengan ketentuan bahwa pusat dari *stand pipe* harus berada pada titik as pondasi yang telah disurvei terlebih dahulu. Pemasangan *stand pipe* dilakukan dengan bantuan *excavator*.

3. Pembuatan Drainase dan Kolam Air

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

2.9 Pengujian Penetrasi Sondir (*Sondering Test*)

Uji penetrasi sondir banyak digunakan di Indonesia. Adapun maksud dan tujuan dari pengujian sondering test adalah untuk mengetahui perlawanan/tahanan penetrasi konus/ujung (*end resistance/cone resistant*) dari lapisan tanah pendasar yang dinyatakan dalam kg/cm^2 dan hambatan lekat (*skin friction*) yaitu gaya perlawanan konus dan bikonus yang dinyatakan dalam kg/cm .

Pelaksanaan sondir dimulai dengan melakukan pengangkeran/pengikatan alat sondir agar peralatan pada saat pelaksanaan pengujian tidak goyang dan posisi alat sondir tegak. Pekerjaan pengujian sondir dilaksanakan setelah pipa batang sondir disambung ke bikonus dan pengujian baru dapat dimulainya setelah posisi alat sondir tegak lurus dan gastrol oli diisi sampai penuh serta gelembung-gelembung udara dikeluarkan dari hidrolis. Untuk mendapatkan data tahanan/perlawanan ujung/konus (*end resistance/cone resistant*), tahanan geser/lekat setempat (*local skin friction*) dan total tahanan (*total skin friction*), konus ditekan ke dalam tanah dengan tenaga mekanis dengan cara memutar stang dari peralatan sondir.

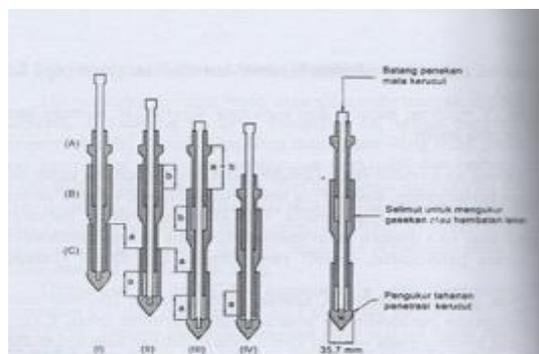
Pembacaan manometer sondir dilakukan setiap interval 20 cm, sedangkan kecepatan pengujian penetrasi sondir dilakukan dengan kecepatan maksimum 2 cm/detik, dimana setiap kedalaman 1 meter penyondiran dilakukan penyambungan pipa/batang sondir. Pada pembacaan tahanan/perlawanan ujung konus (*end resistance/cone resistant*) sebesar 0 - 45 kg/cm^2 dipergunakan manometer skala 60

kg/cm² dan pembacaan, sedangkan pembacaan lebih besar 45 kg/cm² digunakan manometer skala 250 kg/cm². Hasil pembacaan ini ditulis ke dalam format data sondering test.

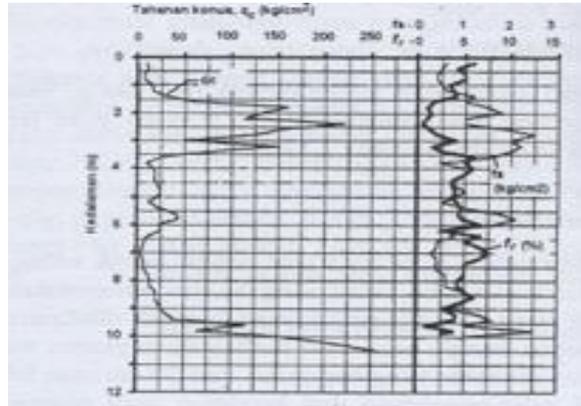
2.10 Kapasitas Daya Dukung *Bored Pile* Dari Hasil *Sondering Test*

Pengujian ini sangat berguna untuk memperoleh nilai variasi kepadatan tanah pasir yang padat dan tanah – tanah berkerikil dan berbatu, penggunaan alat sondir menjadi tidak efektif, karena mengalami kesulitan dalam menembus tanah. Nilai – nilai tahanan konus (q_c) yang diperoleh dari pengujian, dapat dikorelasikan secara langsung dengan kapasitas dukung tanah dan penurunan pada pondasi – pondasi dangkal dan pondasi tiang.

Ujung alat ini terdiri dari kerucut baja yang mempunyai sudut kemiringan 60 dan kemiringan 35,7 mm atau mempunyai luas penampang 10 cm². Bentuk skematis dan cara kerja alat ini dapat dilihat pada Gambar. 2.7. Salah satu macam alat sondir dibuat sedemikian rupa sehingga dapat mengukur tahanan ujung dan tahanan gesek dari selimut silinder mata sondirnya. Cara menggunakan alat ini dengan menekan pipa penekan dan mata sondir secara terpisah, melalui alat penekan mekanis atau dengan tangan yang memberikan gerakan ke bawah. Kecepatan penetrasi kira – kira 10 mm/detik. Pembacaan tahanan konus dilakukan dengan melihat arloji pengukur. Nilai q_c adalah besarnya tahanan kerucut dibagi dengan luas penampangnya (10 cm²). Pembacaan arloji pengukur, dilakukan pada tiap – tiap penetrasi sedalam 20 cm. tahanan ujung serta tahanan gesek selimut alat sondir dicatat. Dari sini diperoleh grafik tahanan kerucut statis atau tahanan konus yang menyajikan nilai keduanya (Gambar. 2.8.)



Gambar 2. 7 Skema alat kerucut statis dan cara kerja alat



Gambar 2. 8 Contoh grafik hasil uji sondir

2.11 Contoh Perhitungan Manual Pondasi *Bored Pile*

Didalam perencanaan pondasi tiang, data tanah sangat diperlukan dalam merencanakan kapasitas daya dukung (*bearing capacity*) dari *bored pile* sebelum pembangunan dimulai, guna menentukan kapasitas daya dukung ultimit dari pondasi tiang. Untuk menghitung daya dukung *bored pile* berdasarkan data hasil pengujian sondir dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Q_u = q_b \cdot A_b \tag{1}$$

$$q_b = q_{ca} (\text{base}) \cdot F_b \tag{2}$$

Dimana:

Q_u = Kapasitas daya dukung aksial *ultimate* tiang *bored*

q_b = Kapasitas daya dukung di ujung tiang persatuan luas

A_b = Luas di ujung tiang

$q_{ca} (\text{base})$ = Perlawanan konus rata-rata 1,5D di atas ujung tiang, 1,5D di bawah ujung tiang

F_b = faktor empirik tergantung pada tipe tanah.

Tabel 2. 1 Faktor empirik Fb

Tipe Tiang	Fb
Bored Pile	3,5
Baja	1,75
Beton Pratekan	1,75

(Titi & Farsakh, 1999)

2.12 Faktor Aman

Untuk memperoleh kapasitas ijin tiang, maka diperlukan untuk membagi kapasitas ultimit dengan faktor aman tertentu.

-Untuk dasar tiang yang dibesarkan dengan $d < 2$ m

$$Q_a = Q_u$$

$$2,5$$

-Untuk dasar tiang tanpa pembesaran di bagian bawah $Q_a = Q_u$

$$2$$

2.13 Pengujian Pengeboran Dengan Bor Mesin Dan SPT

Pengujian perencanaan pondasi tiang dengan pengeboran ini dilakukan dengan alat bor mesin. Pengujian pengeboran bertujuan membuat lobang pada lapisan tanah untuk :

1. Mengetahui susunan lapisan tanah pendukung secara *visual* dan terperinci.
2. Mengambil sampel tanah terganggu (*disturbed sample*) lapis demi lapis sampai kedalaman yang diinginkan untuk deskripsi dan klasifikasi tanah (*visual soil classification*) dan juga digunakan sebagai bahan pengujian laboratorium.
3. Mengambil *sample* tanah tak terganggu (*undisturbed sample*) untuk bahan pengujian di laboratorium.
4. Melaksanakan pengujian *standard penetration test* (SPT) setiap interval 2 meter.

5. Mengamati dan melaksanakan pengukuran kedalaman muka air tanah (*Ground Water Level* disingkat *GWL*).

Pada sewaktu pengeboran lobang bor dilindungi dengan *casing* agar tidak terjadi kelongsoran sehingga diperoleh hasil pengeboran yang baik dimana contoh tanah (*sample*) tidak terganggu oleh tanah longsoran. Untuk tanah lunak (*soft soil*) pengeboran harus dilakukan dengan *casing* berputar, *drilling rod* dan ujung *casing* diberi mata bor. Bila ditemui tanah keras maka pemboran harus dilakukan dengan diamond bit.

Pengambilan *sample* tak terganggu dilakukan dimana setelah pengambilan contoh tanah (*sample*), tabung contoh (*tube sample*) ditutup dengan parafin untuk mencegah penguapan pada contoh tanah tersebut dan pada tabung diberi kode titik bor dan kedalaman pengujian. Contoh tanah ini dibawa ke laboratorium untuk bahan/sampel pengujian Laboratorium.

Pengujian *standard penetration test* (SPT) dilakukan setiap interval kedalaman pemboran 2 meter. Tabung SPT harus mempunyai ukuran OD 2 inch, ID 1 3/8 inch dan panjang 24 inch dengan tipe *split spoon sample*.

2.14 Kapasitas Daya Dukung *Bored Pile* Dari Data SPT

Uji penetrasi standar dilakukan karena sulitnya memperoleh contoh tanah tak terganggu pada tanah granuler. Pada pengujian ini, sifat – sifat tanah pasir ditentukan dari pengukuran kerapatan relatif secara langsung dilapangan. Pengujian untuk mengetahui nilai kerapatan relatif yang sering digunakan adalah uji penetrasi standar atau disebut uji SPT (*Standard Penetration Test*).

Prosedur uji SPT sewaktu melakukan pengeboran inti, jika kedalaman pengeboran telah mencapai lapisan tanah yang akan diuji, mata bor dilepas dan diganti dengan alat yang disebut tabung belah standar (*standart split barrel sampler*) (Gambar. 2.9.). setelah tabung ini dipasang bersama – sama dengan pipa bor, alat diturunkan sampai ujungnya menempuh lapisan tanah dasar, dan kemudian dipukul dari atas.

2.14.1 Kapasitas Dukung Tiang Tunggal Metode Meyerhoff

Perkiraan kapasitas daya dukung pada pondasi *bored pile* pada tanah pasir dan lempung didasarkan pada uji lapangan SPT ditentukan dengan perumusan sebagai berikut :

1. Daya Dukung Pondasi Tiang Pada Tanah Kohesif

a) Daya dukung ujung pondasi *bored pile* (*end bearing*)

$$Q_p = A_p \cdot q_p \quad (3)$$

$$q_p = 9 c_u$$

dimana :

Q_p = Daya dukung ujung tiang

A_p = Luas penampang *bored pile* (cm²)

q_p = Tahanan ujung persatuan luas

c_u = Kohesi tanah

b) Daya dukung selimut *bored pile* (*skin friction*)

Q_s = Daya dukung selimut tiang

F = Tahanan satuan *skin friction*

L_i = Panjang lapisan tanah

p = Keliling tiang

α = Faktor adhesi (menurut *Reese* dan *Wright koefisien* α untuk tiang bor = 0,55)

2. Daya Dukung Pondasi Tiang Pada Tanah non Kohesif

a) Daya dukung ujung pondasi *bored pile* (*end bearing*)

Untuk N 60 maka $q_p = 7 N \text{ (t/m}^2\text{)} < 400 \text{ (t/m}^2\text{)}$

$$Q_p = A_p \cdot q_p \quad (4)$$

$$Q_p = 7N \cdot A_p \quad (5)$$

dimana :

Q_p = Daya dukung ujung tiang

A_p = Luas penampang *bored pile* (cm²)

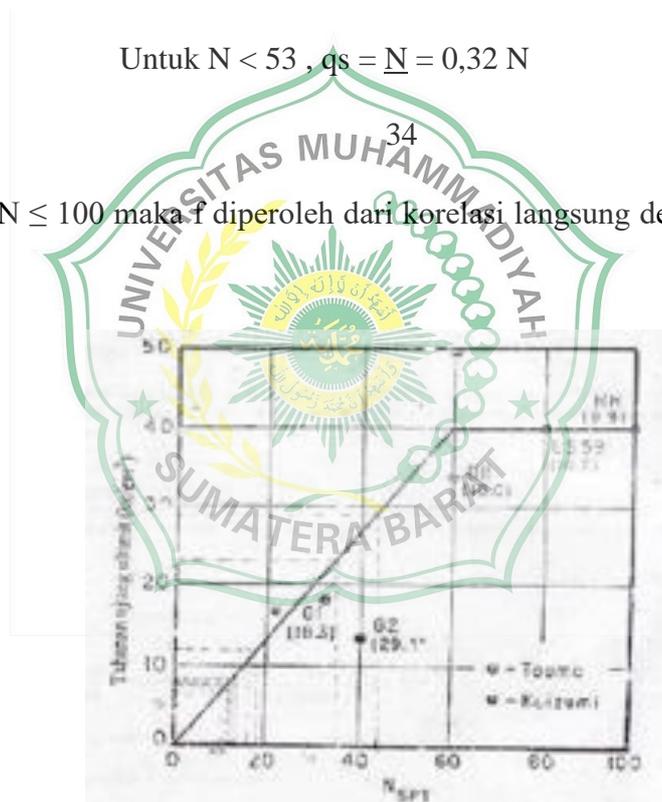
q_p = Tahanan ujung persatuan luas

b) Daya dukung selimut *bored pile* (*skin friction*)

$$Q_s = q_s \cdot L_i \cdot P \quad (6)$$

Untuk $N < 53$, $q_s = \frac{N}{34} = 0,32 N$

Untuk $53 < N \leq 100$ maka f diperoleh dari korelasi langsung dengan NSPT (*Reese & Wright*).



Gambar 2. 9 Tahanan geser selimut *Bored pile* pada tanah pasir

2.14.2 Kapasitas Dukung Tiang Tunggal Metode Aoki & De Alencar

Diantara perbedaan pengujian dilapangan, pengujian sondir atau *cone penetration test* (CPT) seringkali dipertimbangkan berperan dari geoteknik. Pengujian sondir sangat cepat, sederhana, ekonomis dan dapat dipercaya di lapangan dengan pengukuran terus-menerus dari permukaan tanah-tanah dasar.

Pengujian sondir dapat mengklasifikasi lapisan tanah dan dapat memperkirakan kekuatan serta karakteristik dari tanah. Di dalam perencanaan pondasi tiang pancang, data tanah geser sangat diperlukan dalam merencanakan kapasitas daya dukung dari tiang pancang sebelum pembangunan dimulai, untuk menentukan kapasitas ultimit dari tiang pancang. Kapasitas daya dukung ultimit dengan metode Aoki & De Alencar di tentukan dalam Persamaan (7) sebagai berikut.

$$Q_u = Q_p + Q_s = q_b \cdot A_p + f \cdot A_s \quad (7)$$

keterangan :

Q_u : Kapasitas dukung ultimit

Q_p : Kapasitas tahanan ujung tiang.

Q_s : Kapasitas tahanan kulit.

q_b : Kapasitas dukung ujung tiang persatuan luas.

A_p : Luas ujung tiang.

f : Satuan tahanan kulit persatuan luas.

A_s : Luas kulit tiang pancang

Aoki & De Alencar mengusulkan agar memperkirakan kapasitas dukung ultimit dari data sondir. Kapasitas dukung ujung persatuan luas (q_b) diperoleh dari Persamaan 8 berikut.

$$q_b = \frac{q_{ca} (base)}{F_b} \quad (8)$$

keterangan :

q_b : Kapasitas dukung ujung tiang persatuan luas

$q_{ca} = (base) =$ perlawanan konus rata-rata 1,5 D di atas ujung tiang, 1,5 D di bawah ujung tiang

F_b : faktor empirik tahanan tiang tergantung pada tipe tiang.

Tahanan kulit persatuan luas diprediksi dalam Persamaan 9.

$$f = q_c (side) \frac{a_s}{F_s} \quad (9)$$

keterangan :

f : satuan tahanan kulit persatuan luas

α_s : nilai faktor empirik tipe tanah

q_c (side) : perlawanan konus rata-rata pada masing-masing lapisan sepanjang tiang

F_s : faktor empirik tahanan kulit yang tergantung pada tipe tiang

Titi & Farsakh mengusulkan untuk nilai faktor empirik F_b dan F_s dapat dilihat pada Tabel 3.1 sedangkan nilai faktor empirik untuk tipe tanah yang berbeda dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 2. 2 Faktor Empirik F_b dan F_s

Tipe Tiang Pancang	F_b	F_s
Tiang Bor	3,5	7,0
Baja	1,75	3,5
Beton Pratekan	1,75	3,5

Tabel 2. 3 Faktor Empirik untuk Tipe Tanah yang Berbeda

Tipe Tanah	α_s (%)
Pasir	1,4
Lanau	3,0
lempung	1,4

(Sumber : Titi & Farsakh, 1999)

2.14.3 Kapasitas Dukung Tiang Tunggal Metode Luciano Decourt

Salah satu metode yang dapat berlaku umum untuk jenis tanah apapun adalah Luciano Decourt (1982). Metode ini merupakan penyempurnaan dari metode sebelumnya yaitu Meyerhoff, dimana metode Luciano Decourt mempunyai nilai yang lebih akurat. Besarnya daya dukung tiang ultimit (Q_u) dapat ditinjau dari Persamaan 10.

Pada metode Luciano Decourt (Ismail 2014) dibutuhkan nilai koefisien

yang tergantung dari jenis tanah yang akan dipakai, nilai koefisien tersebut dapat dilihat seperti pada Tabel 3.3

$$Q_u = (A_p) \times N_p \times K + (A_s \times \frac{N_s}{3} + 1) \quad (10)$$

keterangan:

Q_u : Daya dukung ultimit tiang,

A_p : Luas penampang ujung tiang

N_p : Nilai rata-rata dari SPT mulai 4D di bawah ujung tiang hingga 4D di atas ujung tiang

K : koefisien yang tergantung dari jenis tanah

A_s : Luas selimut tiang

N_s : Nilai SPT rata-rata pada lapisan tanah sepanjang tiang yang ditinjau

Nilai Koefisien Tergantung dari Jenis Tanah (Decourt.L, 1987)

Jenis Tanah	K (t/m ²)
Lempung	12
Lanau berlempung	20
Lanau berpasir	25
Pasir	40

(sumber: Ismail 2014)

Dalam perhitungan kapasitas dukung pondasi eksisting digunakan metode Reece and Wright. Digunakan persamaan 11

$$Q_u = Q_p + Q_s = A_p \cdot N_c \cdot C_u + P \cdot \sum a C_u \Delta h \quad (11)$$

keterangan :

Q_u : Kapasitas dukung ultimit tiang

Q_p : Kapasitas dukung ujung tiang

Q_s : Kapasitas dukung selimut tiang

Kapasitas dukung ujung tiang bor pada tanah lempung didapat menggunakan

persamaan 12

$$Q_p = A_p \cdot 9 \cdot C_u \quad (12)$$

keterangan :

A_p : luas penampang ujung tiang bor

C_u : kohesi tak terdrainase

Kapasitas dukung selimut tiang bor dapat ditentukan dengan persamaan

$$Q_s = P \cdot \sum \alpha C_u \Delta h \quad (13)$$

keterangan :

P : Keliling pondasi

α : Faktor adhesi

2.15 Permodelan Menggunakan *Software*

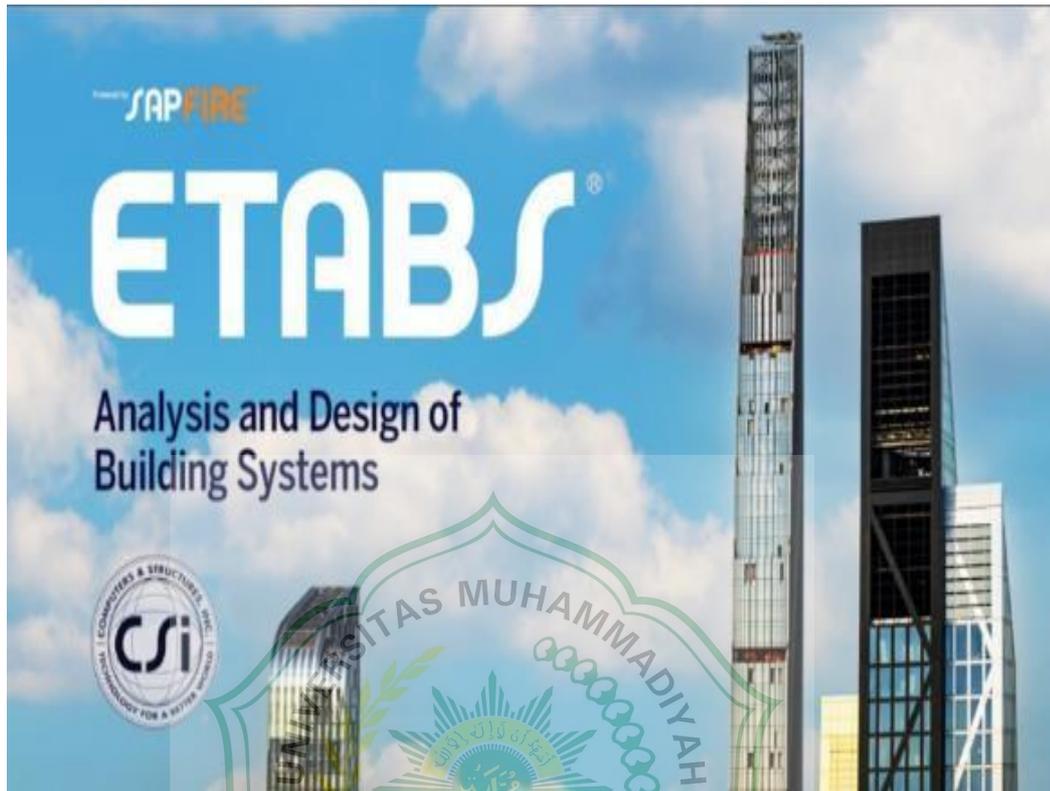
Searah dengan perkembangan zaman yang begitu cepat ilmu teknik sipil sudah memiliki perkembangan modernisasi di bidang ilmu teknologinya. Peranan teknologi yang sangat krusial bagi dunia teknik sipil yaitu mempermudah dan mempercepat, tepat, terilahi, terarah dan terukur sebuah pekerjaan suatu konstruksi. Tidak hanya pekerjaan lapangan yang sangat terbantu dengan adanya alat berat, dalam hal analisis perhitungan maupun dalam mendesain perencanaan pun sekarang sudah terdapat teknologi yang berbentuk *software*.

Software merupakan data yang telah diprogram, disimpan dan format secara digital dengan fungsi tertentu, dan *software* ini memiliki berbagai jenis sesuai dengan fungsi dan kegunaannya. Misalnya untuk membantu analisa sebuah perencanaan dan perhitungan dalam bidang struktur terdapat *software* ETABS salah satu *software* yang dapat menjadi solusi dan masih banyak yang lainnya.

2.15.1 *Software* ETABS V20

Program ETABS adalah perangkat lunak yang berguna untuk analisis, desain dan permodelan struktur bangunan yang akurat dan cepat. ETABS

mengambil pendekatan yang sangat spesifik untuk desain gedung bertingkat dengan mempertimbangkan beban struktur dan beban lainnya. Perhatikan Gambar 2.11



Gambar 2. 10 Tampilan Software ETABS V2

2.16 Pile Cap

Pile cap adalah elemen struktural yang digunakan dalam konstruksi untuk mendistribusikan beban dari satu atau beberapa tiang (*pile*) ke pondasi yang lebih luas. *Pile cap* berfungsi sebagai penyebar beban untuk mengurangi tekanan yang diterima oleh pondasi dan mencegah deformasi atau kegagalan struktural. *Pile cap* biasanya terbuat dari beton bertulang dan ditempatkan di bagian atas tiang-tiang yang saling terhubung. Bentuk *pile cap* dapat bervariasi, termasuk persegi, persegi panjang, atau bundar, tergantung pada konfigurasi dan beban struktural yang diterapkan. *Pile cap* juga sering digunakan untuk menghubungkan dan mengokohkan tiang-tiang secara keseluruhan, sehingga membentuk struktur yang kokoh dan stabil. *Pile cap* merupakan komponen penting dalam konstruksi bangunan, jembatan, dermaga, dan struktur lainnya yang menggunakan pondasi tiang.

A. Fungsi dan Manfaat *Pile Cap*

Fungsi dan manfaat utama dari *pile cap* dalam konstruksi adalah sebagai berikut:

1. Distribusi Beban

Pile cap bertugas untuk mendistribusikan beban yang diterima dari tiang-tiang (*pile*) ke pondasi yang lebih luas. Dengan adanya *pile cap*, beban dari tiang-tiang akan tersebar dengan lebih merata ke dalam pondasi, mengurangi tekanan yang diterima oleh tanah di sekitarnya dan meminimalkan risiko deformasi atau kegagalan struktural.

2. Meningkatkan Kapasitas Dukung

Pile cap membantu meningkatkan kapasitas dukung pondasi dengan memperluas *area* kontak antara tiang-tiang dan tanah di bawahnya. Dengan memiliki *area* yang lebih luas, *pile cap* dapat menyalurkan beban secara efektif ke tanah, meningkatkan kestabilan dan daya dukung keseluruhan struktur.

3. Mengokohkan Tiang-Tiang

Pile cap berperan sebagai penghubung antara tiang-tiang, menjaga agar tiang-tiang tersebut tetap berada dalam posisi yang tepat dan terkait satu sama lain. Hal ini membantu mencegah pergeseran atau ketidaksejajaran tiang-tiang, yang dapat mempengaruhi kestabilan dan kinerja struktur.

4. Meningkatkan Distribusi Beban Lateral

Selain beban vertikal, *pile cap* juga berfungsi untuk mengatasi beban lateral, seperti beban angin atau gempa. Dengan meratakan beban lateral ke tiang-tiang yang terhubung, *pile cap* membantu menjaga stabilitas dan integritas struktur di bawah kondisi beban eksternal yang ekstrem.

5. Konstruksi

Pile cap memberikan platform yang stabil dan rata untuk melakukan pekerjaan konstruksi lebih lanjut di atasnya. Dengan adanya *pile cap*, pekerjaan pengecoran dan penempatan struktur di atasnya dapat dilakukan dengan lebih mudah dan efisien.

Dengan mempertimbangkan fungsi dan manfaatnya, *pile cap* merupakan komponen penting dalam konstruksi yang membantu memastikan kestabilan, keamanan, dan kinerja jangka panjang dari struktur yang menggunakan pondasi tiang. Penting untuk merancang, membangun, dan memelihara *pile cap* dengan cermat sesuai dengan persyaratan desain dan standar konstruksi yang berlaku.

B. Jenis-jenis *Pile Cap*

Berikut adalah beberapa jenis *pile cap* yang umum digunakan dalam konstruksi:

1. *Pile Cap* Tunggal

Pile cap tunggal adalah jenis *pile cap* yang digunakan untuk menghubungkan beberapa tiang tunggal yang berdekatan. *Pile cap* tunggal memiliki bentuk yang sederhana dan biasanya digunakan untuk struktur dengan beban ringan hingga sedang.

2. *Pile Cap* Berbentuk T

Pile cap berbentuk T memiliki bentuk yang menyerupai huruf T terbalik. *Pile cap* ini digunakan ketika ada dua baris tiang yang berdekatan dan harus dihubungkan. Bentuk T pada *pile cap* memberikan kestabilan tambahan dan distribusi beban yang lebih baik.

3. *Pile Cap* Berbentuk L

Pile cap berbentuk L mirip dengan *pile cap* berbentuk T, namun memiliki satu sisi yang lebih panjang daripada yang lain. *Pile cap* ini digunakan ketika ada satu baris tiang yang berdekatan dengan dinding struktur atau elemen lain yang membatasi sisi *pile cap*.

4. *Pile Cap* Berbentuk Bersegi

Pile cap berbentuk persegi memiliki bentuk persegi atau persegi panjang dan digunakan ketika ada kelompok tiang yang berdekatan dalam pola tertentu, seperti persegi atau persegi panjang. *Pile cap* ini memungkinkan distribusi beban yang merata ke setiap tiang dalam kelompok.

5. *Pile Cap* Berbentuk Oval

Pile cap berbentuk oval memiliki bentuk oval atau elips. Bentuk ini digunakan ketika ada kelompok tiang dengan pola yang tidak beraturan atau tidak beraturan, dan *pile cap* perlu disesuaikan dengan pola tersebut.

6. *Pile Cap* Bersama (Combined *Pile Cap*)

Pile cap bersama digunakan ketika dua atau lebih baris tiang bertemu pada satu titik di bawah struktur. *Pile cap* ini dirancang untuk menangani beban yang diterima dari tiang-tiang yang bertemu dan mendistribusikannya ke pondasi.

Setiap jenis *pile cap* memiliki keunggulan dan kelemahan tertentu, dan pemilihan jenis *pile cap* yang tepat tergantung pada kondisi proyek, beban yang diterima, dan desain struktur yang diperlukan. Penting untuk mengikuti pedoman desain dan standar konstruksi yang berlaku saat memilih dan merancang *pile cap*.

C. Kelebihan dan Kekurangan *Pile Cap*

1. Kelebihan *Pile Cap*:

- a) **Distribusi Beban yang Merata:** *Pile cap* secara efektif mendistribusikan beban dari tiang-tiang ke pondasi, sehingga mencegah terjadinya konsentrasi beban pada titik-titik tertentu. Hal ini membantu menjaga kestabilan struktur secara keseluruhan.
- b) **Kekuatan Struktural yang Tinggi:** *Pile cap* dirancang untuk menahan beban vertikal dan horizontal yang diterima dari tiang-tiang. Mereka memiliki kekuatan struktural yang tinggi dan mampu menangani beban yang signifikan.

- c) **Fleksibilitas Desain:** *Pile cap* dapat dirancang dalam berbagai bentuk dan ukuran sesuai dengan kebutuhan proyek. Ini memberikan fleksibilitas dalam merancang struktur yang kompleks atau dengan pola tiang yang berbeda.
- d) **Menghubungkan Tiang-Tiang Secara Efisien:** *Pile cap* memungkinkan penghubungan yang efisien antara tiang-tiang, terutama ketika ada kelompok tiang yang berdekatan. Mereka membantu menjaga koherensi struktural antara tiang-tiang dan menghindari pergeseran atau ketidaksejajaran yang mungkin terjadi.
- e) **Distribusi Pergerakan dan Deformasi:** *Pile cap* membantu dalam distribusi pergerakan dan deformasi yang mungkin terjadi di bawah beban. Mereka memungkinkan redistribusi tegangan dan pergerakan yang terjadi di antara tiang-tiang dalam kelompok, mengurangi risiko kerusakan struktural.

2. Kekurangan *Pile Cap*:

- a) **Biaya yang Lebih Tinggi:** *Pile cap* membutuhkan perencanaan dan konstruksi yang lebih rumit dibandingkan dengan pondasi tunggal. Ini dapat menyebabkan biaya yang lebih tinggi dalam hal perencanaan, bahan, dan tenaga kerja.
- b) **Waktu yang Dibutuhkan:** Proses perencanaan, pembuatan, dan pemasangan *pile cap* memerlukan waktu yang lebih lama dibandingkan dengan pondasi tunggal. Ini dapat mempengaruhi jadwal proyek dan menambah durasi konstruksi.
- c) **Ruang yang Dibutuhkan:** *Pile cap* membutuhkan ruang yang lebih besar dibandingkan dengan pondasi tunggal. Ini perlu dipertimbangkan dalam desain dan pemilihan lokasi proyek, terutama jika ada batasan lahan yang terbatas.
- d) **Pekerjaan Konstruksi yang Kompleks:** *Pile cap* melibatkan pekerjaan konstruksi yang lebih kompleks, termasuk perencanaan dan pengaturan tiang-tiang, pengecoran beton, dan penempatan baja tulangan. Ini membutuhkan keahlian yang lebih tinggi dan pemantauan yang ketat selama proses konstruksi.
- e) **Penting untuk mempertimbangkan kelebihan dan kekurangan *pile cap* dalam konteks proyek konstruksi spesifik.** Keputusan untuk menggunakan

pile cap harus didasarkan pada analisis desain, kondisi tanah, beban yang diterima, dan ketersediaan sumber daya.

D. Cara atau Tahapan Perencanaan *Pile Cap*

Tahapan perencanaan *pile cap* meliputi beberapa langkah penting sebagai berikut:

1. Studi Perencanaan Struktur

Tahap awal perencanaan melibatkan studi perencanaan struktur secara keseluruhan. Ini mencakup analisis beban yang akan diterima oleh *pile cap*, seperti beban vertikal, horisontal, dan momen. Analisis ini akan membantu menentukan dimensi, bentuk, dan jumlah tiang yang diperlukan.

2. Pemilihan Tipe *Pile Cap*

Berdasarkan analisis struktur, tipe *pile cap* yang sesuai harus dipilih. Tipe *pile cap* dapat bervariasi, termasuk *pile cap* persegi, *pile cap* persegi panjang, *pile cap* bundar, atau *pile cap* khusus sesuai dengan kondisi proyek. Pemilihan tipe *pile cap* harus mempertimbangkan beban yang akan ditangani dan karakteristik tanah di lokasi proyek.

3. Desain Geometri *Pile Cap*

Setelah tipe *pile cap* dipilih, tahap berikutnya adalah merancang geometri *pile cap*. Ini melibatkan menentukan dimensi, panjang, lebar, dan ketebalan *pile cap*. Desain geometri harus mempertimbangkan beban yang akan diterima, dimensi tiang, serta persyaratan estetika dan keamanan.

4. Desain Tulangan

Desain tulangan adalah langkah penting dalam perencanaan *pile cap*. Tulangan baja harus ditempatkan di dalam *pile cap* untuk meningkatkan kekuatan dan kekakuan struktur. Desain tulangan melibatkan menentukan ukuran, jenis, dan distribusi tulangan yang tepat berdasarkan analisis beban dan kondisi tanah.

5. Analisis Daya Dukung Tanah

Pada tahap perencanaan, analisis daya dukung tanah harus dilakukan untuk memahami karakteristik tanah di lokasi proyek. Ini termasuk analisis kapasitas dukung tanah, konsolidasi tanah, dan potensi pergeseran atau penurunan tanah. Informasi ini akan membantu menentukan ukuran dan kedalaman tiang serta memastikan bahwa *pile cap* dirancang untuk mengatasi karakteristik tanah yang ada.

6. Analisis Stabilitas

Stabilitas *pile cap* dan interaksi dengan tiang-tiang harus dianalisis untuk memastikan bahwa konstruksi *pile cap* mampu menahan beban yang diantisipasi. Analisis ini melibatkan mempertimbangkan momen-momen yang ditransmisikan melalui tiang-tiang ke *pile cap* dan mengevaluasi stabilitas struktur secara keseluruhan.

7. Rencana Konstruksi

Tahap terakhir perencanaan *pile cap* melibatkan pembuatan rencana konstruksi yang rinci. Rencana ini mencakup urutan pekerjaan, metode konstruksi, bahan yang digunakan, dan spesifikasi teknis. Rencana konstruksi harus mencakup semua langkah yang diperlukan untuk memastikan pembangunan *pile cap* yang aman, efisien, dan sesuai dengan desain yang direncanakan.

Penting untuk melibatkan insinyur struktur yang berpengalaman dalam perencanaan *pile cap*. Mereka akan mampu melakukan analisis yang tepat, merancang struktur yang aman, dan menghasilkan rencana konstruksi yang terperinci.

E. Cara Pemasangan *Pile Cap*

Pemasangan *pile cap* melibatkan beberapa tahap penting sebagai berikut:

1. Persiapan Lokasi

Lokasi pemasangan *pile cap* harus disiapkan terlebih dahulu. Ini termasuk membersihkan area dari vegetasi atau material yang menghalangi, serta memastikan permukaan tanah rata dan kompak.

2. Pemasangan Tiang

Tiang-tiang harus dipasang terlebih dahulu sebelum pemasangan *pile cap*. Tiang-tiang dipasang ke dalam tanah menggunakan metode yang sesuai, seperti pemancangan atau pengeboran. Tiang-tiang harus ditempatkan dengan ketelitian yang tinggi agar sesuai dengan desain yang direncanakan.

3. Pengecoran *Pile Cap*

Setelah tiang-tiang terpasang, *pile cap* dapat dicor. Langkah ini melibatkan penyiapan bekisting sesuai dengan desain geometri *pile cap*. Bekisting harus dipasang dengan presisi agar bentuk *pile cap* yang diinginkan dapat dicapai. Setelah bekisting dipasang, beton bisa dicor ke dalam bekisting untuk membentuk *pile cap*. Penting untuk memastikan kualitas beton yang digunakan, termasuk proporsi bahan dan metode pengecoran yang tepat.

4. Pengeringan dan Perawatan

Setelah *pile cap* dicor, proses pengeringan dan perawatan harus dilakukan. *Pile cap* perlu diberi waktu yang cukup untuk mengering dan mengeras. Selama proses ini, perawatan yang tepat seperti penyiraman secara teratur dan perlindungan dari cuaca ekstrem harus dilakukan untuk memastikan kualitas dan kekuatan yang optimal.

5. Inspeksi dan Uji Kualitas

Setelah *pile cap* selesai, inspeksi dan uji kualitas harus dilakukan untuk memastikan kepatuhan terhadap desain dan standar yang berlaku. Inspektur akan memeriksa *pile cap* secara visual, mengukur dimensinya, dan melakukan uji kekuatan jika diperlukan. Hasil inspeksi dan uji kualitas ini akan memastikan bahwa *pile cap* memenuhi persyaratan teknis dan dapat berfungsi dengan baik dalam struktur keseluruhan.

Pemasangan *pile cap* adalah pekerjaan yang kompleks dan membutuhkan keahlian yang baik. Penting untuk melibatkan tim yang terampil dan berpengalaman dalam melakukan proses ini. Insinyur struktur dan tukang bangunan

profesional dapat membantu dalam merencanakan, memimpin, dan melaksanakan pemasangan *pile cap* dengan benar.

2.16 Sloof

Sloof adalah beton bertulang yang diletakan secara horizontal di atas pondasi. Jenis Konstruksi Beton Bertulang ini biasanya dibuat pada bangunan Rumah atau Gedung, dan posisinya biasanya pada Lantai 1 atau biasa disebut lantai dasar. *Sloof* sengaja didisain khusus luas penampang dan jumlah pembesiannya, disesuaikan dengan kebutuhan beban yang akan dipikul oleh *sloof* tersebut nantinya. Untuk menentukan luas penampang, dibutuhkan perhitungan teknis yang tepat agar *sloof* tersebut nanti benar-benar mampu untuk memikul beban dinding bata di atasnya.

1. Berikut adalah beberapa fungsi dari *sloof*

- a) Sebagai pengikat kolom.
- b) Meratakan gaya beban dinding ke pondasi.
- c) Menahan gaya beban dinding.
- d) Sebagai balok penahan gaya reaksi tanah yang disalurkan dari pondasi lajur.
- e) *Sloof* juga bisa difungsikan sebagai ornamen untuk memperindah arsitektur bangunan, terutama *sloof* yang lokasinya diatas permukaan tanah sehingga bisa langsung terlihat oleh mata.

2. Konstruksi *sloof* dari Beton Bertulang

Yaitu beton bertulang yang diletakan secara horizontal di atas pondasi. *Sloof* beton bertulang umumnya memiliki ukuran lebar / tinggi $> 15/20$ cm. Konstruksi *sloof* ini dapat dimanfaatkan sebagai balok pengikat pada pondasi tiang.

3. Kelebihan konstruksi *sloof* beton bertulang

- a) Struktur beton bertulang sangat kokoh
- b) Tahan terhadap getaran

- c) Material beton bertulang bisa dibuat dari bahan bahan lokal yang murah seperti pasir, kerikil air, dan relatif hanya membutuhkan sedikit semen dan tulangan baja
- d) Dibanding struktur baja, pembuatan konstruksi beton lebih mudah.
- e) Mampu memikul beban yang berat.

4. Kekurangan konstruksi *sloof* beton bertulang

- a) Bentuk yang telah dibuat sulit diubah Kembali
- b) Mempunyai bobot yang berat
- c) Pelaksanaan pekerjaan membutuhkan ketelitian yang tinggi
- d) Waktu pengerjaan lebih lama

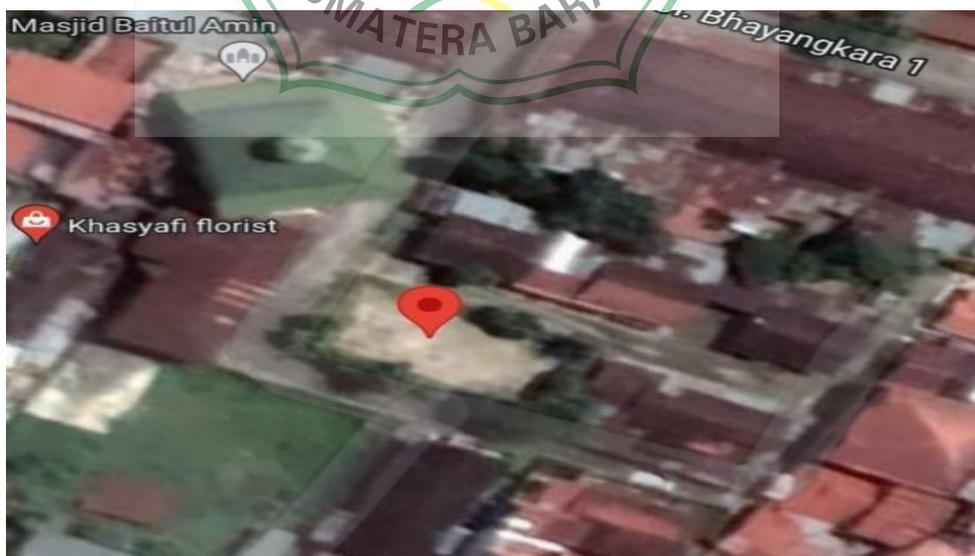


BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi proyek

Proyek Pembangunan Rusun Polres Bukittinggi yang berlokasi di Sapiran, Kec. Aur Birugo Tigo Baleh, Kota Bukittinggi, Sumatera Barat menjadi lokasi kegiatan penelitian ini.

Nama Pekerjaan : Proyek Pembangunan Rusun Polresta Bukittinggi
Lokasi Pekerjaan : Kota Bukittinggi
Konsultan Perencana : PT GUBAHREKA CONSULTAN
Konsultan Pengawas : PT SYNPRO ENGINEERING
Kontraktor Pelaksana : PT NHK JAYA MANDIRI
Nama Kontrak : Nomor SP/14/V/2023
Tanggal Kontrak : 17 Mei 2023
Nilai Kontrak : Rp 21.188.873.141.22
Sumber Dana : DIPA Resta Bukittinggi - APBN
Tahun Anggaran : 2023
Waktu Pelaksanaan : 180 (Seratus Delapan Puluh) Hari Kalender



Gambar 3. 1 Lokasi Proyek
Sumber : Google Maps (19/7/2023)

3.2 Data Teknis

Data ini diperoleh dari lapangan menurut perhitungan dari pihak perencana dengan data sebagai berikut :

1. Dalam pondasi *bored pile* : 6 m
2. Diameter pondasi *bored pile* : 40cm
3. Mutu beton : 30 MPa
4. Mutu tulangan : 420 MPa

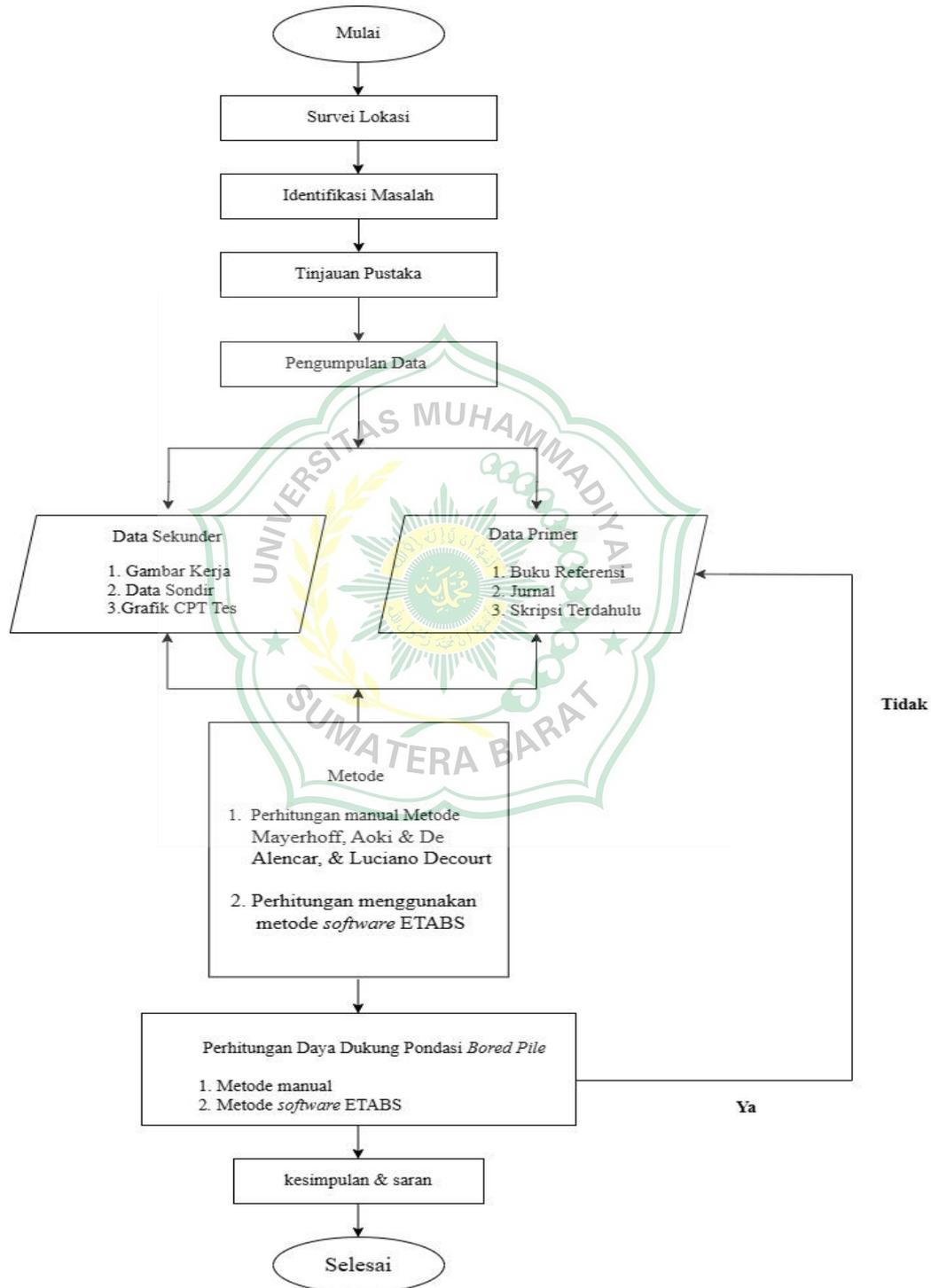
3.3 Metode Pengumpulan Data

Perangkat lunak ETABS akan digunakan dalam perhitungan untuk mencapai tujuan dan sasaran penelitian ini. Oleh karena itu, langkah-langkah berikut diambil, yang secara garis besar dianggap perlu:

1. **Tahap Pertama** mengkaji dan mempelajari bahan pustaka pada jurnal dan skripsi mengenai pondasi *bored pile*, permasalahan pondasi *bored pile*, serta desain dan implementasi penggerak *bored pile* merupakan langkah awal.
2. **Tahap Kedua** Langkah selanjutnya adalah segera mengunjungi lokasi proyek dan memastikan informasi apa yang menurut penulis harus dikumpulkan.
3. **Tahap Ketiga** adalah Penerapan pengumpulan data dari perencana PT. NHK JAYA MANDIRI Informasi yang diperoleh:
 - a. Data sondir
 - b. Data Analisa struktur
 - c. Data gambar kerja
4. **Tahap Keempat** analisis data yang telah dikumpulkan dengan menggunakan rumus-rumus yang sudah ada sebelumnya.
5. **Tahap Kelima** adalah melakukan pemeriksaan terhadap temuan yang dihitung dan membuat kesimpulan.

3.4 Bagan Alir Penelitian

Metode Analisis merupakan skema yang menuntun peneliti dalam melakukan penelitian supaya lebih terarah terukur dan teratur dalam menyelesaikan penelitian berikut bagan alir yang penulis lakukan dalam membuat karya tulis ini

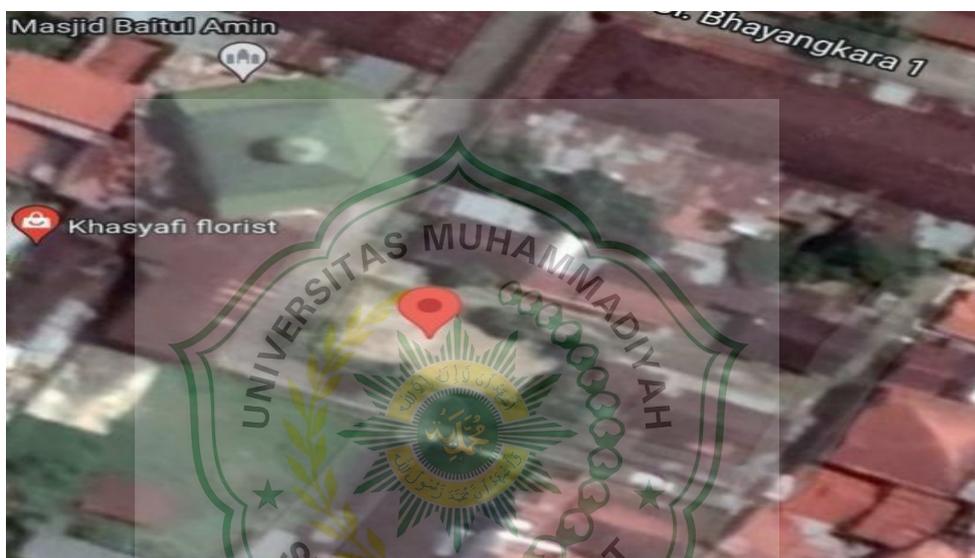


Gambar 3. 2 Bagan Alir Penelitian

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Gedung

Proyek pembangunan Rusun Polres Bukittinggi berlokasi di Kota Bukittinggi, Sumatera Barat, di Sapiran, Kec. Aur Birugo Tigo Baleh. Gedung Rusun Polres Bukittinggi Sumbar tiga lantai ini akan dibangun dengan beton bertulang. Pada Gambar 4.1, lokasi proyek ditampilkan.



Gambar 4.1 Lokasi Proyek
Sumber : Google Maps (19/7/2023)

4.1.1 Data Umum

Informasi tersebut dikumpulkan dari lapangan berdasarkan perhitungan yang dilakukan oleh perencana dengan menggunakan informasi sebagai berikut:

Nama Pekerjaan : Proyek Pembangunan Rusun Polresta Bukittinggi
Lokasi Pekerjaan : Kota Bukittinggi
Konsultan Perencana : PT GUBAHREKA CONSULTAN
Konsultan Pengawas : PT SYNRA ENGINEERING
Kontraktor Pelaksana : PT NHK JAYA MANDIRI

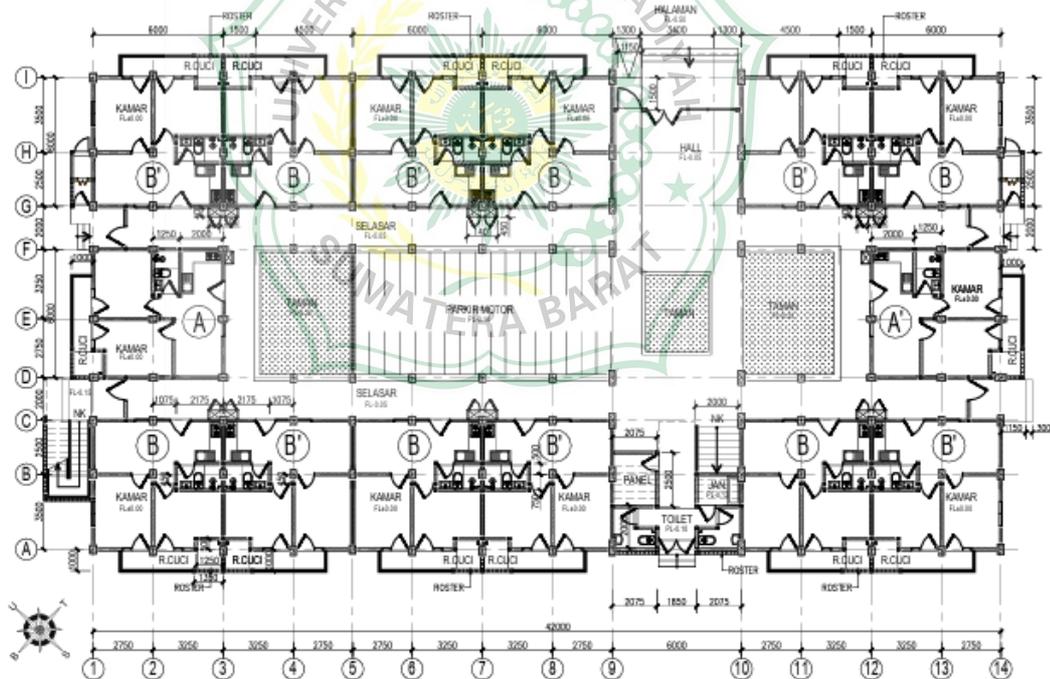
Nama Kontrak : Nomor SP/14/V/2023
Tanggal Kontrak : 17 Mei 2023
Nilai Kontrak : Rp 21.188.873.141.22
Sumber Dana : Dipa Resta Bukittinggi - APBN
Tahun Anggaran : 2023
Waktu Pelaksanaan : 180 (Seratus Delapan Puluh) Hari Kalender

4.1.2 Spesifikasi Material

Bahan atau material yang di gunakan pada pembangunan Gedung Rumah Susun Polresta Bukittinggi Sumatera Barat sebagai berikut:

1. Mutu beton (fc) : 30 MPa
2. Mutu tulangan (fy) : 420 MPa

4.1.3 Denah konstruksi



Gambar 4. 2 Denah Lantai 1

4.1.4 Data Struktur

Struktur dasar bangunan ini terbagi menjadi dua bagian: tiang bor untuk struktur bagian bawah dan struktur beton bertulang bagian atas. Penulis bermaksud untuk menilai daya dukung tiang bor dengan menggunakan metode Mayerhoff, Aoki & De Alencar, dan Luciano Decourt.

Suatu konstruksi yang berada di atas permukaan tanah atau tegak lurus terhadap pondasi disebut bangunan atas. Struktur bagian atas proyek Rusun Polres Bukittinggi Sumbar ini terdiri dari balok, pelat, atap, dan kolom.

1. Kolom

Proyek Pembangunan Rusun Polres Bukittinggi Sumatera Barat menggunakan beton dengan syarat mutu 30 Mpa fc.

2. Balok

Komponen struktur utama yang berfungsi sebagai letak lantai dan pengunci antar kolom adalah balok. Selain itu, balok berfungsi sebagai penyalur dan penopang beban horizontal. Baja mutu fy 420 Mpa dimanfaatkan pada proyek Pembangunan Rusun Polres Bukittinggi Sumbar.

3. Plat

Pelat merupakan salah satu komponen struktur bangunan yang menopang balok pada tepinya dan berfungsi sebagai pembawa beban vertikal.

4.1.5 Peraturan Pembebanan

Perhitungan dan analisis perencanaan bangunan mematuhi norma peraturan Indonesia..

a. Peraturan Pembebanan

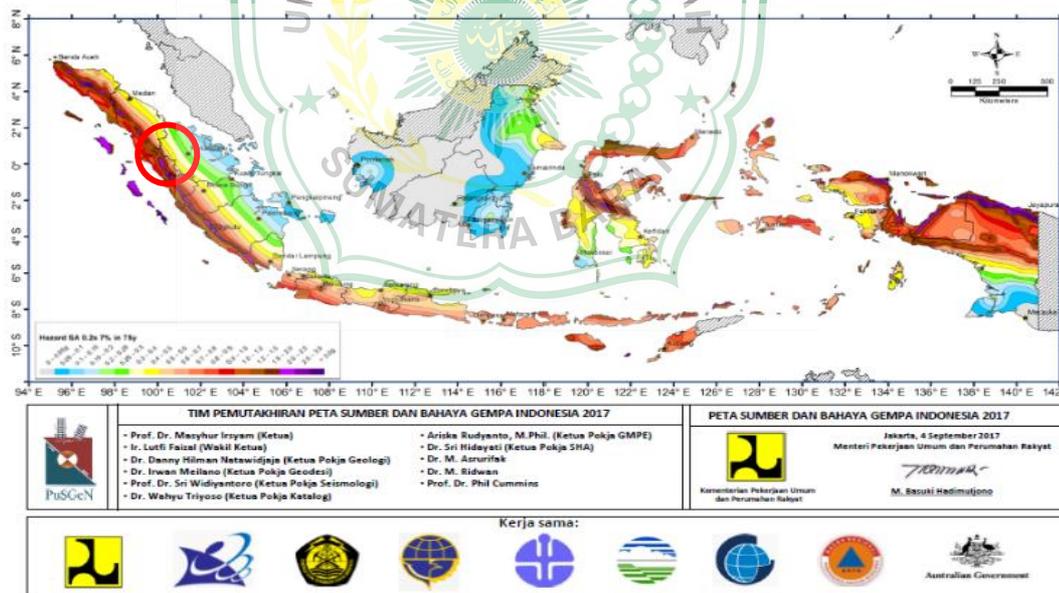
1. SNI 1726 2019 (Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan *Non* Gedung).
2. SNI 1727 2020 (Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain).
3. ASCE-7-17 (*Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings*)

b. Peraturan Struktur Beton

1. SNI 2847 2019 (Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung).
2. SNI 2052:2017 (Baja Penulangan Beton)
3. ACI 318-14 (*Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary*).

c. Peta Gempa Indonesia

Peta percepatan puncak bumi pada delapan periode ulang merupakan hasil kajian PSHA yang dilakukan Pusat Kajian Gempa Bumi Nasional (2017). 50, 100, 200, 500, 1000, 2500, 5000, dan 10.000 tahun adalah waktu pulang yang digunakan. Selanjutnya, dengan periode ulang 2500 tahun, estimasi percepatan bahaya seismik dilakukan untuk spektrum respons 0,2 dan 1 detik. Selain itu, peta determinisme bahaya PGA dihitung pada batuan dasar akibat sumber gempa dari sesar subduksi dan sesar dangkal, dengan persentil 84 dan median 50%. Peta gempa tahun 2010 diperbarui menjadi peta gempa tahun 2017 bersamaan dengan revisi ini, yang berfungsi sebagai panduan bagi para perencana dalam membangun struktur bangunan yang aman dari gempa.

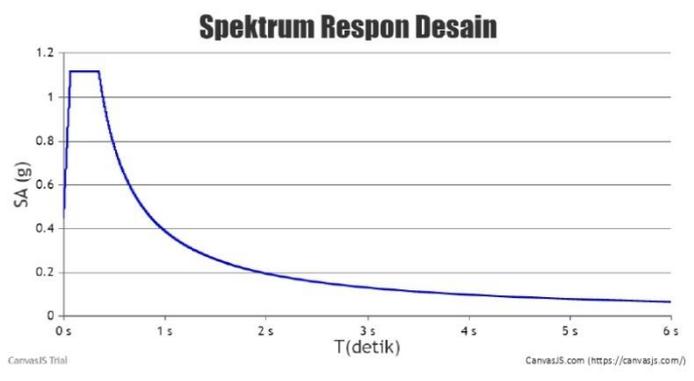


Gambar 4. 3 Peta Gempa Indonesia 2017

Desain Spektra Indonesia

Jenis Input:
 Koordinat
 Lintang: -0.3
 Bujur: 100.366667
 Tampilkan

Peta Google Peta MCE_G Peta MCE_R (S₀) Peta MCE_s (S₁) Peta C_R (C_{RS}) Peta C_R (C_{R1})
 Grafik Respon Spektra Formula Resource Credits



- SB - Batuan
- SC - Tanah Keras, Batuan Lunak
- SD - Tanah Sedang
- SE - Tanah Lunak

Results: Tabel dibawah ini merupakan Parameter untuk membuat Grafik Desain Spektra Indonesia:

Kelas: SB - Batuan

Rentang T (s): Value: 6

PGA MCEG: 0.7207 (g) bedrock

SS MCEr: 1.8707 (g) bedrock

S1 MCEr: 0.7413 (g) bedrock

TL: 8 Detik

T0(detik)	Ts(detik)	Sds(g)	Sd1(g)
0.07	0.35	1.12	0.39

Save Print

Gambar 4. 4 Parameter Spektrum Respons Desain

4.2.1 Analisis Ragam (*Modal Analysis*)

Analisis varians, sering disebut analisis modal, adalah jenis studi yang digunakan untuk memastikan bagaimana suatu struktur akan bergerak ketika tidak terkena pengaruh eksternal dan berada dalam getaran bebas. Meskipun kondisi seperti ini jarang terjadi, penelitian ini menghasilkan dua aspek dinamis struktur yang paling signifikan: periode alami dan pola perubahan bentuk (modus bentuk).

a. Jumlah Ragam

SNI 1726 2019 memiliki aturan jumlah variasinya. Respon dinamis struktur harus dihitung sedemikian rupa sehingga menjamin minimal 90% partisipasi massa dalam menghasilkan respons total.

b. Periode Getaran Bebas Struktur (Periode Fundamental)

Sebagaimana tercantum dalam SNI 1726 2019 Periode fundamental suatu struktur (T) tidak boleh lebih dari hasil kali perkiraan periode fundamentalnya (T_a) dan koefisien batas atas pada periode terhitung (C_u). Persamaan berikut harus digunakan untuk menentukan periode fundamental pendekatan (T_a):

$$T_a = C_t (H_n)^x$$

Dengan:

H_n = ketinggian struktur (m), di atas dasar sampai tingkat tertinggi struktur dan koefisien C_t dan x

Tabel 4. 1 Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan x

Tipe Struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka pemikul 100 % gaya seismik yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya seismik:		
Rangka baja pemikul momen	0,0724	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,073	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488	0,75

Tabel 4. 2 Koefisien untuk Batas Atas pada Periode yang Dihitung

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, SD1	Koefisien Cu
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

4.2.2 Beban Perencanaan

Beban inersia akibat guncangan dasar bangunan bisa lebih besar dibandingkan beban angin di daerah rawan gempa, sehingga berdampak signifikan terhadap struktur, desain, dan biaya bangunan. Reaksi dinamis bangunan merupakan faktor penting dalam menentukan pembebanan efektif struktur karena merupakan masalah inersia.

Memprediksi beban pada bangunan tidak mungkin dilakukan, kecuali beban mati. Meskipun beban hidup dapat diprediksi dengan pendekatan pengujian lapangan, namun beban gempa lebih sulit diprediksi karena bukan merupakan angka pasti. Penerapan teori probabilitas pada proses mendekati pembebanan gempa akan cukup bermanfaat. Beban-beban yang tercantum di bawah ini diperiksa: Referensi dari SNI 1727-2020 (Beban Minimum untuk Desain Bangunan dan Struktur) digunakan dalam perencanaan beban untuk proyek ini. Berikut beban struktur yang dimaksudkan untuk bangunan

- a. Beban mati dilambangkan dengan simbol LL dan SIDL, berat sendiri elemen struktur gedung bertingkat yang mempunyai fungsi struktur penahan beban adalah beban mati (DL) yang diperkirakan pada struktur gedung tersebut. Beban perlu dimodifikasi agar sesuai dengan volume komponen struktur yang digunakan. Program elemen hingga (ETABS) digunakan untuk melakukan penelitian, setelah itu bobot sendiri dihitung secara langsung.
- b. Berat total bagian-bagian non-struktural (MEP dan arsitektural) yang menyusun struktur bangunan disebut beban mati tambahan, atau beban

mati super yang dikenakan. Beban mati akibat penambahan berat elemen permanen disebut beban mati bertambah.

- c. Tanda Beban Langsung (LL) melambangkan beban hidup.

Beban hidup yang diperhatikan adalah beban yang ada selama durasi pelayanan. Karena diperkirakan beban hidup pada masa pelayanan akan lebih besar dibandingkan beban hidup pada masa konstruksi, maka beban hidup pada masa konstruksi tidak diperhitungkan. Beban hidup pada lantai bangunan merupakan beban hidup yang direncanakan.

- d. Beban gempa yang dilambangkan dengan huruf E.

Beban rencana lateral fundamental akibat pergerakan gempa pada suatu area harus menjadi pertimbangan dalam membangun suatu struktur bangunan gedung sesuai dengan pedoman yang dituangkan dalam SNI 1726 2019 tentang Tata Cara Pengembangan Ketahanan Gempa pada Struktur Bangunan Gedung dan Non Bangunan.

4.2.3 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa

- a. Menetapkan Faktor Prioritas Pembangunan dan Kategori Risiko

Menurut SNI 1726-2019 yang menguraikan tata cara perencanaan ketahanan gempa baik pada struktur bangunan gedung maupun non bangunan, gempa bumi dianggap direncanakan apabila besarnya kemungkinan besarnya 2% lebih besar dibandingkan gempa selama 50 tahun umur bangunan. struktur bangunan dan mempunyai masa ulang 2500 tahun. SNI 1726-2019 lebih lanjut menjelaskan bahwa dampak gempa yang diharapkan perlu dikalikan dengan faktor prioritas yaitu sesuai Tabel 4.4 untuk berbagai kategori risiko risiko struktur bangunan dan non bangunan sesuai Tabel 4.3.

Tabel 4. 3 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk Beban Gempa

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
Gedung dan non gedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain: fasilitas pertanian, perkebunan peternakan, dan perikanan, fasilitas sementara, gudang penyimpanan, rumah jaga dan struktur kecil lainnya.	I
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I, III, IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: perumahan, rumah toko dan rumah, pasar, gedung perkantoran, gedung apartemen/rumah susun, pusat perbelanjaan/mall, bangunan industri, fasilitas manufaktur, dan pabrik.	II
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: bioskop, gedung pertemuan, stadion, fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat, fasilitas penitipan anak, penjara, bangunan untuk orang jompo.</p> <p>Gedung dan non gedung, tidak termasuk ke dalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: pusat pembangkit listrik biasa, fasilitas penanganan air, fasilitas penanganan limbah, dan pusat telekomunikasi.</p> <p>Gedung dan non gedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, yang mengandung bahan beracun atau peledak di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang</p>	III
Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk: bangunan monumental, gedung sekolah dan fasilitas pendidikan, rumah sakit, fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, kantor polisi, tempat perlindungan terhadap gempa bumi, fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi, pusat pembangkit energi, struktur tambahan yang diisyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat.	IV

Sumber: SNI 1726-2019

Tabel 4. 4 Faktor Keutamaan

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

Sumber: SNI 1726-2019

b. Menentukan Kelas Situs Untuk Desain Gempa

Faktor amplifikasi bangunan sejenis kriteria desain seismik digunakan untuk mengklasifikasikan suatu lokasi. Klasifikasi lokasi menjelaskan bagaimana faktor-faktor ini digunakan. Menentukan amplifikasi percepatan puncak gempa dari batuan dasar ke permukaan tanah suatu lokasi atau membuat kriteria desain sistemik suatu konstruksi di atas tanah.

Tabel 4. 5 Klasifikasi Situs

	v_s (m/detik)	N atau N_{ch}	\bar{s}_u (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
Klasifikasi Situs	v_s (m/detik)	N atau N_{ch}	\bar{s}_u (kPa)
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	<175	<15	<50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3m tanah dengan karakteristik sebagai berikut: <ol style="list-style-type: none"> 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$ 2. Kadar air, $w \geq 40\%$ 3. Kuat geser nilai $\bar{s}_u < 25$ kPa 		
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis)	Setiap profil lapisan tanah yang mewakili salah satu atau lebih dari karakteristik: <ol style="list-style-type: none"> 1. Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat 		

respons spesifik-situs yang mengikuti 6.10.1)	<p><i>sensitive</i>, tanah tersementasi (terikat secara kimia) lemah</p> <p>2. Lempung sangat organic dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m)</p> <p>3. Lempung dengan plastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan Indeks Plastisitas $PI > 75$)</p> <p>Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $\bar{S}_u < 50$ kPa</p>
-----------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Sumber: SNI 1726:2021

c. Prosedur Klasifikasi Situs untuk Desain *Seismic*

Kajian spektrum seismik Indonesia dapat bermanfaat dalam SNI 1726 2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Struktur Bangunan Gedung dan Non Bangunan

- 1) Dengan menggunakan parameter respons spektral percepatan gempa (MCER) yang ditargetkan, koefisien lokasi dan risiko maksimum yang dinilai ditentukan. Sesuai SNI 1726 2019, faktor amplifikasi seismik dengan periode 0,2 detik dan periode 1 detik diperlukan untuk mengetahui percepatan spektral suatu gempa bumi di permukaan tanah. Faktor amplifikasi getaran yang berhubungan dengan percepatan (F_a) untuk getaran periode pendek dan faktor amplifikasi getaran yang berhubungan dengan percepatan (F_v) untuk getaran periode satu detik adalah contoh faktor amplifikasi. Rumus berikut menghasilkan parameter spektrum respons percepatan pada periode pendek (S_{MS}) dan periode 1 detik (S_{M1}), yang dimodifikasi untuk memperhitungkan dampak klasifikasi lokasi.:

$$S_{MS} = F_a S_s$$

$$S_{M1} = F_v S_1$$

Dengan:

S_s = Parameter respons spektral percepatan gempa MCER terpetakan untuk periode pendek

S_1 = Parameter respons spektral percepatan gempa MCER terpetakan untuk periode 1 detik

Tabel 4. 6 Koefisien Situs (Fa)

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCER) terpetakan pada periode pendek, T=0,2 detik, S _s					
	S _s ≤0,25	S _s =0,5	S _s =7,5	S _s =1,0	S _s ≥1,25	S _s ≥1,25
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
SC	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1	1
SE	2,4	1,7	1,3	1,1	0,9	0,8
SF	SS ^b					

Tabel 4. 7 Koefisien Situs (Fv)

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCER) terpetakan pada periode pendek 1 detik, S ₁					
	S ₁ ≤0,1	S ₁ =0,2	S ₁ =0,3	S ₁ =0,4	S ₁ =0,5	S ₁ ≥0,5
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SC	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4
SD	2,4	2,2	2	1,9	1,8	1,7
SE	4,2	3,3	2,8	2,4	2,2	2
SF	SS ^b					

2) Parameter percepatan spektral desain

Pendekatan berikut menghasilkan parameter percepatan spektral desain pada periode satu detik (S_{D1}) dan periode pendek (S_{DS}):

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS}$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{DS}$$

d. Menghitung Spektrum Desain

Kurva spektrum desain harus mengacu pada ketentuan SNI 1726 2019 sebagai berikut:

- 1) Periode yang lebih kecil dari T_0 , spektrum respons percepatan desain, S_a , harus diambil dari persamaan berikut; $S_a = S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0}\right)$
- 2) Periode lebih besar dari atau sama dengan T_0 dan lebih kecil dari atau sama dengan T_s , spektrum respons percepatan desain, S_a , sama dengan S_{DS} .
- 3) Periode lebih besar dari T_s , spektrum respons percepatan desain, S_a , diambil berdasarkan persamaan berikut. $S_a = \frac{S_{D1}}{T}$
- 4) Periode lebih besar dari T_L , respons spektral percepatan desain, S_a , diambil berdasarkan Persamaan berikut:

$$S_a = \left(\frac{S_{D1} T_L}{T^2} \right)$$

Dengan:

S_{DS} = Parameter respons spektral percepatan desain periode pendek

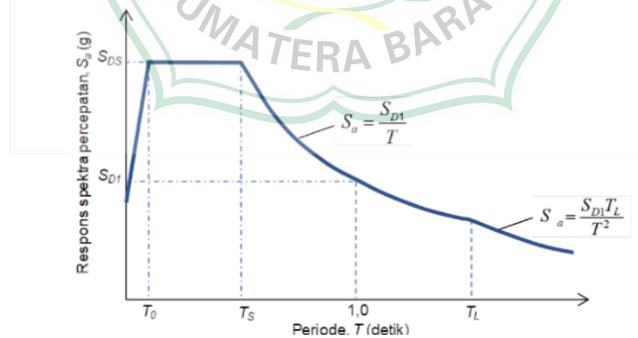
S_{D1} = Parameter respons spektral percepatan desain periode 1 detik

T = Periode getar fundamental struktur

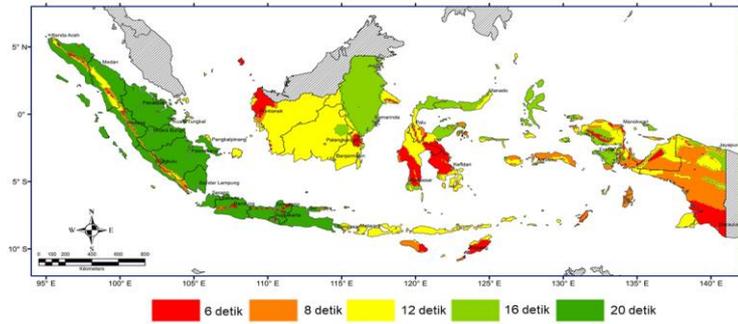
$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

T_L = Peta dan nilai transisi periode panjang ditunjukkan Gambar 4. 5.



Gambar 4. 5 Spektrum Respons Desain



Gambar 4. 6 Peta Transisi Periode Panjang, TL, Wilayah Indonesia

e. Kategori Desain Seismik

SNI 1726 2019 menyebutkan kategori desain gempa suatu wilayah perlu mematuhi sejumlah aturan. Struktur dengan skor $S_1 \geq 0,75$ dan kategori risiko I, II, atau III perlu diklasifikasikan memiliki kategori desain seismik E. Desain seismik kategori F mengacu pada struktur dengan kategori risiko IV dan $S_1 \geq 0,75$; semua struktur lainnya diklasifikasikan menurut parameter respons spektral percepatan desainnya, SDS dan SD1, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.8 dan 4.9

Tabel 4. 8 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode Pendek

Nilai SDS	Kategori Risiko	
	I atau II atau III	IV
$SDS < 0,167$	A	A
$0,167 \leq SDS < 0,33$	B	C
$0,33 \leq SDS < 0,50$	C	D
$0,50 \leq SDS$	D	D

Tabel 4. 9 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode 1 Detik

Nilai SDI	Kategori Risiko	
	I atau II atau III	IV
$SDI < 0,067$	A	A
$0,067 \leq SDI < 0,133$	B	C
$0,133 \leq SDS < 0,20$	C	D
$0,20 \leq SDI$	D	D

f. **Faktor R, Cd, dan Ω_0 untuk Sistem Pemikul Gaya Seismik**

Faktor R, Cd, dan Ω_0 digunakan untuk menentukan *system* rangka yang digunakan.

Tabel 4. 10 Faktor R, Cd, dan Ω_0 untuk sistem pemikul gaya seismik

Sistem pemikul gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R_a	Faktor kuat lebih sistem, $\Omega_0 b$	Faktor Pembesaran defleksi $C_d c$	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, h_n (m)				
				Kategori desain seismik				
				B	C	De	Ee	F
Sistem rangka pemikul momen								
1. Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	$5\frac{1}{2}$	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka batang baja pemikul momen khusus	7	3	$5\frac{1}{2}$	TB	TB	48	50	TI
3. Rangka baja pemikul momen menengah	$4\frac{1}{2}$	3	4	TB	TB	10k	11k	11k
4. Rangka baja pemikul momen biasa	$3\frac{1}{2}$	3	3	TB	TB	TI/	TI/	TI/
5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus m	8	3	$5\frac{1}{2}$	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	$4\frac{1}{2}$	TB	TB	TI	TI	TI
7. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	$2\frac{1}{2}$	TB	TI	TI	TI	TI

Note: TB = Tidak Dibatasi dan TI = Tidak Diizinkan

Faktor skala dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$\text{Faktor Skala} = \frac{g \times I}{R}$$

Dengan:

g: percepatan gravitasi (m/s²)

I: faktor keutamaan bangunan

R: faktor koefisien modifikasi

4.2.5 Kombinasi Pembebanan Dan Pengaruh Beban Gempa

Elemen-elemen struktur didesain sedemikian hingga kuat rencana sama atau melebihi pengaruh beban-beban *factor*.

1. $1.4D$
2. $1.2D + 1.6L + 0.5 (Lr \text{ atau } R)$
3. $1.2D + 1.6 (Lr \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0.5W)$
4. $1.2D + 1.0W + L + 0.5 (Lr \text{ atau } R)$
5. $1.2D + 1.0E + L$
6. $0.9D + 1.0W$
7. $0.9D - 1.0E$

Pengaruh Beban Gempa E, ditentukan dengan rumus sebagai berikut:

Untuk kombinasi beban 5

$$E = E_h + E_v$$

Untuk kombinasi beban 7

$$E = E_h - E_v$$

Dengan E_h dan E_v ditentukan dengan rumus berikut ini:

$$E_h = \rho QE$$

$$E_v = 0.2S_{ds}D$$

Dengan:

U = kuat perlu

D = beban mati

L = beban hidup

Lr = beban hidup atap

R = beban hujan

W = beban angin

E = beban gempa

E_h = pengaruh beban gempa horizontal

E_v = pengaruh beban gempa vertical

ρ = *Redundancy factor*

QE = pengaruh beban gempa horizontal dari V atau F_p

S_{ds} = parameter percepatan spektrum respons desain pada periode pendek



4.2.6 Simpangan Antar Tingkat

Perbedaan defleksi pada pusat massa pada tingkat atas dan bawah yang dipertimbangkan harus digunakan untuk menghitung simpangan antara tingkat desain (Δ). Perlu dilakukan penyesuaian terhadap penyimpangan analisis antar level. Batasan penyimpangan tingkat izin menurut SNI 1726 2019.

Tabel 4. 11 Simpangan Antar Tingkat Izin, Δ a, b

Struktur	Kategori Risiko (h_{sx})		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar tingkat.	0,025	0,020	0,015
Struktur dinding geser kantilever batu bata	0,010	0,010	0,010
Struktur dinding geser batu bata lainnya	0,007	0,007	0,007
Semua struktur lainnya	0,020	0,015	0,010

Keterangan: h_{sx} adalah tinggi tingkat di bawah tingkat x

4.2.7 Gaya Geser Dasar

Dalam merencanakan dan menilai struktur bangunan, gaya geser dasar (V) yang merupakan pengganti atau penyederhanaan getaran gempa yang bekerja pada dasar bangunan ditinjau sebagai gaya gempa rencana (Widodo, 2011). Persamaan rumus berikut harus digunakan untuk menentukan gaya geser dasar pada arah yang ditentukan:

$$V = C_s \cdot W \cdot g$$

Dengan:

C_s = Koefisien respons seismik (pasal 7.8.1.1)

W = Berat seismik efektif (pasal 7.7.2)

g = gravitasi

Koefisien respons seismik C_s , harus dihitung sesuai dengan rumus berikut ini:

$$C_s = S_d s / R \cdot I_e$$

Dengan:

Sds = parameter percepatan spektrum respons desain dalam rentang periode pendek

R = *factor* modifikasi respons

I_e = faktor keutamaan gempa

Nilai C_s yang dihitung,

$$C_s = \frac{Sds}{R} < C_s = \frac{Sds}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)}$$

C_s harus tidak kurang dari 0.01

$$C_s = 0.044 Sds \cdot I_e \geq 0.01$$

Untuk struktur yang berlokasi dimana S_I sama dengan atau lebih besar dari 0.6g,

$$\text{Maka } C_s > C_s = \frac{0.5 S_I}{R I_e}$$

4.2.8 Persyaratan Desain Beton Bertulang Beban Gempa Berdasarkan

SNI-2847 - 2013

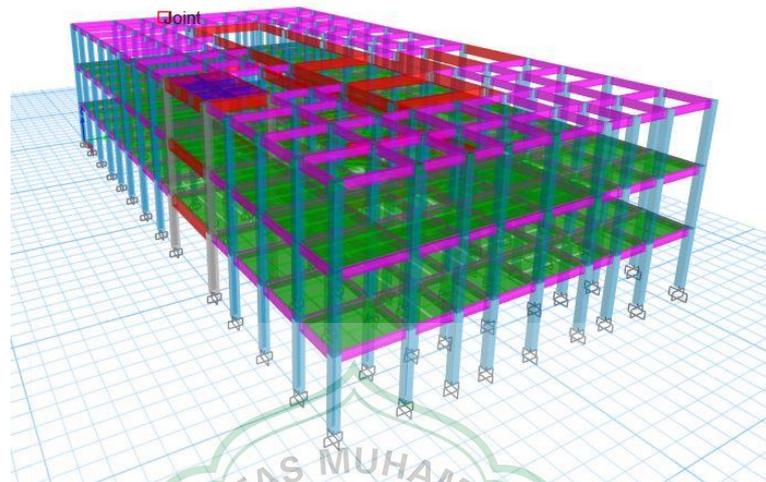
Kategori Desain Seismik (KDS) suatu struktur menentukan persyaratan untuk bagian beton bertulang bangunan yang dimaksudkan untuk memikul beban gempa. SNI-287-2013 pasal 21.1.4 pasal 18.6 menetapkan kriteria mutu beton yang digunakan pada struktur penahan beban gempa, antara lain KDS D, E, dan F, sebagai berikut:

- a. Kuat tekan beton F_c' tidak boleh kurang dari 21 Mpa

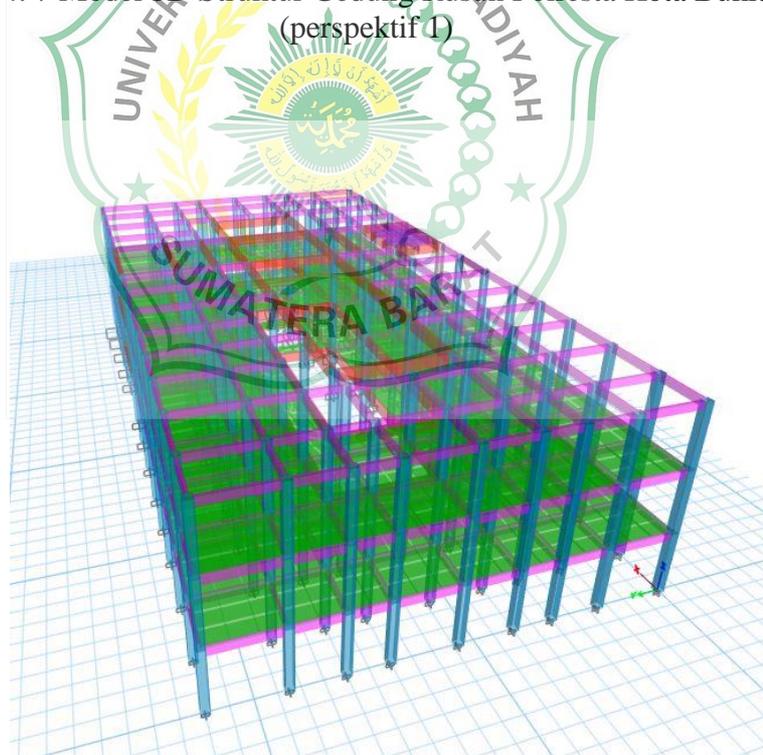
Kecuali dapat dibuktikan melalui pengujian bahwa komponen struktur yang terbuat dari beton ringan mempunyai kekuatan dan kekakuan yang sama atau lebih dari komponen struktur yang setara dari beton normal dengan kekuatan yang sama, maka kuat tekan beton ringan F_c' tidak boleh lebih besar dari 35 MPa.

4.3 ANALISIS KELAYAKAN STRUKTUR

4.3.0 Data Spesifikasi Bangunan



Gambar 4. 7 Model 3D Struktur Gedung Rusun Polresta Kota Bukittinggi (perspektif 1)



Gambar 4. 8 Model 3D Struktur Gedung Rusun Polresta Kota Bukittinggi (perspektif 2)

Struktur gedung 3 lantai yang berada di Bukittinggi merupakan Gedung Rusun Polresta Kota Bukittinggi yang berfungsi rumah hunian, adapun spesifikasi teknis struktur gedung 3 lantai ini sebagai berikut:

4.3.1 Data Geometrical Gedung Rusun Polresta Kota Bukittinggi

Tinggi bangunan	: 13,375 m (termasuk atap)
Sistem struktur	: Struktur rangka pemikul momen khusus
Lokasi	: Bukittinggi, Sumatera Barat
Fungsi	: Rumah hunian Polresta
Jumlah lantai	: 3 Lantai
Jenis struktur	: Struktur beton bertulang

4.3.2 Material Beton

Kuat tekan beton, f_c'	: 30 Mpa
Modulus elastisitas	: 25742,96 MPa
Poisson rasio	: 0.2
Berat jenis beton	: 2400 kg/m ³

4.3.3 Material Baja Tulangan

Tulangan longitudinal	: BJTD 420B
Tulangan transversal	: BJTD 420B
Berat jenis tulangan	: 7850 kg/m ³

4.4 Parameter Gempa

4.4.1 Kategori resiko bangunan (KRB)

Kategori resiko bangunan (KRB) pada perencanaan gedung berdasarkan SNI 1726 2019 dengan fungsi gedung berupa rumah hunian termasuk ke dalam kategori resiko bangunan Tipe II.

Tabel 3 – Kategori risiko bangunan gedung dan nongedung untuk beban gempa

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
<p>Gedung dan nongedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan, dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya 	I
<p>Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/ rumah susun - Pusat perbelanjaan/ mall - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik 	II
<p>Gedung dan nongedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bioskop - Gedung pertemuan - Stadion - Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas penitipan anak - Penjara - Bangunan untuk orang jompo <p>Gedung dan nongedung, tidak termasuk kedalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pusat pembangkit listrik biasa - Fasilitas penanganan air - Fasilitas penanganan limbah - Pusat telekomunikasi <p>Gedung dan nongedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.</p>	III

Gambar 4. 9 Kategori Resiko Bangunan

4.4.2 Faktor keutamaan gempa (Ie)

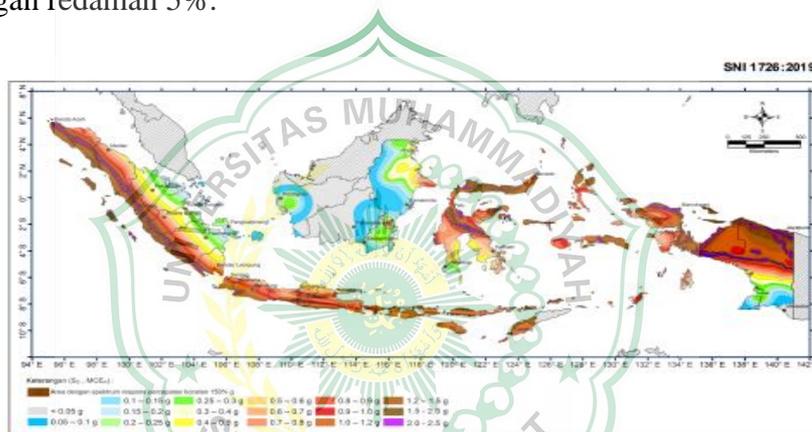
Faktor keutamaan gempa (Ie) dipengaruhi oleh kategori risiko bangunan, berdasarkan SNI 1726 2019 pada tabel berikut perencanaan gedung rumah hunian termasuk ke dalam faktor keutamaan gempa yang bernilai 1,0.

Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, I_e
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

Gambar 4. 10 Faktor keutamaan gempa

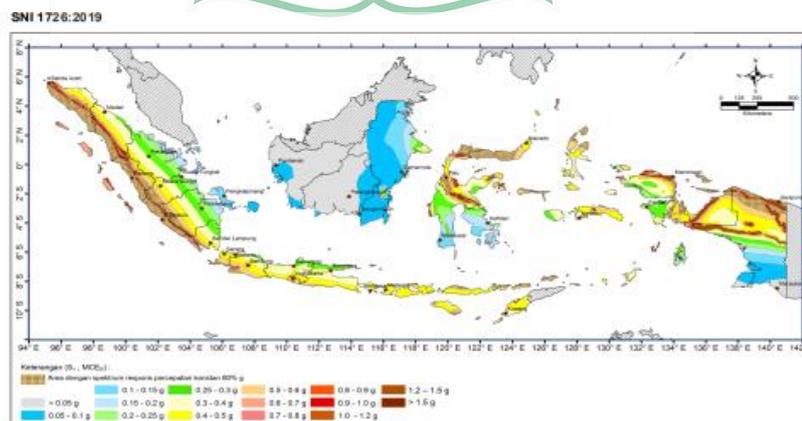
4.4.3 Parameter percepatan tanah (Ss, S1)

Peta bahaya gempa Indonesia tahun 2017 yang dirilis Kementerian Pekerjaan Umum menunjukkan tiga tingkat bahaya gempa: 500, 1000, dan 2500 tahun, atau mempunyai kemungkinan melebihi 10% dalam 50 tahun, 10% dalam 100 tahun, dan 2 % dalam 50 tahun. Ini juga mencakup respons spektrum percepatan pada batuan dasar (SB) untuk periode pendek 0,2 detik (S_s) dan untuk periode 1,0 detik (S_1) dengan redaman 5%.



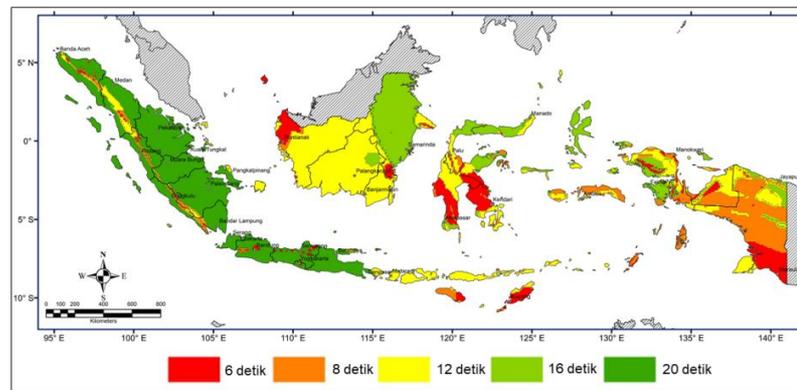
Gambar 15 – Parameter gerak tanah S_s , gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko tertarget (MCE_n) wilayah Indonesia untuk spektrum respons 0,2-detik (redaman kritis 5 %)

Gambar 4. 11 Percepatan nilai Ss



Gambar 16 – Parameter gerak tanah, S_1 , gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko tertarget (MCE_n) wilayah Indonesia untuk spektrum respons 0,2- detik (redaman kritis 5 %)

Gambar 4. 12 Percepatan nilai s1

Gambar 20 – Peta transisi periode panjang, T_L , wilayah Indonesia

Gambar 4. 13 Periode panjang (Tl)

Menurut peta *hazard* Indonesia yang merekam percepatan pada kondisi batuan tanah dasar Indonesia, untuk gedung perencanaan gedung kali ini yang dibangun pada daerah Kota Bukittinggi maka didapatkan nilai S_s dan S_1 berdasarkan SNI 1726-2019 adalah sebagai berikut

$$\text{Parameter percepatan tanah, } S_s = 1,8707 \text{ g}$$

$$\text{Parameter percepatan tanah 1 detik, } S_1 = 0,7413 \text{ g}$$

4.4.4 Klasifikasi situs tanah

Penentuan klasifikasi situs tanah dalam perencanaan gedung kali ini yang terletak pada Kota Bukittinggi. Berdasarkan kondisi lingkungan dengan *engineering judgement*, *deep boring*, dan SPT dalam penyelidikan tanah. Metode *engineering judgement* dilakukan untuk memperoleh informasi awal tentang kondisi lingkungan pada lokasi pembangunan gedung. Metode *deep boring* dilakukan dengan mengebor tanah hingga kedalaman tertentu untuk memperoleh sampel tanah. Metode SPT dilakukan dengan mengebor tanah menggunakan alat SPT hingga kedalaman tertentu, kemudian dilakukan pengukuran terhadap jumlah pukulan yang dibutuhkan untuk menembus setiap lapisan tanah.

Metode SPT bertujuan mengetahui kekuatan tanah (N_{SPT}), jenis dan sifat-sifat tanah (*soil properties*) pada lokasi yang akan dibangun pondasi dari tiap tebal lapisannya. penentuannya perencanaan pembangunan gedung rumah hunian ini menggunakan kondisi jenis tanah sedang (SD) sesuai dengan SNI 1726:2019. Dengan data dan perhitungan seperti tabael 4.12

Tabel 4. 12 Tabel N-SPT

BH-1			
Depth (m)	ti (m)	NSPT	ti/NSPT
2	2	18	0.111
4	2	40	0.050
6	2	60	0.033
8	2	60	0.033
10	2	60	0.033
12	2	60	0.033
14	2	60	0.033
16	2	60	0.033
18	2	60	0.033
20	2	60	0.033
Total			0.411
Σkedalaman tanah			20
N-rata2			48.649

Kelas situs	\bar{v}_s (m/detik)	\bar{N} atau \bar{N}_s	f_c (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	≥50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	< 175	<15	< 50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air, $w \geq 40\%$, 3. Kuat geser niralir $\bar{s}_u < 25$ kPa		
SF (tanah khusus yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti 0)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m)		

Gambar 4. 14 Kelas situs tanah

4.4.5 Faktor koefisien situs (Fa, Fv)

Pada periode 0,2 detik dan 1 detik, diperlukan faktor amplifikasi seismik untuk menghitung respon spektrum percepatan gempa MCER di permukaan tanah. Faktor amplifikasi getaran yang berhubungan dengan percepatan (Fa) untuk getaran periode pendek dan faktor amplifikasi getaran yang berhubungan dengan percepatan (Fv) untuk getaran periode satu detik adalah contoh faktor amplifikasi.

Tabel 4. 13 koefisien situs Fa

Kelas situs	Parameter respon spektra percepatan gempa (MCER) pada periode pendek, T = 0,2 detik ,					
	Ss					
	Ss < 0,25	Ss = 0,5	Ss = 0,75	Ss = 1	Ss > 1,25	Ss > 1,5
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
SC	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1	1
SE	2,4	1,7	1,3	1,1	0,9	0,8
SF	Ss					

Tabel 4. 14 Koefisien situs Fv

Kelas situs	Parameter respon spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCER) terpetakan pada periode, T = 1 detik , S1					
	S1 <= 0,1	S1 = 0,2	S1 = 0,3	S1 = 0,4	S1 = 0,5	S1 >= 0,6
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
SC	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4
SD	2,4	2,2	2	1,9	1,8	1,7
SE	4,2	3,3	2,8	2,4	2,2	2
SF	Ss					

Maka berdasarkan nilai tabel diatas sesuai SNI 1726-2019 didapat nilai

$S_s = 1,8707$; maka $F_a = 1$

$S_1 = 0,7413$; maka $F_v = 1,7$

dan

$$S_{ms} = F_a \times S_s = 1 \times 1,8707 = 1,8707$$

$$S_{m1} = F_v \times S_1 = 1,7 \times 0,7413 = 1,26021$$

4.4.6 Parameter percepatan desain (S_{Ds}, S_{D1})

Parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek, SDS dan pada periode 1 detik, SD1, harus ditentukan melalui perumusan berikut ini:

$$S_{ds} = \frac{2}{3} \times S_{ms} = \frac{2}{3} \times 1,8707 = 1,2471$$

$$S_{d1} = \frac{2}{3} \times S_{m1} = \frac{2}{3} \times 1,26021 = 0,8401$$

4.4.7 Kategori desain seismik (KDS)

Struktur harus ditetapkan memiliki kategori desain *seismic* yang mengikuti dan sesuai dengan SNI 1726-2019 dan sesuai dengan nilai parameter tanah yaitu nilai S_{DS} (1,2471) dan S_{D1} (0,8401).

Tabel 8 – Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek

Nilai S_{DS}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

Tabel 9 – Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik

Nilai S_{D1}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,067$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

Gambar 4. 15 kategori desain seismic

Maka berdasarkan tabel diatas nilai kategori desain *seismic* didasarkan pada percepatan pada periode 1 detik sehingga pada perencanaan Gedung Rusun Polresta Kota Bukittinggi ini terletak pada kondisi KSD D. Kategori desain seismik (KDS) menentukan hal-hal berikut pada perencanaan struktur:

- 1) Sistem struktur penahan gempa yang akan digunakan
- 2) Batasan tinggi dan ketidak-beraturan struktur
- 3) Komponen struktur yang harus didesain terhadap gaya gempa
- 4) Jenis analisis gaya lateral yang boleh digunakan

4.4.8 KDS dan Sistem struktur

Tabel 1.9. Perbandingan KDS dengan sistem struktur



Gambar 4. 16 Kds dan sistem struktur

Keterangan:

SPRM : Sistem Rangka Pemikul Momen

SDS : Sistem Dinding Struktur

B; M; K : Biasa; Menengah; Khusus

4.4.9 Sistem dan Parameter struktur gedung penahan beban gempa

Sistem penahan gaya gempa lateral dan vertikal yang digunakan disesuaikan dengan tabel SNI 1726 2019 dengan menggunakan sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus yang mampu menahan paling sedikit 25% gaya seismik yang ditetapkan berupa dinding geser beton bertulang khusus.

Tabel 4. 15 Faktor R, Cd, dan Ω_0 untuk sistem pemikul gaya seismik

Sistem pemikul gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R_a	Faktor kuat lebih sistem, $\Omega_0 b$	Faktor Pembesaran defleksi $C_d c$	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, h_n (m/d)				
				Kategori desain seismik				
				B	C	De	Ee	F
Sistem rangka pemikul momen								
1. Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	$5\frac{1}{2}$	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka batang baja pemikul momen khusus	7	3	$5\frac{1}{2}$	TB	TB	48	30	TI
3. Rangka baja pemikul momen menengah	$4\frac{1}{2}$	3	4	TB	TB	10k	TIk	TIk
4. Rangka baja pemikul momen biasa	$3\frac{1}{2}$	3	3	TB	TB	TI/	TI/	TI/
5. Rangka beton bertulang pemikul momen khususm	8	3	$5\frac{1}{2}$	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	$4\frac{1}{2}$	TB	TB	TI	TI	TI
7. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	$2\frac{1}{2}$	TB	TI	TI	TI	TI

Note: TB = Tidak Dibatasi dan TI = Tidak Diizinkan

Sistem: Sistem rangka pemikul momen khusus

Koef. modifikasi respons, R = 8.0

Faktor kuat lebih sistem, Omega = 3.0

Koef. amplifikasi defleksi, C_d = 5.5

4.5 Pembebanan Struktur

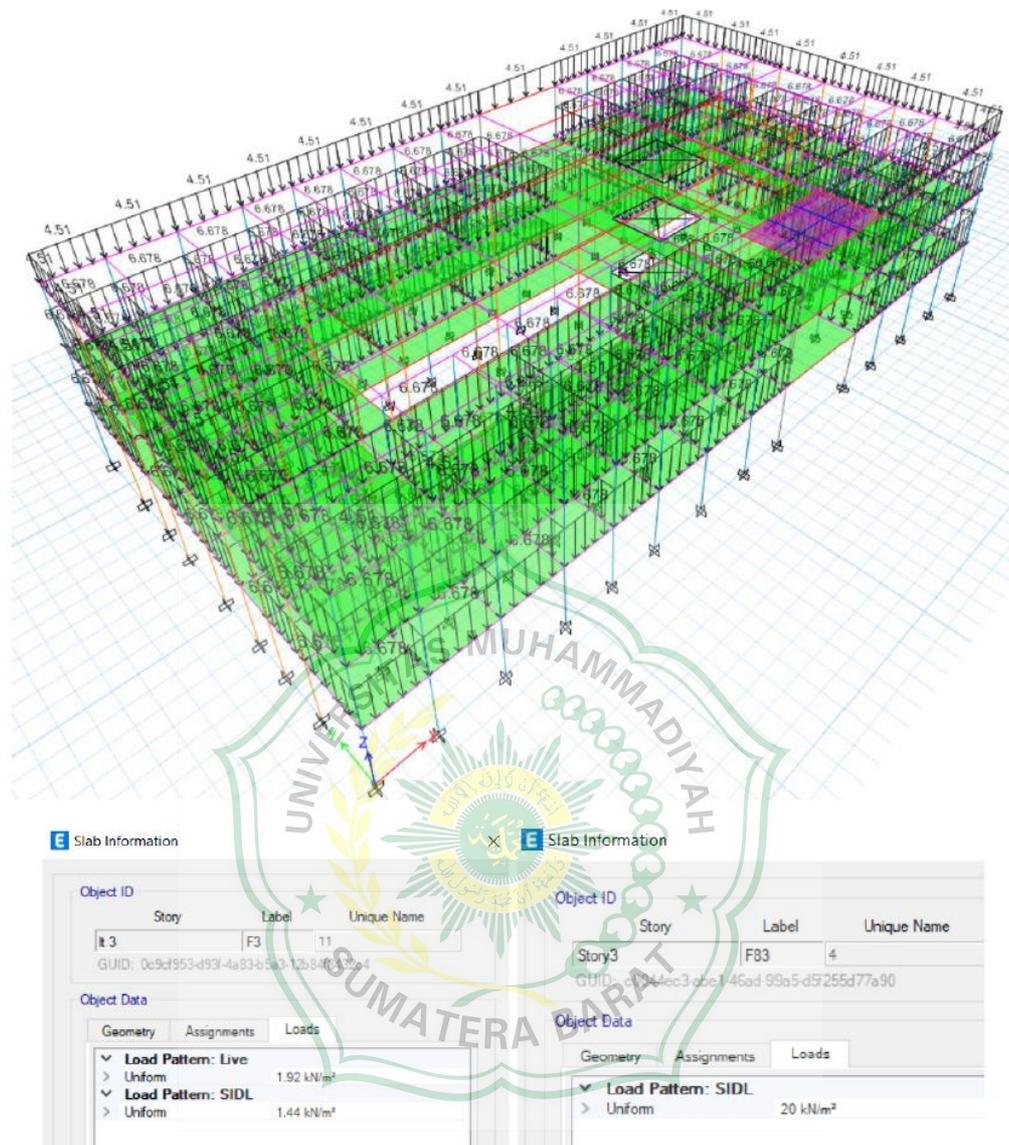
Beban yang akan diberikan pada suatu sistem struktur memiliki beberapa macam, secara konsep beban terdiri dari beban gravitasi seperti beban mati, hidup, dsb dan kemudian beban lateral yang terdiri dari beban gempa dan beban angin. Namun untuk beban lateral yang digunakan pada desain kali ini adalah beban gempa. Beban yang diaplikasikan akan merujuk pada peraturan yang berlaku seperti SNI 1727:2020 dan SNI 1726:2019.

Pada *modeling* kali ini untuk data pembebanan digunakan pembebanan *gravity* dan pembebanan lateral, adapun rekapitulasi pembebanan dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4. 16 Rekapitulasi pembebanan

No	Jenis Beban	Parameter	Code	Nilai	Satuan
1.	<i>Gravity</i>	Beban Mati (Elemen Struktur Utama)	<i>Dead Load</i>	<i>Automatic In Program</i>	
		Beban Mati Tambahan	<i>SIDL</i>	1.44	kN/m ²
		Beban Atap	<i>SIDL</i>	4.51	kN/m
		Beban Hidup	<i>Live</i>	1.92	kN/m ²
		Beban Batu Bata	<i>SIDL</i>	6.678	kN/m
2	Lateral	Beban Gempa	<i>Static and Dynamic RSA</i>		

Untuk pembebanan lateral khususnya beban gempa besaran beban yang diberikan dapat dilihat pada bagian sub bab bagan *base shear*.



Pembebanan:

Live	Plat Lantai	1.92 kN/m ²
SIDL	Dinding	6.678 kN/m
	Atap	4.51 kN/m
	Plat Lantai	1.44 kN/m ²
	Dak Beton	20 kN/m ²

Gambar 4. 17 Data Input Beban ETABS

4.5.1 Beban Gravitasi

Beban gravitasi pada desain kali ini dan yang bekerja pada gedung hunian ini terdiri dari:

- a. Beban mati elemen itu sendiri, atau berat satuan sendiri; beban ini terdiri dari berat pelat lantai, balok, kolom, dan dinding geser. Beban ini dihitung secara otomatis oleh ETABS menggunakan pengali bobot 1.
- b. beban mati ekstra (beban mati super memaksakan); beban-beban ini antara lain terdiri dari pekerjaan plesteran, dinding, pemipaan, mekanikal, elektrik. Beban ini mempunyai faktor pengali sebesar 0 sehingga perlu dimasukkan secara manual ke dalam ETABS.

No.	Jenis Beban Mati	Berat	Satuan
1	Baja	78,5	kN/m ³
2	Beton	22	kN/m ³
3	Pasangan batu kali	22	kN/m ³
4	Mortar, spesi	22	kN/m ³
5	Beton bertulang	24	kN/m ³
6	Pasir	16	kN/m ³
7	Lapisan aspal	14	kN/m ²
8	Air	10	kN/m ³
9	Dinding pasangan bata ½ batu	2,5	kN/m ²
10	Finishing lantai (tegel atau keramik)	22	kN/m ³
11	Marmar, granit per cm tebal	0,24	kN/m ²
12	Instalasi plumbing (ME)	0,25	kN/m ²

Gambar 4. 18 Data Beban Gravitasi

Hunian atau penggunaan	Merata, L_o psf (kN/m ²)	Reduksi beban hidup diizinkan? (No. Pasal)	Reduksi beban hidup berlantai banyak diizinkan? (No. Pasal)	Terpusat lb (kN)	Juga Lihat Pasal
Apartemen (lihat rumah tinggal)					
Sistem lantai akses					
Ruang kantor	50 (2,4)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	2.000 (8,9)	
Ruang komputer	100 (4,79)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	2.000 (8,9)	
Gudang persenjataan dan ruang latihan	150 (7,18)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
Ruang pertemuan					
Kursi tetap (terikat di lantai)	60 (2,87)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
Lobi	100 (4,79)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
Kursi dapat dipindahkan	100 (4,79)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
Panggung pertemuan	100 (4,79)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
Lantai podium	150 (7,18)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
	100 (4,79)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		4.14
Tribun penonton Stadion dan arena dengan kursi tetap (terikat di lantai)	60 (2,87)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		4.14
Ruang pertemuan lainnya	100 (4,79)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
Balkon dan dek	1,5 kali beban hidup untuk daerah yang dilayani. Tidak perlu melebihi 100 psf (4,79 kN/m ²)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
Jalur untuk akses pemeliharaan	40 (1,92)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	300 (1,33)	
Koridor					
Lantai pertama	100 (4,79)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
Lantai lain	Sama seperti pelayanan hunian kecuali disebutkan lain				
Ruang makan dan restoran	100 (4,79)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
Hunian (lihat rumah tinggal)					
Dudukan mesin elevator (pada area 2 in. x 2 in. [50 mm x 50 mm])		-	-	300 (1,33)	
Konstruksi pelat lantai <i>finishing</i> ringan (pada area 1 in. x 1 in. [25 mm x 25 mm])		-	-	200 (0,89)	

Gambar 4. 19 Beban Hidup Struktur

Beban mati pada rangka atap

Berat genteng metal	= 1,358 kN/m ²
Berat rangka baja ringan	= 0,85 kN/m ²
Berat reng	= 0,27 kN/m ²
Berat plafon	= 0.512 kN/m ²
Berat instalasi <i>mechanical duct</i>	= 1,52 kN/m ²
Total beban mati pada rangka atap	= 4,51 kN/m ²

Beban mati tambahan pada balok induk

Beban dinding	= 6,678 kN/m ²
Beban hidup pada plat lantai	= 1.92 kN/m ²
Beban tendon	= 20,00 kN/m ²

4.5.2 Beban Gempa

Beban gempa dibandingkan dengan beban spektrum respons metode dinamis (MRS) dan beban gaya lateral ekuivalen statis (ELF). Kategori Desain Seismik (KDS) C, D, E, dan F memerlukan studi struktur menggunakan pendekatan analisis gaya lateral ekuivalen, dengan beban diterapkan secara individual pada kedua arah ortogonal, yaitu 100% gaya dalam satu arah, menurut pada SNI 1726-2019 Pasal 7.5. ditambah tiga puluh persen (30%) gaya pada arah tegak lurus garis.



Gambar 4. 20 Ortogonalitas beban gempa

4.5.3 Asumsi kondisi penampang

Untuk menganut teori kuat kolom, balok lemah, dampak retak beton terhadap derajat kekakuan harus diperhatikan. Menurut SNI Beton 2847-2019 Pasal 10.10.4.1 khasiat bagian retak adalah sebagai berikut:

Bagian dan kondisi		Momen inersia	Luas penampang
Kolom		0,70 I_g	1,0 A_g
Dinding	Tidak retak	0,70 I_g	
	Retak	0,35 I_g	
Balok		0,35 I_g	
Pelat datar dan slab datar		0,25 I_g	

Gambar 4. 21 Nilai reduksi penampang kritis

4.5.4 Analisis modal partisipasi massa (MPMR)

Menurut SNI 1726:2019 item 7.9.1, analisis perlu memasukkan variasi yang cukup untuk menghasilkan gabungan partisipasi massa pada setiap arah horizontal ortogonal dari respon yang dipertimbangkan model minimal 90% dari massa sebenarnya.

1. Analisis MPMR gedung lantai

Tabel 4. 17 Modal Participating Mass Ratio pada 3 mode pertama

Mode	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ
	sec									
1	0.53	0.6564	0.0172	0	0.6564	0.0172	0	0.002	0.1404	0.1971
2	0.521	0.1339	0.5365	0	0.7903	0.5537	0	0.1029	0.0203	0.2044
3	0.498	0.0841	0.3068	0	0.8745	0.8605	0	0.0824	0.0104	0.469

Tabel 4. 18 Modal Participating Mass Ratio pada 3 mode terakhir

Mode	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ
	sec									
10	0.15	0.0001	0.0026	0	0.9862	0.9461	0	0.0176	0.0007	0.0014
11	0.149	0.0005	0.0241	0	0.9867	0.9702	0	0.1678	0.0029	0.0179
12	0.147	0.0038	0.0072	0	0.9905	0.9774	0	0.0516	0.0229	0.0147

Berdasarkan *output* diatas nilai *MPMR* gedung hunian 3 lantai sudah melewati 90% massa ragam terkombinasi hingga mode ke-12. Berdasarkan SNI 1726:2019 pada mode 1 dan mode 2 kondisi struktur harus mengalami translasi dari tabel diatas

dapat dilihat bahwa struktur mengalami translasi arah X pada mode 1 dan translasi arah Y pada mode 2 dan mengalami rotasi pada mode 3.

4.5.5 Analisis periode getar fundamental alami struktur

Periode getar alami merupakan suatu besaran nilai getaran yang terjadi yang tergantung oleh faktor ketinggian, sistem dan material struktur, selain itu periode getar alami menyatakan kemampuan struktur beresonansi dalam satu siklus pada SNI 1726:2019 telah mengatur batasan nilai periode getar alami sebagai berikut

Tabel 17 – Koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, S_{D1}	Koefisien C_u
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

Tabel 18 – Nilai parameter periode pendekatan C_t dan x

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

Gambar 4. 22 Parameter perhitungan periode struktur

a) Periode getar minimum pada area gedung hunian

$$\begin{aligned}
 T_{a \min} &= C_t \times h_n^x \\
 &= 0,0466 \times 10,5^{0,9} \\
 &= 0,3868 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Periode getar maksimum pada area gedung hunian

$$S_{D1} = 0,8401 > 0,4$$

$$C_u = 1,4$$

$$\begin{aligned}
 T_{a \max} &= T_{a \min} \times C_u \\
 &= 0,3868 \times 1,4 \\
 &= 0,541 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Periode getar area gedung hunian pada ETABS

$$T_a - X = 0,530 \text{ detik}$$

$$T_a - Y = 0,521 \text{ detik}$$

Penggunaan nilai periode getar

Nilai periode getar hasil *computer* harus dikontrol dengan nilai periode getar Batasan minimum dan batas maksimum, sebagai berikut

$$\text{Jika } T_c > T_a \cdot C_u, \quad \text{gunakan } T = T_a \cdot C_u$$

$$\text{Jika } T_a < T_c < T_a \cdot C_u, \quad \text{gunakan } T = T_c$$

$$\text{Jika } T_c < T_a, \quad \text{gunakan } T = T_a$$

Maka periode fundamental struktur – X = 0,530 detik

Maka periode fundamental struktur – Y = 0,521 detik

4.5.6 Analisis Base Shear dan skala gaya

Peraturan ini mengatur bahwa gaya geser dasar dinamis harus lebih dari 100% gaya geser statis, sesuai dengan SNI 1726:2019 butir 7.9.4.1 tentang besaran gaya. Jika besarnya tidak cukup untuk membuat skala gaya pada model struktur bangunan, maka harus dinyatakan sebagai $V_d > 100\% V_s$. Perhatikan bahwa skala gaya setidaknya masih bisa mencapai 85% dari V_s . Gaya geser di sekitar bangunan tempat tinggal berlantai tiga ditampilkan di bawah ini.

Tabel 4. 19 Gaya Geser Dasar Seismik

Koefisien Respons Seismik	C_s	=	SDS / (R/I_e)	
		=	0.1559	
Batas Atas	C_{s,max}	=	SD1 / [T * (R/I_e)]	
	C_{s,max,X}	=	0.1981	
	C_{s,max,Y}	=	0.2016	
Batas Bawah	C_{s,min,1}	=	0.044 SDS I_e ≥ 0.01	
		=	0.0549	
Batas Bawah (dipakai jika S1 ≥ 0,6 g)	C_{s,min,2}	=	0.5 S1 / (R/I_e)	
		=	0.0463	
Koefisien Respons Seismik Pakai	C_{s,pakai,X}	=	0.1559	
	C_{s,pakai,Y}	=	0.1559	
Berat Seismik Efektif	W	=	21636	kN
Gaya Geser Dasar Seismik	V	=	C_s * W	
	V_X	=	3372.81	kN
	V_Y	=	3372.81	kN
Gaya Geser Statik (ETABS)	V_X	=	3372.81	kN
	V_Y	=	3372.81	kN

Tabel 4. 20 Penyekalaan Gaya

Faktor Skala Awal	SF	=	$g / (R / I)$	
		=	1.226	m/s^2
		=	1225.83	mm/s^2
Gaya Geser Dasar Analisis Struktur	$V_{i,x}$	=	2885.564	kN
	$V_{i,y}$	=	2799.757	kN
Penskalaan Gaya Gempa	f_x	=	1.169	
	f_y	=	1.205	
Faktor Skala Baru	SF_x	=	1432.82	mm/s^2
	SF_y	=	1476.73	mm/s^2

Berdasarkan data di atas didapatkan nilai skala pada gempa statik dan dinamik telah memenuhi SNI 1726-2019.

4.5.7 Analisis Simpangan Antar Lantai

Berdasarkan SNI 1726:2019 pasal 7.8.6 penentuan simpangan antar lantai desain, harus dihitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa ditingkat teratas dan terbawah yang dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4. 23 Simpangan antar lantai

Berdasarkan SNI 1726-2019 pasal 7.12.1 simpangan antar tingkat desain tidak boleh melebihi simpangan antar tingkat izin, seperti berikut

Tabel 20 – Simpangan antar tingkat izin, $\Delta_a^{a,b}$

Struktur	Kategori risiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar tingkat.	0,025 h_{sx}	0,020 h_{sx}	0,015 h_{sx}
Struktur dinding geser kantilever batu bata ^d	0,010 h_{sx}	0,010 h_{sx}	0,010 h_{sx}
Struktur dinding geser batu bata lainnya	0,007 h_{sx}	0,007 h_{sx}	0,007 h_{sx}
Semua struktur lainnya	0,020 h_{sx}	0,015 h_{sx}	0,010 h_{sx}

Gambar 4. 24 Koefisien simpangan antar tingkat izin

Perbedaan antara tingkat desain untuk sistem ganda dalam struktur KDS D tidak boleh lebih besar dari $\Delta a/p$ pada tingkat mana pun. Oleh karena itu, rumus berikut digunakan untuk menghitung varians antar lantai pada luas bangunan tempat tinggal:

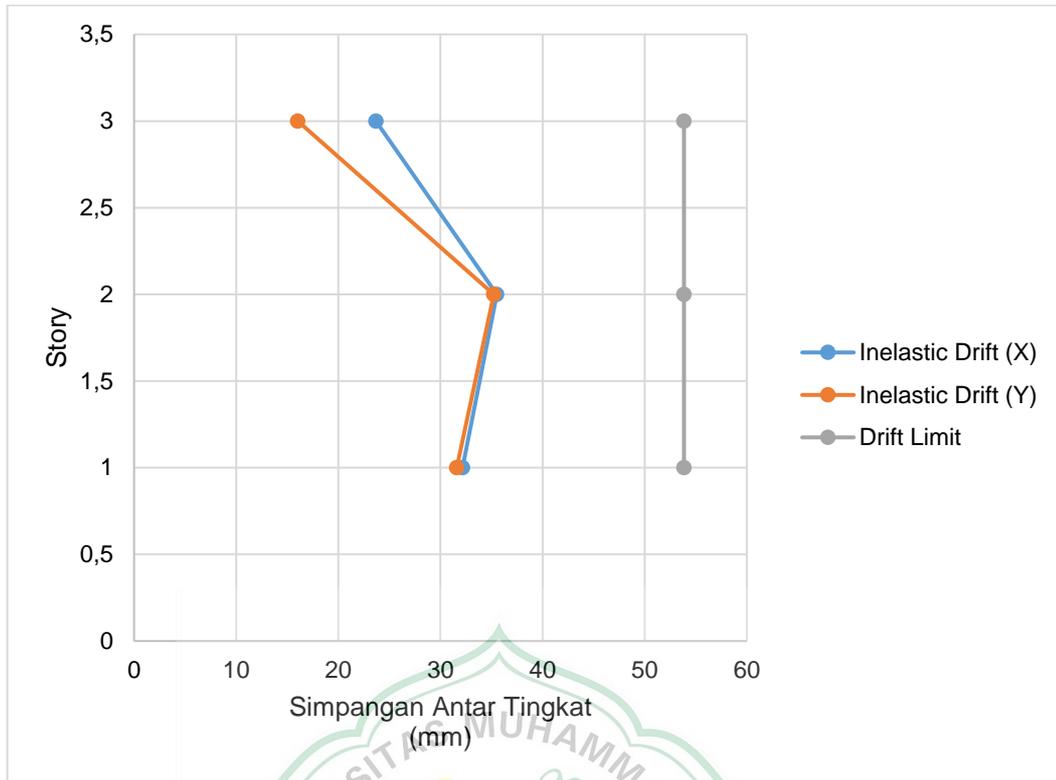
Tabel 4. 21 Simpangan antara lantai area gedung hunian

Simpangan Antar Tingkat Izin (Tabel)	Δ_e	=	0.025	h
Faktor Redundansi	ρ	=	1.3	
Story Drift Inelastik Izin	Δ_{max}	=	Δ / ρ	*untuk KDS D
		=	0.0192	h
Faktor Pembesaran Defleksi	C_d	=	5.5	
Faktor Keutamaan Gempa	I_e	=	1.00	
Story Drift Inelastik	Δ	=	$\delta * C_d / I_e$	

Perhitungan simpangan antar tingkat dilakukan secara terpisah berdasarkan denah pada gedung. Berikut hasil analisis simpangan berdasarkan output data pada ETABS:

Tabel 4. 22 Simpangan Antar Tingkat Gedung Rusun Polresta Kota Bukittinggi 3 Lantai

Story	Displacement		Elastic Drift		h	Inelastic Drift		Drift Limit	Cek
	δe_x	δe_y	δe_x	δe_y		Δ_x	Δ_y		
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)		(mm)	(mm)		
3	16.245	15.271	4.266	2.946	3500	23.463	16.203	67.308	OK
2	11.979	12.325	6.305	6.495	3500	34.678	35.723	67.308	OK
1	5.674	5.830	5.674	5.830	3500	31.207	32.065	67.308	OK



Gambar 4. 25 Simpangan Antar Lantai pada Gedung 3 Lantai

4.5.8 Analisis Pengaruh P-delta

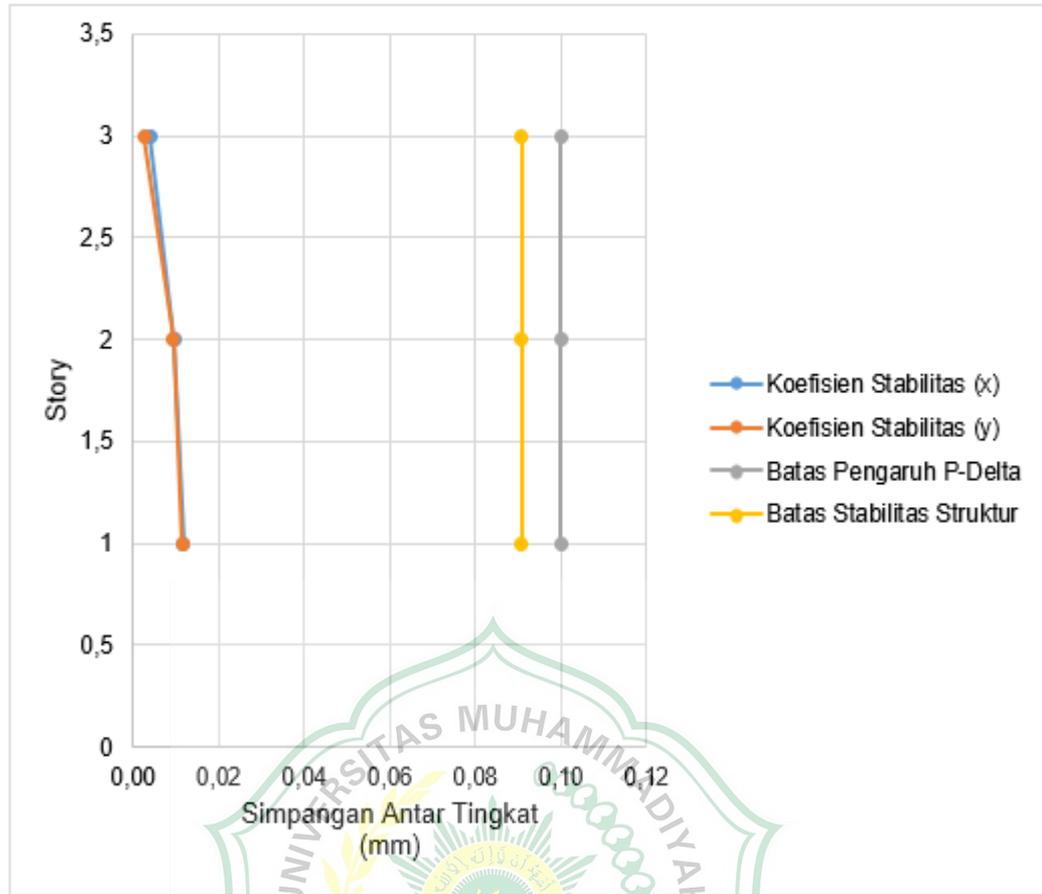
Berdasarkan Pasal 7.8.7 SNI 1726:2019 Jika koefisien stabilitas sama dengan atau kurang dari 0,1, maka pengaruh P-delta terhadap geser tingkat, momen elemen struktur yang timbul, dan simpangan antar lantai yang timbul tidak perlu untuk dipertimbangkan.

Tabel 4. 23 Pengaruh P-delta

Rasio kebutuhan geser	β	=	1
Batas koefisien stabilitas	θ_{max}	=	$0.5 / (\beta * C_d) \leq 0.25$
		=	0.0909

Tabel 4. 24 Pengecekan Pengaruh P-delta Gedung

Story	Inelastic Drift		Story Forces			h (mm)	Koefisien Stabilitas		Batas Pengaruh P-Delta	Batas Stabilitas Struktur, θ_{max}	Cek
	Δ_x	Δ_y	P	V_x	V_y		θ_X	θ_Y			
	(mm)	(mm)	(kN)	(kN)	(kN)						
3	23.463	16.203	2352.49	752.14	774.19	3500	0.0038	0.0026	0.1	0.0909	OK
2	34.678	35.723	12621.00	2505.38	2500.27	3500	0.0091	0.0094	0.1	0.0909	OK
1	31.207	32.065	23153.08	3380.43	3340.56	3500	0.0111	0.0115	0.1	0.0909	OK



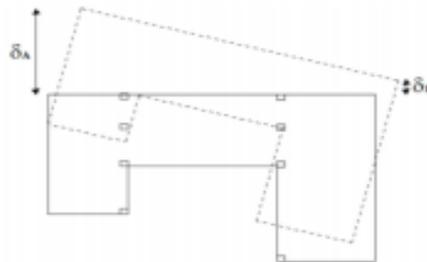
Gambar 4. 26 P-Delta *effect* pada Gedung 3 Lantai

4.5.9 Analisis ketidak-beraturan horizontal

Struktur dalam geometri harus ditinjau terhadap ketidak-beraturan baik secara horizontal struktur dan vertikal struktur. Berdasarkan SNI 1726-2019 pada tabel 13 telah diatur ketidak-beraturan horizontal dan konsekuensi yang berlaku. Sedangkan pada tabel 14 telah diatur ketidak-teraturan vertikal, sebagai berikut:

a. Ketidak-beraturan Horizontal

1) Ketidak-beraturan torsi 1a dan 1b



(a) Ketidakberaturan 1a dan 1b

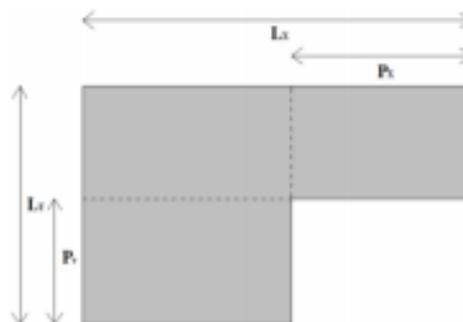
Gambar 4. 27 Sketsa ketidak-beraturan torsi 1a dan 1b

Tabel 4. 25 Ketidakberaturan torsi

Lantai	Arah X		Arah Y	
	$\Delta_{max}/\Delta_{avg}$	Cek	$\Delta_{max}/\Delta_{avg}$	Cek
3	5.143	H.1b	5.263	H.1b
2	2.348	H.1b	2.324	H.1b
1	2.361	H.1b	2.306	H.1b

Berdasarkan hasil dari tabel di atas dapat dilihat bahwa Gedung Rusun Polresta Kota Bukittinggi 3 lantai mengalami ketidak-beraturan torsi horizontal namun hal ini sudah dipertimbangkan dalam model analisis struktur dan sudah dilakukan sesuai dengan konsekuensi ketidak-beraturan

2) Ketidak-beraturan sudut dalam



(b) Ketidakberaturan 2

Gambar 4. 28 Sketsa ketidak-beraturan sudut dalam

Berdasarkan geometri struktur untuk bukaan sudut dalam didefinisikan ada jika lebih besar dari 15% dimensi denah struktur dalam arah yang ditinjau.

Lx	42	m
Px	0	m
Ly	22	m
Py	0	m
PX/LX	0.0000	
PY/LY	0.0000	
Cek	OK	

Gambar 4. 29 Pengecekan ketidak-beraturan sudut dalam

Untuk struktur Gedung Rusun Polresta Kota Bukittinggi 3 lantai ini masih tergolong tipikal, dalam artian ketidak beraturan struktur sudut dalam tidak terjadi pada kasus struktur kali ini.

3) **Ketidak-beraturan diskontinuitas diafragma**



Gambar 4. 30 Sketsa ketidak beraturan diskontinuitas diafragma

Kontinuitas diafragma dinyatakan dalam apabila ada bukaan struktur lebih dari 50% daerah diafragma bruto yang tertutup.

Tabel 4. 26 Pengecekan ketidak beraturan diskontinuitas diafragma

Syarat 1		
A_{total}	924	m²
A_{bukaan}	137.56	m²
Cek	OK	

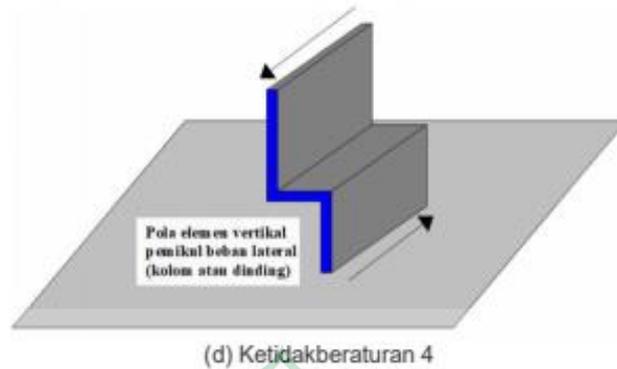
Luasan bukaan = 137.56 m²

Luasan total = 924 m²

$$\begin{aligned} \text{Rasio} &= 137.56 / 924 \\ &= 14 \% < 50 \% \end{aligned}$$

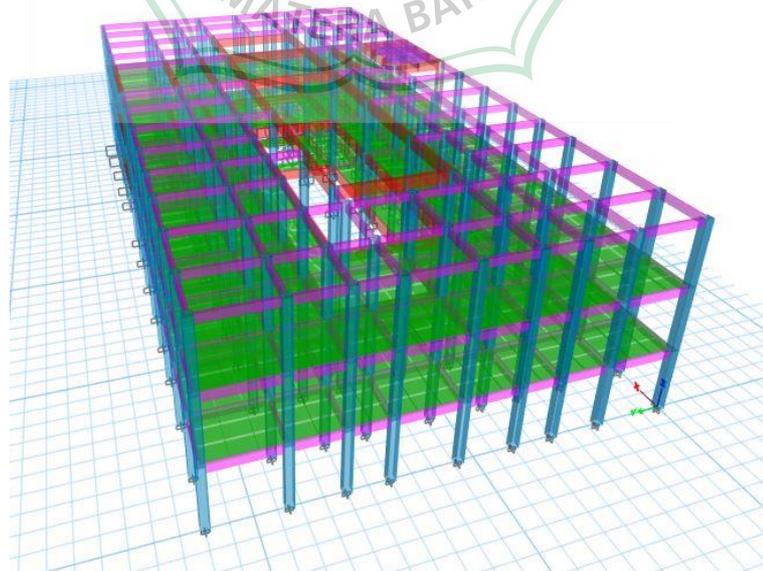
Dapat dilihat berdasarkan perhitungan rasio yang terjadi masih $< 50\%$, artinya bahwa struktur ini tidak terjadi ketidak beraturan kontinuitas diafragma.

1. Ketidak-beraturan akibat pergeseran tegak lurus dalam



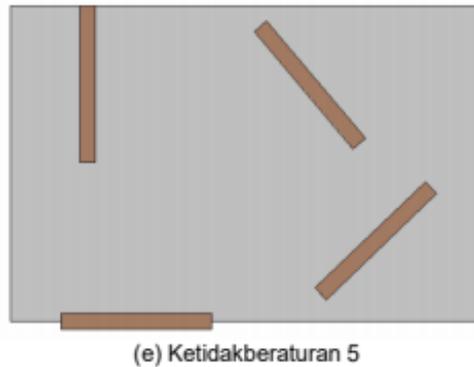
Gambar 4. 29 Sketsa ketidak-beraturan akibat pergeseran tegak lurus dalam

Ketidak-beraturan pergeseran tegak lurus dapat dilihat secara visualisasi dari denah gambar struktur, pada kasus perencanaan Gedung kali ini tidak adanya kolom utama yang tidak dalam satu as garis, dan memiliki kelurusan dari struktur bawah hingga struktur atas, oleh karena itu tidak terjadi ketidak-beraturan tegak lurus.



Gambar 4. 31 Potongan Struktur

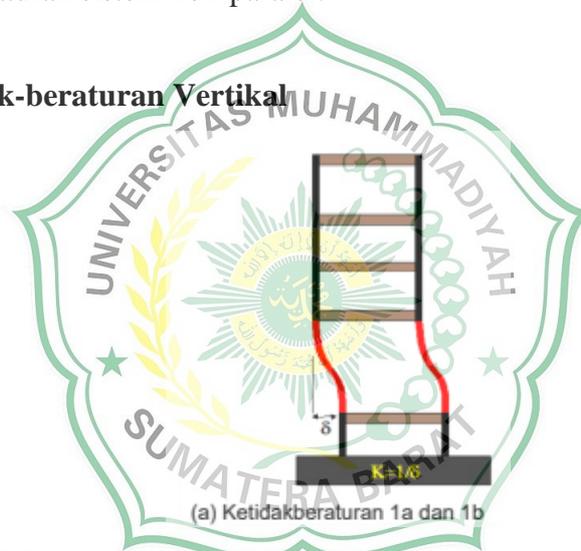
b. Ketidak-beraturan sistem non-paralel



Gambar 4. 32 Sketsa Ketidak-Beraturan Sistem Non-Paralel

Berdasarkan data denah struktur, dapat dilihat secara visual tidak terjadi ketidak-beraturan sistem non-paralel.

c. Ketidak-beraturan Vertikal



Gambar 4. 33 Sketsa Ketidak-Beraturan Kekakuan Tingkat Lunak (*Soft Story*)

Sesuai SNI 1726-2019. Jika kekakuan lateral suatu tingkat kurang dari 70% kekakuan lateral tingkat di atasnya atau kurang dari 80% kekakuan rata-rata ketiga tingkat di atasnya, maka dikatakan ada..

Tabel 4. 27 Pengecekan Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak

Lantai	Arah X		Arah Y	
	Kekakuan	Cek	Kekakuan	Cek
	kN/m		kN/m	
3	209926.073		197288.759	
2	28764.083	V.1b	53923.794	V.1b
1	59917.627	OK	112750.195	OK

Berdasarkan hasil *running* dan pengolahan data diatas dapat dilihat untuk ketidak-beraturan *vertical soft storey* tidak terjadi pada 2 arah, dapat dilihat bahwa nilai koefisien masih melebihi diatas 70% kekakuan tingkat diatas-nya. Namun hal ini telah dipertimbangkan dalam model analisis struktur dan sudah dilakukan sesuai dengan konsekuensi ketidak-beraturan.

d. Ketidak-beraturan berat (Massa)



Gambar 4. 34 Ketidak-Beraturan Berat (Massa)

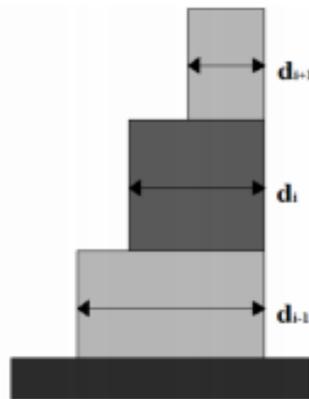
Ketidakteraturan massa didefinisikan dalam SNI 1726-2019 jika massa efektif pada suatu tingkat kurang dari atau sama dengan 150% massa pada tingkat di atasnya. Tidak ada kritik terhadap atap yang lebih ringan di bawahnya.

Tabel 4. 28 ketidak-beraturan massa

Lantai	Massa	Cek
	kg	
3	303390.9	OK
2	937094.02	V.2
1	952844.36	V.2

Berdasarkan hasil analisa di atas struktur Gedung Rusun Polresta Kota Bukittinggi mengalami ketidak-beraturan massa. Namun hal ini telah dipertimbangkan dalam model analisis struktur dan sudah dilakukan sesuai dengan konsekuensi ketidak-beraturan.

e. **Ketidak-beraturan geometri vertikal**



(c) Ketidakberaturan 3

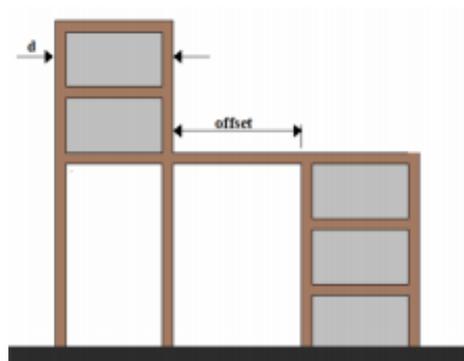
Gambar 4. 35 Sketsa Ketidak-Beraturan Geometri Vertikal

Tabel 4. 29 ketidak-beraturan geometri vertikal

Lantai	L	Cek
	mm	
3	400	
2	400	
1	400	OK

Hal ini dianggap ada jika, pada tingkat mana pun, dimensi horizontal sistem penahan gaya seismik lebih besar dari 130% dimensi horizontal pada tingkat di atasnya. Tidak ada ketidakteraturan geometri vertikal dalam skenario perencanaan ini.

f. **Ketidak-beraturan akibat diskontinuitas bidang pada elemen vertikal pemikul gaya lateral**

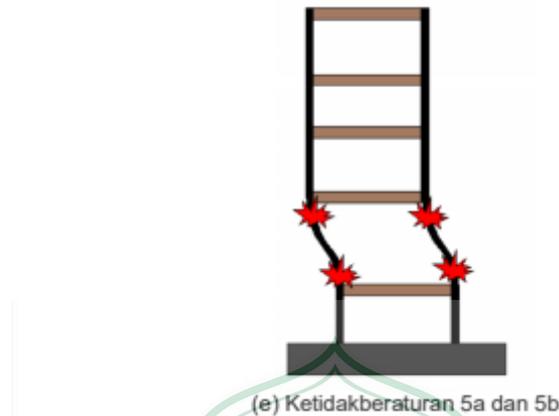


(d) Ketidakberaturan 4

Gambar 4. 36 Sketsa Ketidak-Beraturan Akibat Diskontinuitas Bidang

Berdasarkan perencanaan struktur Gedung Polresta 3 lantai terjadi ketidak-beraturan bidang elemen pemikul gaya lateral.

g. Ketidak-beraturan tingkat lemah akibat diskontinuitas pada kekuatan lateral



Gambar 4. 37 Sketsa Ketidak-Beraturan Tingkat Lemah

Tabel 4. 30 kekuatan lateral tingkat

Lantai	Arah X		Arah Y	
	Kekuatan kN	Cek	Kekuatan kN	Cek
3	823.5306		821.6898	
2	2508.9826	OK	2506.5416	OK
1	3364.9893	OK	3364.9532	OK

Didefinisikan ada jika kekuatan lateral suatu tingkat kurang dari 80% kekuatan lateral tingkat diatas-nya. kekuatan lateral tingkat adalah total semua elemen pemikul *seismic* yang berbagi geser tingkat pada arah yang ditinjau. Sedangkan dalam kondisi ekstrim dinyatakan jika kurang dari 65% kekuatan lateral tingkat diatas-nya.

Berdasarkan hasil analisa kekuatan antar tingkat, struktur Gedung Polresta 3 lantai tidak ada mengalami ketidak-beraturan kekuatan antar tingkat, dimana hal ini bermaksud bahwa tidak ada tingkat yang lemah dari tingkat lainnya.

4.6 Factored Loads and Moments with Corresponding Capacities

Dalam analisis *Factored Loads and Moments with Corresponding Capacities*, beban dan momen yang bekerja pada struktur bangunan akan dihitung

dengan mempertimbangkan faktor keamanan yang ditentukan, yaitu faktor beban dan faktor momen. Kemudian, kapasitas struktur bangunan untuk menahan beban dan momen tersebut akan diperiksa dengan memperhitungkan tegangan dan regangan pada elemen struktur.

Dalam konteks perencanaan gedung 3 lantai tahan gempa di daerah rawan gempa di Indonesia, analisis *Factored Loads and Moments with Corresponding Capacities* terkait dengan standar SNI (Standar Nasional Indonesia) 1726:2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan *Non-Gedung*. SNI 1726:2019 mengatur persyaratan desain struktur bangunan agar dapat tahan gempa, termasuk ketentuan mengenai faktor beban dan faktor momen, serta kapasitas struktur bangunan untuk menahan beban dan momen.

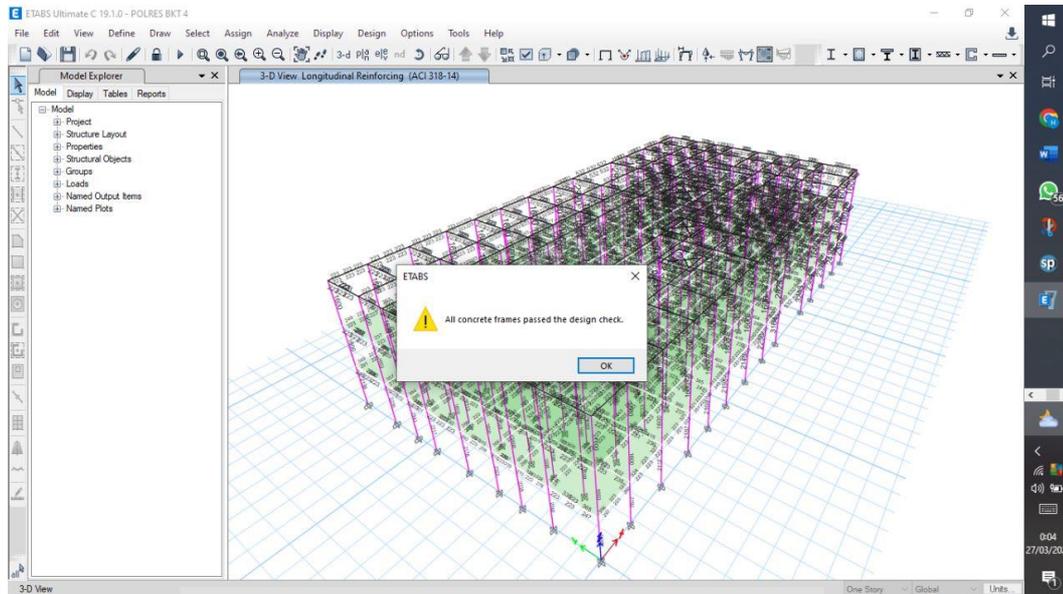
Dengan memperhatikan persyaratan SNI 1726:2019 dalam analisis *Factored Loads and Moments with Corresponding Capacities*, maka perencanaan gedung 3 lantai tahan gempa di daerah rawan gempa dapat memastikan bahwa struktur bangunan aman dan memenuhi persyaratan peraturan dan perhitungan struktur yang berlaku di Indonesia

Tabel 4. 31 Factored Loads and Moments with Corresponding Capacities,

No	P_u kN	M_{ux} kNm	M_{uy} kNm	ϕM_{nx} kNm	ϕM_{ny} kNm	$\phi M_u/M_u$	NA Depth mm	d_t Depth mm	ϵ_t	ϕ
1	-114.7	16.17	55.11	61.28	208.9	3.791	123	476	0.0087	0.9
2	714.4 4	-145.9	-40.08	- 293.33	-80.54	2.009	205	498	0.0043 3	0.84 2
3	680.1 9	58.4	160.04	100.3	274.87	1.718	219	518	0.0041 1	0.82 3
4	710.6 7	-43.27	- 159.92	-79.61	- 294.24	1.84	203	497	0.0043 7	0.84 5
5	677.2 9	153.54	71.34	256.63	119.24	1.671	233	533	0.0038 8	0.80 4
6	348.7 4	- 147.99	-49.91	- 265.49	-89.54	1.794	175	499	0.0055 9	0.9

Sumber: Perhitungan excel

Setelah struktur dianalisis melalui program ETABS maka didapatkan penulangan struktur.



Gambar 4. 38 Hasil Running ETABS Gedung Rusun Polresta Kota Bukittinggi

Salah satu hasil yang dapat dihasilkan dari struktur dianalisis melalui program ETABS adalah daya dukung struktur. ETABS dapat menghitung daya dukung struktur, termasuk daya dukung elemen struktur individual dan daya dukung keseluruhan struktur. Analisis ini memberikan informasi tentang batas beban maksimum yang dapat ditangani oleh struktur. ETABS juga dapat menghasilkan perpindahan struktur pada elemen struktur seperti kolom, balok, dan pelat. Analisis ini memberikan informasi tentang seberapa stabil struktur dalam kondisi beban tertentu. Pada hasil *running* di atas menunjukkan program ETABS memberikan informasi bahwa semua elemen struktur telah lulus tes uji daya dukung, kestabilan, dan lain-lain saat diberikan beban sesuai dengan SNI 1727:2020 mengenai beban desain minimum dan kriteria untuk bangunan Gedung dan struktur lain.

Berikut hasil perhitungan dimensi dan penulangan balok, kolom, dan pelat lantai:

1. Balok B1 Induk 300 x 600 mm (6 m)

TIPE BALOK LEVEL	Balok 30 x 60	
	TUMPUAN	LAPANGAN
DIMENSI	300x600	
TULANGAN ATAS	5 D16	3 D16
TULANGAN BAWAH	3 D16	3 D16
SENGKANG	D10-90	D10-150
TULANGAN PINGGANG	2D-10	2D-10

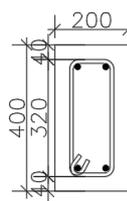
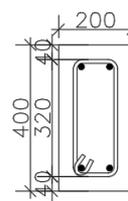
Gambar 4. 39 Balok B1 Induk 300 x 600 mm (6 m)

2. Balok B2 200 x 400 mm (3,5 m)

TIPE BALOK LEVEL	Balok 20 x 40	
	TUMPUAN	LAPANGAN
DIMENSI	200x400	
TULANGAN ATAS	3 D16	2 D16
TULANGAN BAWAH	2 D16	2 D16
SENGKANG	D10-80	D10-100
TULANGAN PINGGANG	-	-

Gambar 4. 40 Balok B2 200 x 400 mm (3,5 m)

3. Balok B2 200 x 400 mm (3,25 m; 2,75 m; 2,5 m; 2 m)

LEVEL	TIPE BALOK	Balok 20 x 40	
		TUMPUAN	LAPANGAN
			
	DIMENSI	200x400	
	TULANGAN ATAS	2 D16	2 D16
	TULANGAN BAWAH	2 D16	2 D16
	SENGKANG	D10-80	D10-100
	TULANGAN PINGGANG	-	-

Gambar 4. 41 Balok B2 200 x 400 mm (3,25 m; 2,75 m; 2,5 m; 2 m)

4.7 Data Primer Bored Pile

Data primer *Bored pile* adalah data yang diperoleh dari data lokasi pembangunan maupun hasil *survey* sesuai dengan fungsi dan beban yang akan dipikul oleh *Bored pile* untuk diteruskan ke tanah yang dapat langsung dipergunakan sebagai sumber perencanaan struktur.

4.7.1 Analisis Data Tanah dan Data Gempa

Data tanah yang digunakan dalam proyek ini adalah data hasil pengujian Boring SPT. Penyelidikan tanah dilakukan pada lokasi Perencanaan Pembangunan Rusun POLRES Bukittinggi oleh PT.Gubahreka Consultant. Penyelidikan tanah dilakukan pada lokasi Perencanaan Pembangunan Rusun POLRESTA sebanyak 1 (satu) titik. Kondisi tanah berdasarkan hasil pengujian Boring SPT adalah tanah pasir berlempung dari permukaan sampai kedalaman kira-kira 3 meter, tetapi lapisan selanjutnya didominasi oleh lapisan pasir padat dan lapisan batuan.

4.7.2 Teori Dan Rumus

Bored pile adalah jenis pondasi dalam yang digunakan dalam konstruksi untuk mendukung beban struktural. *Bored pile* adalah elemen struktural berbentuk silinder yang dibuat dengan cara menggali lubang di tanah menggunakan alat

khusus dan kemudian mengisi lubang tersebut dengan beton bertulang. Pondasi ini digunakan untuk mendukung berbagai jenis bangunan seperti gedung bertingkat, jembatan, dan lainnya.

Konstruksi *Bored Pile* dimulai dengan pemboran lubang di dalam tanah menggunakan mesin bor yang sesuai. Setelah mencapai kedalaman dan diameter yang diinginkan, lubang tersebut kemudian diisi dengan beton bertulang. Pondasi *bored pile* sering digunakan dalam proyek konstruksi besar seperti gedung tinggi, jembatan, dan pelabuhan. Mereka juga dapat digunakan dalam situasi khusus seperti penahan tanah dan pemecahan batu.

Pondasi *bored pile* memerlukan perhitungan yang cermat terkait dengan kapasitas beban dan karakteristik tanah. Ini melibatkan analisis geoteknik dan perhitungan struktural.

kendala dan tantangan yang perlu dipertimbangkan dalam penggunaan pondasi *bored pile*, seperti biaya tinggi, kebutuhan peralatan khusus, dan dampak lingkungan. Konstruksi pondasi *bored pile* harus mematuhi regulasi dan standar keselamatan yang berlaku untuk memastikan keamanan konstruksi dan lingkungan sekitar..

4.7.3 Karakteristik Sifat Tanah

Hasil penelitian tanah yang dilakukan di lapangan dan di laboratorium digunakan untuk mengetahui sifat mekanik dan fisik tanah. Untuk mendapatkan parameter yang diperlukan untuk perencanaan pondasi, perlu ditentukan kualitas fisik dan mekaniknya. Data hasil penyelidikan tanah yaitu data SPT Boring disajikan pada Tabel 4.12 dan 4.30 berikut ini.

Tabel 4. 32 Hasil Pengujian Boring SPT

Depth (m)	N-SPT BH-01
0.00 - 2.00	18
2.00 - 4.00	40
4.00 – 6.00	60
6.00 – 8.00	60
8.00 – 10.00	60

10.00 – 12.00	60
12.00 – 14.00	60
14.00 – 16.00	60
16.00 – 18.00	60
18.00 – 20.00	60

Sumber : PT. Gubahreka Consultant

Lapisan tanah berdasarkan hasil pengujian Boring SPT pada titik BH-01 lapisan kedalaman 1m sampai kedalaman 3m didominasi oleh tanah pasir berlempung, kedalaman 3m sampai kedalaman 5m lapisan tanah didominasi oleh tanah pasir, kedalaman 5m sampai kedalaman 7m lapisan tanah di dominasi oleh pasir berlanau, kedalaman 7m sampai kedalaman 16 m lapisan tanah di dominasi oleh pasir berbutir halus-kasar, sedangkan kedalaman 16m sampai kedalaman 20 m lapisan tanah didominasi oleh batuan vulkanik. Lapisan muka air tanah pada titik BH01 ini berada di kedalaman 15 meter, dimana kedalaman ini terdiri dari pasir berbutir halus-kasar.

Tabel 4. 33 Klasifikasi Site untuk Pengujian Titik BH-01

BH-1			
Depth (m)	ti (m)	NSPT	ti/NSPT
2	2	18	0.111
4	2	40	0.050
6	2	60	0.033
8	2	60	0.033
10	2	60	0.033
12	2	60	0.033
14	2	60	0.033
16	2	60	0.033
18	2	60	0.033
20	2	60	0.033
Total			0.411
Σkedalaman tanah			20
N-rata2			48.649

Hasil perhitungan klasifikasi site (jenis tanah) memberikan nilai SPT (\bar{N}) berdasarkan persyaratan SNI 1726:2019. Nilai SPT (\bar{N}) pada titik BH-01 tersebut bernilai 48.649, maka dapat diklasifikasikan sebagai Tanah Sedang (S_D).

4.7.4 Perencanaan Pondasi

Dalam perencanaan pondasi bangunan pada proyek Pembangunan Rusun POLRES Bukittinggi Akan digunakan jenis pondasi dalam yaitu tiang bor dikarenakan beberapa kondisi yaitu :

1. Berdasarkan SNI 1726-2019 Tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung tanah keras terletak pada lapisan tanah yang memiliki nilai N-SPT hasil pengujian Boring SPT di atas 50. Untuk hasil penyelidikan tanah di lokasi Pembangunan proyek ini tanah keras tersebut berada pada kedalaman 6 – 20 meter ke bawah sehingga perencanaan pondasi lebih aman jika digunakan pondasi pada kedalaman 6 meter
2. Daerah lokasi pembangunan proyek yaitu di Kota Bukittinggi merupakan daerah rawan terjadinya gempa karena tergolong kedalam zona 5 gempa Indonesia, sehingga pemilihan pondasi dalam adalah solusi yang tepat dalam perencanaan ini.

Dalam perencanaan fondasi ini akan menggunakan metode rasional yang diperbolehkan oleh SNI 8460-2017 tentang Persyaratan Perencanaan Geoteknik dalam menghitung kapasitas ultimit fondasi yaitu menggunakan metode Meyerhof.

Pondasi dalam perencanaan pembangunan proyek ini adalah pondasi tiang bor dengan kedalaman 6 meter. Pondasi tiang ini adalah tiang bor dengan metode pelaksanaan cast in situ.

4.7.5 Daya Dukung Tanah untuk Tiang Bor

A. Metode Meyerhoff

Secara umum, kapasitas dukung *ultimit* tiang pondasi tiang bor dapat dinyatakan dalam rumus berikut:

$$Q_u = Q_b + Q_s$$

Dimana:

$$Q_u = \text{Kapasitas dukung } \textit{ultimit} \text{ tiang (ton)}$$

Q_p = Tahanan ujung *ultimit* tiang (ton) Q_s = Tahanan gesek selimut tiang(ton)

Tahanan ujung *ultimit* tiang dinyatakan dalam rumus berikut:

$$Q_p = 40 N_b \times A_p$$

Dimana:

Q_p = Daya dukung *ultimate* ujung tiang (ton)

N_b = Harga N SPT pada elevasi dasar tiang

A_b = Luas penampang dasar tiang (m^2)

Tahanan gesek selimut tiang dinyatakan dalam rumus berikut:

$$Q_s = 0.1 N' \times A_s$$

Dimana:

Q_s = Daya dukung *ultimate* selimut tiang (ton)

N' = Nilai rata-rata N SPT terkoreksi

A_s = luas selimut tiang (m^2)

B. Perhitungan Daya Dukung Aksial Metode Meyerhoff

Menggunakan data SPT BH-F pada kedalaman 6 m dengan nilai $N'60 = 60$. $N'60$ adalah nilai N SPT yang dikoreksi terhadap overburden. Berikut tahap perhitungan untuk mendapat kapasitas dukung ultimit (Q_u) :

1. Berikut tahap perhitungan untuk memperoleh nilai Q_p :

$$N_b = 46,7$$

$$A_b = 0.25 \times \pi \times d = 0.314m^2$$

$$Q_p = 586,85 \text{ ton}$$

2. Berikut tahap perhitungan untuk memperoleh nilai Q_s :

$$K = 1.885m$$

$$T = 2m$$

$$Q_s = 0.1 \times N' \times A_s = 0.1 \times N' \times t \times k = 15,1 \text{ ton}$$

$$\Sigma Q_s = Q_{s1} + Q_{s2} = 14.58 + 15.1 = 29.66 \text{ ton}$$

3. Berikut tahap perhitungan untuk memperoleh Q_u :

$$Q_u = Q_p + Q_s = 586,85 \text{ ton} + 29.6 \text{ ton} = 616,506 \text{ ton}$$

4. Berikut tahap perhitungan untuk memperoleh Q_a :

$$\begin{aligned} Q_a &= Q_u / SF \\ &= 616,506 / 3 \\ &= 205.502 \text{ ton} \end{aligned}$$

Berikut resume perhitungan *bored pile* Ø40 cm BH-1 dengan metode Meyerhoff:

Tabel 4. 34 Perhitungan bored pile Ø40 cm BH-1 Metode Meyerhoff

Depth	Tebal Lapisan	N'60	Skin Friction (Ton)	Kumulatif Friction (Ton)	N-SPT ave [Nb]	Unit End Bearing (40.Nb)	End Bearing (Ton)	Qult (Ton)	Qall
			a.Cu. As or 0,1.N.As	Qs cum					
0	0	0							
PILE CAP									
2	2	18	4,5	4,52	17,8	712	223,6814	228,2053	76,068
4	2	40	10,1	14,58	34,3	1372	431,0265	445,6035	148,535
6	2	60	15,1	29,66	46,7	1868	586,8495	616,5061	205,502
8	2	60	15,1	44,74	57,0	2280	716,2831	761,0194	253,673
10	2	60	15,1	59,82	60	2400	753,9822	813,7982	271,266
12	2	60	15,1	74,90	60	2400	753,9822	828,8778	276,293
14	2	60	15,1	89,98	60	2400	753,9822	843,9575	281,319
16	2	60	15,1	105,05	60	2400	753,9822	859,0371	286,346
18	2	60	15,1	120,13	60	2400	753,9822	874,1167	291,372
20	2	60	15,1	135,21	60	2400	753,9822	889,1964	296,399

4.7.6 Kebutuhan Tiang Bor *Pile Cap*

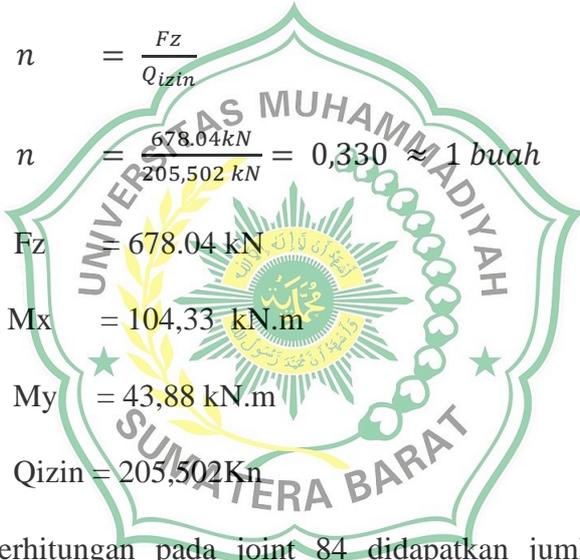
Pile Cap merupakan suatu cara yang digunakan untuk mengikat pondasi sebelum didirikan kolom di bagian atasnya. *Pile cap* ini berfungsi agar lokasi kolom benar-benar berada di titik pusat pondasi sehingga tidak menyebabkan eksentrisitas yang dapat menyebabkan beban tambahan pada pondasi. Dalam perencanaan pondasi bangunan tiang bor akan digunakan *pile cap* sebagai penghubung tiang pancang dengan kolom. Dalam penentuan kebutuhan jumlah tiang pancang terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi yaitu kekuatan tiang pancang yang digunakan, daya dukung tanah dan lainnya.

4.7.7 Menentukan Jumlah Tiang Bor

Menentukan jumlah tiang digunakan gaya reaksi perletakan yang terdapat pada joint akibat pembebanan DL + LL dan daya dukung izin:

$$n = \frac{Fz}{Q_{izin}}$$

Dalam menentukan jumlah tiang bor diperlukan database ban setiap kolom yang berasal dari hasil running ETABS. Berikut contoh perhitungan jumlah tiang pancang pada joint 84 dengan menggunakan daya dukung izin. Gaya reaksi perletakan yang terdapat pada joint 84 akibat kombinasi pembebanan bernilai sebagai berikut:



$$n = \frac{Fz}{Q_{izin}}$$

$$n = \frac{678,04 \text{ kN}}{205,502 \text{ kN}} = 0,330 \approx 1 \text{ buah}$$

$Fz = 678,04 \text{ kN}$
 $Mx = 104,33 \text{ kN.m}$
 $My = 43,88 \text{ kN.m}$
 $Q_{izin} = 205,502 \text{ kN}$

Hasil perhitungan pada joint 84 didapatkan jumlah tiang bor yang dibutuhkan adalah 1 buah. Joint yang jumlah tiang bor sebanyak 1 buah akan digolongkan sebagai *pile cap* type PC1. Berikut rekapitulasi perhitungan jumlah tiang bor untuk semua joint pada Tabel 4.33

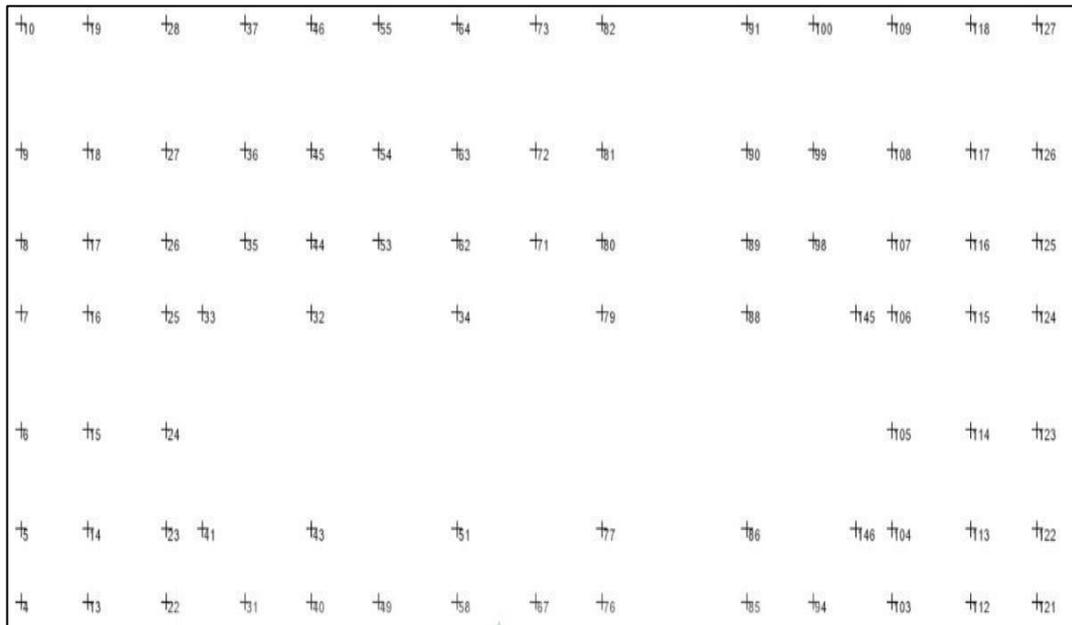
Tabel 4. 35 Hasil Perhitungan Jumlah Tiang Bor

Joint Label	FZ	MX	MY	Jumlah Tiang Bor (n)	Jumlah Tiang Yang Dibutuhkan	Tipe Pile
	kN	kN-m	kN-m			
84	678,0362	104,3271	43,880	0,330	1,0	PC1
75	519,8145	153,1918	50,056	0,253	1,0	PC1
83	497,8432	122,7364	58,658	0,242	1,0	PC1

74	487,7716	145,1224	63,586	0,237	1,0	PC1
85	458,3183	146,9548	70,051	0,223	1,0	PC1
77	381,7307	48,956	191,660	0,186	1,0	PC1
86	377,8344	49,2719	182,368	0,184	1,0	PC1
79	367,757	52,366	187,027	0,179	1,0	PC1
90	363,2365	45,8715	172,833	0,177	1,0	PC1
81	362,47	46,1322	183,508	0,176	1,0	PC1
88	355,757	52,0588	180,822	0,173	1,0	PC1
82	346,5913	140,674	60,548	0,169	1,0	PC1
91	346,0245	139,6308	51,789	0,168	1,0	PC1
57	302,968	55,1246	37,930	0,147	1,0	PC1
63	302,5832	53,7759	36,490	0,147	1,0	PC1
21	302,4596	63,4927	38,011	0,147	1,0	PC1
27	301,9938	61,5535	36,602	0,147	1,0	PC1
102	301,9478	53,7552	37,846	0,147	1,0	PC1
108	301,8469	52,2234	36,337	0,147	1,0	PC1
15	285,8899	39,8963	61,460	0,139	1,0	PC1
114	284,8733	33,0494	60,767	0,139	1,0	PC1
111	280,4405	54,5322	38,640	0,136	1,0	PC1
12	278,5477	66,2126	39,134	0,136	1,0	PC1
34	277,7593	43,7663	181,204	0,135	1,0	PC1
18	277,5334	63,5668	37,681	0,135	1,0	PC1
51	275,6429	44,0819	183,454	0,134	1,0	PC1
16	275,4296	66,5	37,640	0,134	1,0	PC1
93	274,655	53,8787	39,479	0,134	1,0	PC1
30	273,6965	61,6347	38,164	0,133	1,0	PC1
115	273,4506	54,7396	37,168	0,133	1,0	PC1
48	273,3091	57,5885	38,815	0,133	1,0	PC1
117	273,0861	52,2319	37,250	0,133	1,0	PC1
36	272,485	59,2689	36,802	0,133	1,0	PC1
54	272,413	55,4866	37,370	0,133	1,0	PC1
76	270,6174	151,4179	62,675	0,132	1,0	PC1
66	269,8779	54,7733	38,790	0,131	1,0	PC1
99	268,9632	52,1953	38,292	0,131	1,0	PC1
72	266,0202	52,9364	37,354	0,129	1,0	PC1
32	265,7237	46,712	184,265	0,129	1,0	PC1
39	265,4568	58,6484	38,798	0,129	1,0	PC1
43	264,8818	47,1152	186,272	0,129	1,0	PC1
45	264,8555	57,1686	37,383	0,129	1,0	PC1
89	255,786	46,9069	173,160	0,124	1,0	PC1
24	254,9577	38,5555	55,210	0,124	1,0	PC1

80	254,4205	47,1478	179,740	0,124	1,0	PC1
105	253,7608	32,8465	57,354	0,123	1,0	PC1
14	246,1735	65,1639	37,954	0,120	1,0	PC1
56	245,7256	45,6322	38,150	0,120	1,0	PC1
20	245,6947	52,8531	38,251	0,120	1,0	PC1
28	244,7461	57,6587	35,674	0,119	1,0	PC1
101	244,6685	44,2327	37,973	0,119	1,0	PC1
64	244,482	50,705	35,652	0,119	1,0	PC1
109	243,2219	48,9881	35,427	0,118	1,0	PC1
113	241,3488	53,7022	37,551	0,117	1,0	PC1
11	241,1724	54,9842	39,453	0,117	1,0	PC1
19	240,1561	59,5874	36,761	0,117	1,0	PC1
120	239,3973	92,1182	40,781	0,116	1,0	PC1
110	237,799	44,7869	38,774	0,116	1,0	PC1
25	237,0131	63,7547	37,560	0,115	1,0	PC1
126	236,8079	90,4627	39,199	0,115	1,0	PC1
106	234,4209	54,0942	39,415	0,114	1,0	PC1
47	233,4074	47,2357	39,089	0,114	1,0	PC1
29	233,3031	50,7596	38,466	0,114	1,0	PC1
118	232,7993	48,9914	36,293	0,113	1,0	PC1
55	232,1368	51,9981	36,449	0,113	1,0	PC1
37	231,6851	55,406	35,954	0,113	1,0	PC1
6	231,526	40,0541	56,392	0,113	1,0	PC1
58	230,4288	56,0593	36,629	0,112	1,0	PC1
123	230,2773	52,9215	53,592	0,112	1,0	PC1
62	229,2334	55,849	35,816	0,112	1,0	PC1
3	228,9171	65,7311	36,254	0,111	1,0	PC1
92	227,2062	43,7093	39,170	0,111	1,0	PC1
71	226,9769	50,0627	37,596	0,110	1,0	PC1
53	226,2824	52,5553	37,602	0,110	1,0	PC1
22	226,105	64,513	37,097	0,110	1,0	PC1
104	225,1584	53,1387	39,680	0,110	1,0	PC1
103	224,831	54,6565	37,266	0,109	1,0	PC1
49	224,4545	52,1333	38,458	0,109	1,0	PC1
26	224,2524	63,7165	36,418	0,109	1,0	PC1
65	223,5652	44,8925	38,384	0,109	1,0	PC1
23	223,5344	62,7063	37,973	0,109	1,0	PC1
107	223,007	54,1975	36,393	0,109	1,0	PC1
9	221,8396	64,1807	34,916	0,108	1,0	PC1
124	220,9288	92,7274	39,192	0,108	1,0	PC1
100	220,0051	48,6205	36,766	0,107	1,0	PC1

67	219,8545	50,1263	37,705	0,107	1,0	PC1
73	219,0067	49,3794	35,692	0,107	1,0	PC1
38	217,439	48,9382	39,157	0,106	1,0	PC1
46	216,6786	53,3888	36,543	0,105	1,0	PC1
35	214,98	56,1853	37,066	0,105	1,0	PC1
31	214,0069	56,3047	37,743	0,104	1,0	PC1
98	211,5028	49,3584	38,136	0,103	1,0	PC1
122	209,2718	92,4704	39,712	0,102	1,0	PC1
112	208,9063	54,6667	37,954	0,102	1,0	PC1
94	208,489	48,9399	38,737	0,101	1,0	PC1
13	208,4701	66,1635	38,292	0,101	1,0	PC1
17	206,4804	66,0438	37,569	0,100	1,0	PC1
7	204,8018	66,5914	34,735	0,100	1,0	PC1
40	203,5847	59,4572	37,539	0,099	1,0	PC1
116	202,1174	54,5115	37,209	0,098	1,0	PC1
44	201,5592	59,229	36,817	0,098	1,0	PC1
127	195,0041	83,9635	38,401	0,095	1,0	PC1
119	193,7914	81,5262	41,104	0,094	1,0	PC1
5	187,9813	65,6098	34,870	0,091	1,0	PC1
125	186,9412	93,6586	39,249	0,091	1,0	PC1
2	184,3645	55,7365	36,164	0,090	1,0	PC1
121	183,6931	94,6713	40,042	0,089	1,0	PC1
10	179,272	59,1192	33,752	0,087	1,0	PC1
33	174,7228	39,5988	68,618	0,085	1,0	PC1
145	173,7959	34,2854	66,919	0,085	1,0	PC1
146	173,5018	32,0993	67,903	0,084	1,0	PC1
4	173,3242	67,2262	35,080	0,084	1,0	PC1
41	173,2834	37,2047	69,381	0,084	1,0	PC1
8	170,6156	66,4974	34,413	0,083	1,0	PC1



Gambar 4. 42 Denah *Pile cap*

4.7.8 Penulangan *Pile Cap*

Perhitungan gaya dalam pada *pile cap* didapat dengan teori mekanika statis tertentu. Berikut perhitungan penulangan pada *pile cap* type PC1.

Lebar kolom arah x	bx	0,3	m
Lebar kolom arah y	by	0,4	m
Tebal <i>pile cap</i>	h	0,6	m
Jarak as tiang pancang tepi terhadap sisi luar beton	a	0,4	m
Panjang <i>pile cap</i>	Lx	0,8	m
Lebar <i>pile cap</i>	Ly	0,8	m

Tabel 4. 36 Rekapitulasi Tulangan *Pile Cap*

Tipe <i>Pile Cap</i>	Tulangan Lentur Arah X	Tulangan Lentur Arah Y	Tulangan Susut Arah X	Tulangan Susut Arah Y
PC1	200 Ø16-	200 Ø16-	6-200 Ø1	200 Ø16-
(Sumber : SNI 2847-2019)				

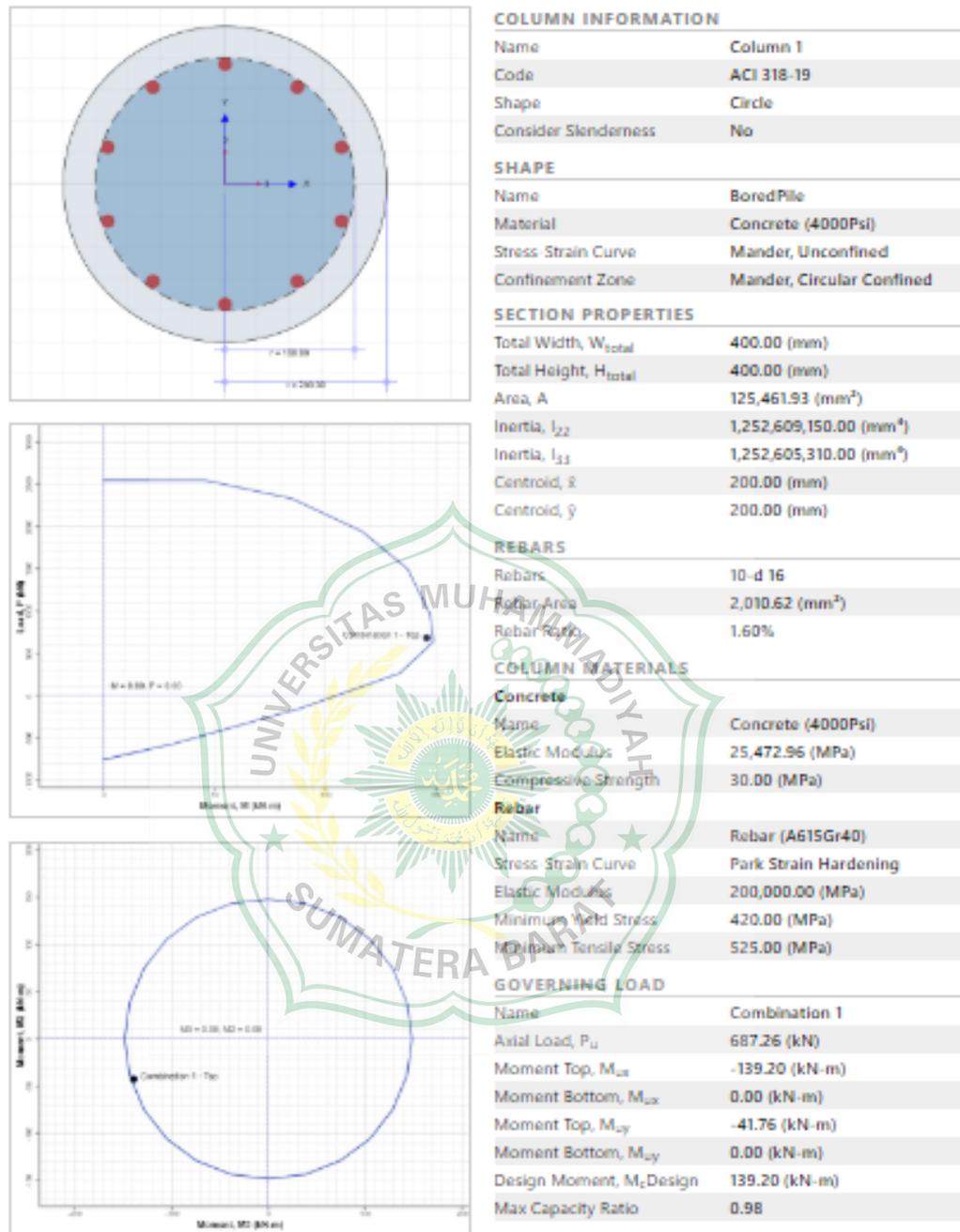
4.7.9 Penulangan *Bore Pile*

Berikut dimensi penulangan untuk bored pile pada perencanaan gedung Rusun POLRES Bukittinggi :

Diameter <i>Bored Pile</i>	= 40 cm
Mutu Beton (f_c)	= 30 MPa
Mutu Baja (f_y)	= 420 MPa
Ø tulangan utama	= 16 mm
Ø tulangan sengkang	= 10 mm
Selimut Beton (S_b)	= 40 mm
Tinggi <i>Pile Cap</i>	= 0,6 m
Berat <i>Pile Cap</i>	= 9.22 kN
P_{max}	= P_u + berat <i>pile cap</i> = 678.04 + 9.22 = 687.26 kN

4.8 Kapasitas Tulangan *Bored Pile*

Setelah ditentukan dimensi penulangan untuk *bored pile* maka dilakukan pengecekan kapasitas tulangan dengan menggunakan *CSICol*. Berikut grafik hasil *running* dari program *CSICol* untuk mengetahui kapasitas tulangan *bored pile*:



Gambar 4. 43 grafik hasil running dari program CSiCol

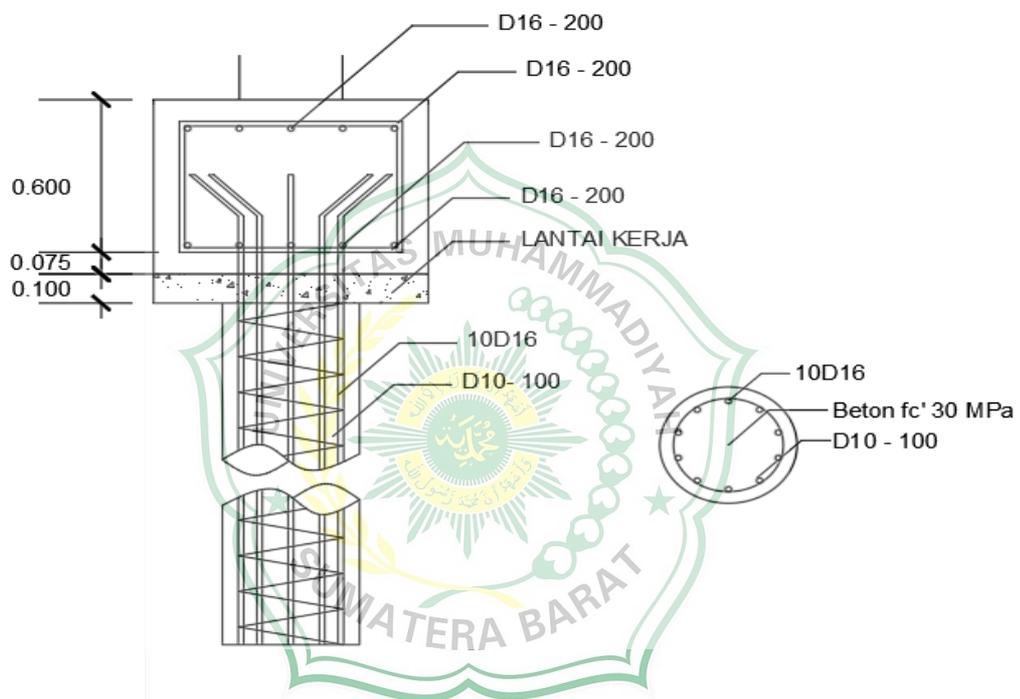
Dari gambar diatas dapat diketahui bahwa kapasitas tulangan yang digunakan telah memenuhi ($1.60\% > 1\%$) dan masih mampu menahan beban ($P_u : 687.26$ kN).

Berdasarkan hasil perhitungan, maka dapat dilihat rekapitulasi penulangan *bored pile* pada Tabel berikut.

Tabel 4. 37 Rekapitulasi Tulangan *Bored Pile*

Tipe <i>Pile Cap</i>	Tulangan Utama	Tulangan Spiral
PC1	10D16	Ø10-100

(Sumber : SNI 2847-2019)



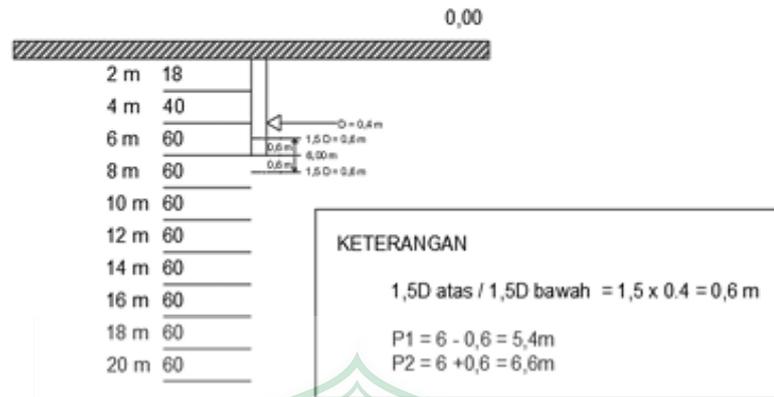
Gambar 4. 44 Sketsa Potongan *Pile Cap* dan *Bored Pile*

4.8.1 Metode Aoki & De Alencar

1. Tiang Pancang Diameter 0,4 M

A. Kapasitas Daya Dukung Ujung Tiang

Letak P1 dan P2 pada tiang dengan diameter 0,4 m metode Aoki & De Alencar dapat di lihat pada gambar 4.42



Gambar 4. 45 Letak 1,5D atas 1,5D bawah pada tiang *bored pile* D 0,4 m

$$F_b = 1,75 \text{ (faktor empirik tahanan ujung tiang pancang)}$$

$$P1 = 1,5.D$$

$$= 1,5.0,4$$

$$= 0,6$$

$$= 6 - 0,6 = 5,4$$

$$P2 = 1,5.D$$

$$= 1,5.0,4$$

$$= 0,6$$

$$= 6 + 0,6 = 6,6$$

q_{ca} = (di ambil rata-rata perlawanan konus sepanjang 1,5 D atas dan bawah ujung tiang)

$$= \frac{(0,6.60) + (0,6.60)}{1,2}$$

$$= 60 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_b = \frac{q_{ca}}{F_b}$$

$$= \frac{60}{1,75}$$

$$= 34,285 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 3362,209 \text{ KN/m}^2$$

$$\begin{aligned}
 A_p &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \\
 &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 0,4^2 \\
 &= 0,126 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_p &= q_b \cdot a_p \\
 &= 3362,209 \cdot 0,126 \\
 &= 423,638 \text{ kn/m}^2 \\
 &= 43,199 \text{ ton/m}^2
 \end{aligned}$$

B. Kapasitas Dukung Selimut

$$F_s = 3,5 \text{ (faktor empirik tahanan kulit tiang pancang)}$$

$$a_s = 2,2 \% \text{ (faktor empirik tanah pasir berlanau)}$$

$$q_c = \frac{18+40+60}{3} = 39,3 \text{ kg/cm}^2$$

$$f = q_c \text{ (side)} \frac{a_s}{F_s}$$

$$= 39,3 \cdot \frac{0,022}{3,5}$$

$$= 0,246 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 24,124 \text{ kn/m}^2$$

$$A_s = \pi \cdot D \cdot \Delta L$$

$$= \pi \cdot 0,4 \cdot 6$$

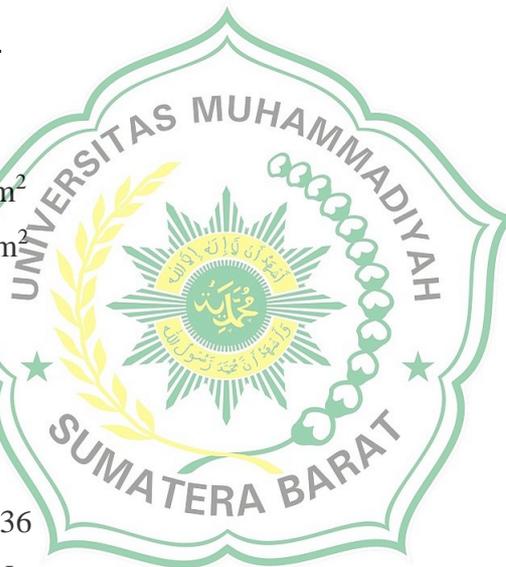
$$= 7,536 \text{ m}^2$$

$$Q_s = f \cdot a_s$$

$$= 24,124 \cdot 7,536$$

$$= 181,798 \text{ KN}$$

$$= 18,538 \text{ ton/m}^2$$



C. Kapasitas Dukung Ultimit Tiang

$$Q_u = q_p + q_s$$

$$= 43,199 + 18,538$$

$$= 61,737 \text{ ton/m}^2$$

D. Kapasitas Dukung Ijin Tiang

$$Q_{ijin} = \frac{Q_u}{SF} - W_p$$

$$= \left(\frac{61,737}{3} \right) - \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 0,4^2 \cdot 1,2 \cdot 6$$

$$= 19,674 \text{ ton/m}^2$$

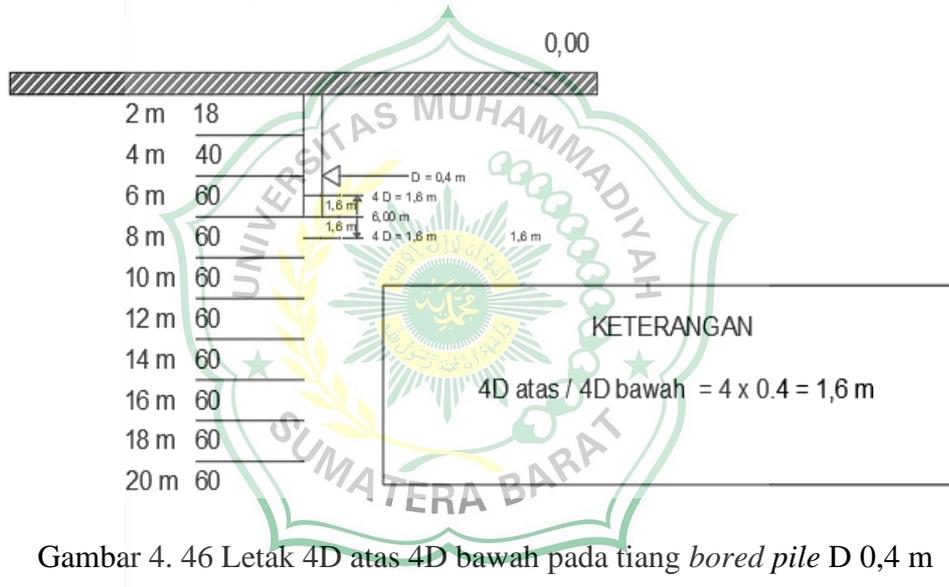
E. Jumlah Tiang

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{n}{Q_{ijin}} \\
 &= \frac{p}{Q_{ijin}} \\
 &= \frac{678,04 \text{ kN}}{192,94 \text{ kN}} \\
 &= 0,351 = 1 \text{ Buah}
 \end{aligned}$$

4.8.2 Metode Luciano Decourt

1. Tiang Pancang Diameter 0,4 M

Letak 4d atas dan 4d di bawah pada tiang dengan diameter 0,4 dengan metode Luciano Decourt dapat di lihat pada gambar 4.43



Gambar 4. 46 Letak 4D atas 4D bawah pada tiang *bored pile* D 0,4 m

$$\begin{aligned}
 \text{Atas} &= 4d \\
 &= 4 \cdot 0,4 = 1,6 \text{ m} \\
 \text{bawah} &= 4d \\
 &= 4 \cdot 0,4 = 1,6 \text{ m} \\
 N_p &= \left(\frac{(1,6 \cdot 60) + (1,6 \cdot 60)}{3,2} \right) \\
 &= 60,5 \\
 K &= 25 \text{ t/m}^2 \text{ (pasir berlanau)} \\
 A_p &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \\
 &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 0,4^2 \\
 &= 0,126 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$N_s = \frac{(18+40+60)}{3}$$

$$= 39,3$$

$$A_s = \pi \cdot D \cdot L$$

$$= \pi \cdot 0,4 \cdot 6$$

$$= 7,536 \text{ m}^2$$

A. Kapasitas Dukung Ultimit Tiang

$$Q_u = (a_p \times N_p \times K) + (A_s \times (N_s/3+1))$$

$$= (0,126 \times 60,5 \times 25) + (7,536 \times (\frac{39,3}{3} + 1))$$

$$= 290,296 \text{ ton/m}^2$$

B. Kapasitas dukung ijin tiang

$$Q_{ijin} = \frac{Q_u}{SF} - W_p$$

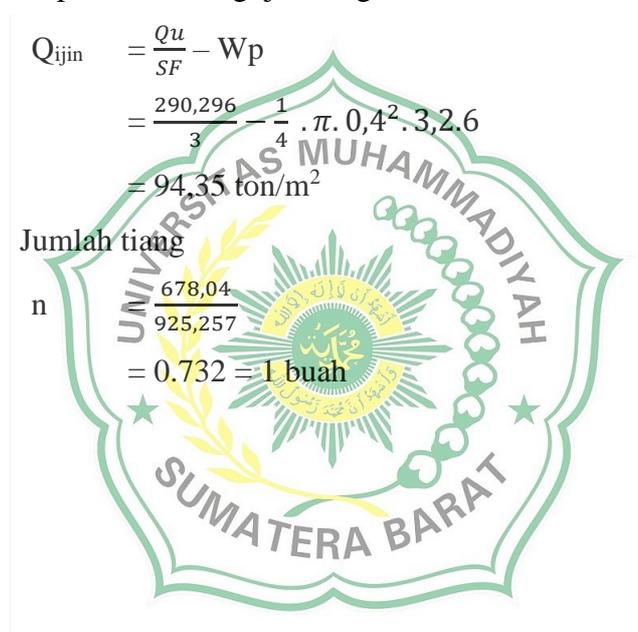
$$= \frac{290,296}{3} - \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 0,4^2 \cdot 3,2 \cdot 6$$

$$= 94,35 \text{ ton/m}^2$$

C. Jumlah tiang

$$n = \frac{678,04}{925,257}$$

$$= 0,732 = 1 \text{ buah}$$



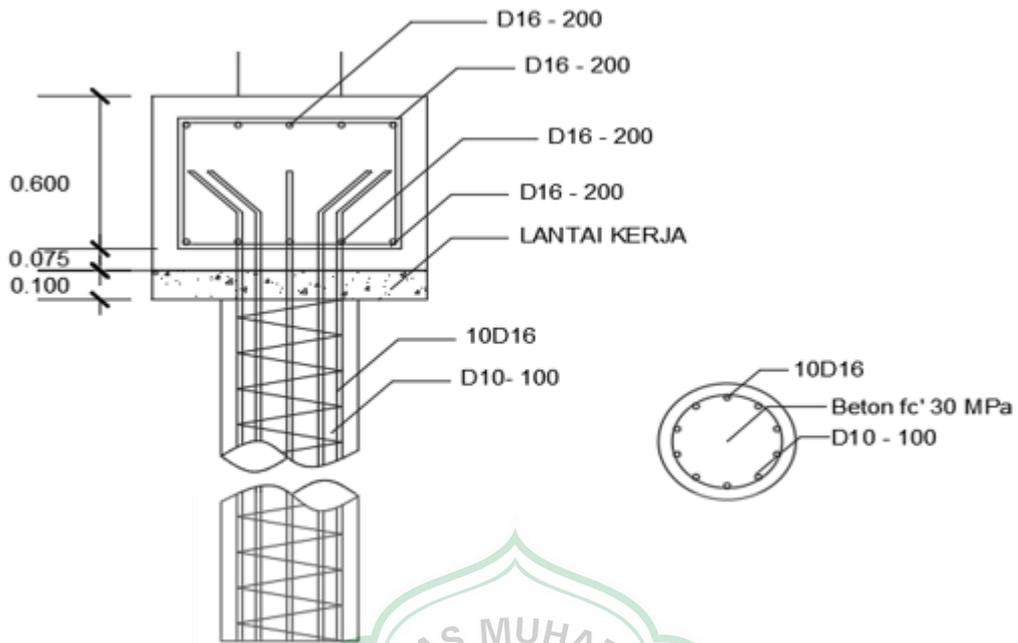
BAB V

KESIMPULAN

Berikut ini dapat diambil kesimpulan dari penelitian penulis mengenai daya dukung pondasi *Bored Pile* dengan nilai SPT N60 = 46,7 menggunakan tiga metode berbeda yaitu teknik Meyerhoff, metode Aoki & De Alencar, dan metode Luciano Decourt:

Tabel 5. 1 Rekapitulasi Perhitungan daya dukung pondasi *bored pile* dengan Metode Meyerhoff, Metode Aoki dan De Alencar, Metode Luciano Decourt

Judul	kode	Metode Meyerhoff	Metode Aoki & De Alencar	Metode Luciano Decourt
Harga N SPT pada elevasi dasar tiang	Nb	46,7	-	-
Luas penampang dasar tiang	Ab	0.314 m ²	-	-
Daya dukung <i>ultimate</i> ujung tiang	Qp	586,85 ton	43,199 ton/m ²	-
Daya dukung <i>ultimate</i> selimut tiang	Qs	15,1 ton	18.538 ton/m ²	-
Total daya dukung <i>ultimate</i> selimut tiang	ΣQs	29.66ton	-	-
Kapasitas <i>ultimate</i> tiang	Qu	616,506 ton	61,737 ton/m ²	290,296 ton/m ²
Daya dukung <i>ultimate</i> tiang	Qa	205.502 ton	-	-
Jumlah tiang	n	1 Buah	1 Buah	1 Buah
Momen sepanjang sumbu x	Mx	104,33 kN.m	-	-
Momen sepanjang sumbu y	My	43,88 kN.m	-	-
Kasitas dukung ijin tiang	Qizin	205.502Kn	19,674 ton/m ²	94,35 ton/m ²
Faktot keamanan	Sf	3	3	3
Beban aksial	fz	678,04	678,04	678,04
Perlawan konus 1,5D atas dan bawah pada ujung tiang	qca	-	60 kg/cm ²	-
Kapasitas dukung di ujung tiang persatuan luas	qb	-	3362,209 KN/m ²	-
Tahanan ujung sondir	qc	-	39,3 kg/cm ²	-
Satuan tahanan kulit	f	-	24,124 kn/m ²	-
Luas penampang tiang	Ap	-	0,126 m ²	0,126 m ²
Luas selimut tiang	As	-	7,536 m ²	7,536 m ²
Nilai rata-rata N SPT 4D atas dan bawah pada ujung tiang	Np	-	-	60,5
Koefesien yang tergantung jenis tanah	K	-	-	25 t/m ² (pasir berlanau)
Nilai rata-rata SPT pada lapisan tanah sepanjang ujung tiang	Ns	-	-	39,3



Gambar 5. 1 Pondasi *bored pile* diameter 40 cm kedalaman 6 m



DAFTAR PUSTAKA

- Arifita A, 2016. *Redisain Fondasi Tiang Pancang pada Proyek Pembangunan Gedung B Fakultas Bioogi UGM. Tugas Akhir Universitas Islam Indonesia Yogyakarta*
- Badan Standarisasi Nasional. 2012. *SNI 1726:2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. Jakarta*
- Bowles, J. E., 1997, *Foundation Analysis and Design, Fifth Edition, Washinton D.C.:*
- Gultom, E., 2010, *Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Tunggal pada Proyek Pembangunan PLTU 2 Sumatra Utara, (www.academia.edu),*
- Hardiyatmo, H.C., 1992. *Mekanika Tanah 1. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.*
- Hardiyatmo, H.C., 1994. *Mekanika Tanah 2. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.*
- Hardiyatmo, H.C., 2010, *Mekanika Tanah 1. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.*
- Hardiyatmo, H.C., 1994. *Mekanika Tanah 2. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.*
- Hardiyatmo, H.C., 2010, *Mekanika Tanah 1. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.*
- Hardiyatmo, H.C., 2010, *Mekanika Tanah 2. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.*
- Ismail M.A. 2014, *Analisa Daya Dukung Tiang Statis dan Dinamis pada Pembangunan Pelabuhan Batubara PT. Semen Tonasa Kabupaten Pangkep. Tugas Akhir Universitas Hasanuddin Makassar*
- Jurusan Teknik Sipil. 2015. *Laporan Hasil Penyelidikan Tanah Pada Proyek Pembangunan Gedung RSA Universitas Islam Indonesia. Fakultas teknik Sipil dan Perencanaan. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.*
- Karisma N, 2012 *Tinjauan Perencanaan Substruktur Gedung Universitas Patria Artha. Tugas Akhir Universitas Hasanuddin Makassar.*
- Paulus, P.R, 2016, *Manual Pondasi Tiang, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung.*

Bowlesh, J. E., 1991, Analisa dan Desain Pondasi, Edisi keempat Jilid 1, Erlangga, Jakarta. Gunawan, Rudy.1985, Pengantar Teknik Pondasi, Penerbit Kanisius, Yogyakarta.

Galeh, A.Putro. Perencanaan Pondasi Tiang Bor Pada Proyek Gedung Menara Palma. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Gunadarma

Sardjono, H.S.,1988, Pondasi Tiang Pancang, Jilid 1, Penerbit Sinar Jaya Wijaya, Surabaya.

Suparman, B. (2010). “Evaluasi Struktur bangunan tinggi jurnal” Teknik sipil

Pile Cap: Fungsi, Jenis & Tahapan Perencanaannya | Proyekin

Pile Cap: Definisi Dan Fungsi *Pile Cap* Beton | Indonusa Conblock (indonusa-conblock.com)

MAKALAH SLOOF (123dok.com)

