

TUGAS AKHIR
PERBANDINGAN KAPASITAS DUKUNG DAN PENURUNAN
PONDASI *BORE PILE* MENGGUNAKAN PERHITUNGAN
MANUAL DAN DENGAN MENGGUNAKAN *SOFTWARE*
PLAXIS

Proyek Pekerjaan Taman Teknologi Turyapada Tower
Komunikasi Bali *Smart 6.0* Kerthi Bali



POLITEKNIK NEGERI BALI

Oleh:

I Made Utha Payusa

2015113024

KEMENTRIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN
TEKNOLOGI
POLITEKNIK NEGERI BALI
JURUSAN TEKNIK SIPIL
PROGRAM STUDI D3 TEKNIK SIPIL
2023



POLITEKNIK NEGERI BALI

KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
POLITEKNIK NEGERI BALI

Jalan Kampus Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Kabupaten Badung, Bali – 80364

Telp. (0361) 701981 (hunting) Fax. 701128

Laman: www.pnb.ac.id Email: poltek@pnb.ac.id

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

PERBANDINGAN KAPASITAS DUKUNG DAN PENURUNAN PONDASI

BORE PILE MENGGUNAKAN PERHITUNGAN MANUAL DAN

DENGAN MENGGUNAKAN *SOFTWARE* PLAXIS

Proyek Pekerjaan Taman Teknologi Turyapada Tower Komunikasi Bali

Smart 6.0 Kerthi Bali

Oleh:

I Made Utha Payusa

2015113024

Tugas akhir ini diajukan dan telah diujikan pada tanggal 19 Juni 2023 guna memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan program pendidikan Diploma

III di Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Bali

Disetujui oleh:

Pembimbing I

Ir. I Wayan Wiraga, MT.
NIP. 196407261990031002

Pembimbing II

I Made Jaya, ST., MT.
NIP. 196903031995121001

Jurusan Teknik Sipil
Ketua

Iwan Suardika, MT.
NIP. 196510261994031001



POLITEKNIK NEGERI BALI

KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
POLITEKNIK NEGERI BALI

Jalan Kampus Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Kabupaten Badung, Bali – 80364

Telp. (0361) 701981 (hunting) Fax. 701128

Laman: www.pnb.ac.id Email: poltek@pnb.ac.id

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertandatangan di bawah ini :

Nama Mahasiswa : I Made Utha Payusa

NIM : 2015113024

Jurusan/ Prodi : Teknik Sipil / D3 Teknik Sipil


Judul TA : Perbandingan Kapasitas Dukung dan Penurunan Pondasi *Bore Pile*
Menggunakan Perhitungan Manual dan Dengan Menggunakan
Software PLAXIS

Menyatakan bahwa tugas akhir ini merupakan tulisan saya sendiri dan bukan merupakan tiruan, salinan, atau duplikasi dari tugas akhir yang telah dipergunakan sebelumnya

Pernyataan ini dibuat dengan penuh kesadaran dan rasa tanggung jawab serta bersedia memikul segala resiko jika ternyata pernyataan diatas tidak benar.

Bukit Jimbaran, 13 Juli 2023




I Made Utha Payusa
NIM. 2015113024



POLITEKNIK NEGERI BALI

KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI

POLITEKNIK NEGERI BALI

Jalan Kampus Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Kabupaten Badung, Bali – 80364

Telp. (0361) 701981 (hunting) Fax. 701128

Laman: www.pnb.ac.id Email: poltek@pnb.ac.id

SURAT KETERANGAN REVISI

LAPORAN TUGAS AKHIR

JURUSAN TEKNIK SIPIL

Yang bertanda tangan dibawah ini, Dosen Pembimbing Tugas Akhir / Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Bali menerangkan bahwa :

Nama Mahasiswa : I Made Utha Payusa
N I M : 2015113024
Jurusan/Prodi : Teknik Sipil / D3 Teknik Sipil
Tahun Akademik : 2022/2023
Judul : Perbandingan Kapasitas Dukung dan Penurunan Pondasi *Bore Pile* Menggunakan Perhitungan Manual dan Dengan Menggunakan *Software* PLAXIS

Telah diadakan perbaikan/revisi oleh mahasiswa yang bersangkutan dan dinyatakan dapat diterima untuk melengkapi Laporan Tugas Akhir/Tugas Akhir.

Bukit Jimbaran,

Pembimbing I

(Ir. I Wayan Wiraga, MT)

NIP. 196407261990031002

Pembimbing II

(I Made Jaya, ST., MT.)

NIP. 196903031995121001

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Sipil



(Nyoman Suardika, MT.)

NIP. 196510261994031001

**PERBANDINGAN KAPASITAS DUKUNG DAN PENURUNAN PONDASI
BORE PILE MENGGUNAKAN PERHITUNGAN MANUAL DAN
DENGAN MENGGUNAKAN SOFTWARE PLAXIS**

I Made Utha Payusa

Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Bali
Jalan Raya Kampus Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Badung, Bali - 80364
Telepon: 081939714929, E-mail: payusa.utha@gmail.com

ABSTRAK

Pondasi merupakan salah satu komponen terpenting dalam bangunan yang berfungsi meneruskan beban yang bekerja dari struktur atas ke lapisan tanah keras di dalam tanah. Dalam penerapannya untuk menyalurkan beban, terdapat kapasitas maksimum dari beban yang dapat dipikul dan penurunan yang terjadi pondasi *bore pile* untuk membuat keadaan struktur bangunan di atasnya tetap aman. Pada perangkat lunak PLAXIS dapat diketahui *safety factor* dari suatu pondasi yang nantinya akan dijadikan acuan untuk menentukan kapasitas *ultimate* dari pondasi. Pada penelitian ini akan dibahas perbandingan dari kapasitas dukung dan penurunan pondasi *bore pile* menggunakan perhitungan manual dan menggunakan perangkat lunak PLAXIS dengan studi kasus pada proyek pembangunan Taman Teknologi Turyapada Tower Komunikasi Bali *Smart 6.0* Kerthi Bali.

Pada analisa kapasitas dukung pondasi tiang tunggal berdasarkan data *standard penetration test* (SPT) dihasilkan nilai sebesar 1.150,87 ton, berdasarkan data laboratorium dihasilkan nilai sebesar 1.792,97, sedangkan dari kalkulasi PLAXIS dihasilkan nilai 1.937,66 ton. Pada analisa kapasitas dukung pondasi kelompok tiang berdasarkan data SPT dihasilkan nilai sebesar 10.356,90 ton, berdasarkan data laboratorium dihasilkan nilai sebesar 16.135,30, sedangkan dari kalkulasi PLAXIS dihasilkan nilai 17.437,42 ton. Selisih yang besar (68%) antara nilai kapasitas dukung berdasarkan data SPT dengan PLAXIS disebabkan perbedaan parameter yang digunakan, sedangkan selisih tidak terlalu jauh (8%) dari nilai kapasitas dukung berdasarkan data laboratorium dengan PLAXIS dikarenakan parameter yang dijadikan dasar perhitungan hampir sama dan dapat lebih merepresentasikan keadaan tanah aslinya. Penurunan yang terjadi pada tiang tunggal menggunakan menggunakan perhitungan manual dihasilkan nilai 0,384 cm sedangkan dari kalkulasi PLAXIS dihasilkan nilai 0,372 cm. Penurunan yang terjadi pada kelompok tiang menggunakan menggunakan perhitungan manual dihasilkan nilai 1,087 cm sedangkan dari kalkulasi PLAXIS dihasilkan nilai 1,052 cm atau dengan presentase selisih sebesar 3%. Dengan presentase 8% dari selisih nilai kapasitas dukung dan 3% dari selisih penurunan yang terjadi maka perangkat lunak PLAXIS dapat dianggap akurat dan konsisten.

Kata kunci: pondasi, tanah, kapasitas dukung, penurunan, *bore pile*, PLAXIS

**COMPARISON OF BEARING CAPACITY AND SETTLEMENT OF BORED
PILE FOUNDATIONS USING MANUAL CALCULATIONS AND PLAXIS
SOFTWARE.**

I Made Utha Payusa

*Department of Civil Engineering, Bali State Polytechnic
Jalan Raya Kampus Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Badung, Bali - 80364
Phone: 081939714929, E-mail: payusa.utha@gmail.com*

ABSTRACT

Foundation is one of the most crucial components in a building, which functions to transfer the loads from the superstructure to the hard soil layer within the ground. In its application to carry the loads, there is a maximum capacity of load that can be supported and the settlement that occurs in the bore pile foundation to ensure the safety of the structure above it. In the PLAXIS software, the safety factor of a foundation can be determined, which later serves as a reference to determine the ultimate capacity of the foundation. This study discusses the comparison of bearing capacity and settlement of bore pile foundations using manual calculations and the PLAXIS software, with a case study in the construction project of Taman Teknologi Turyapada Tower Komunikasi Bali Smart 6.0 Kerthi Bali.

In the analysis of bearing capacity of a single pile foundation based on standard penetration test (SPT) data, a value of 1,150.87 tons is obtained. Based on laboratory data, the value is 1,792.97 tons, while the calculation in PLAXIS yields a value of 1,937,66 tons. In the analysis of bearing capacity of a group pile foundation based on SPT data, a value of 10,356.90 tons is obtained. Based on laboratory data, the value is 16,135.30 tons, while the calculation in PLAXIS yields a value of 17,437,42 tons. The significant difference (68%) between the bearing capacity values based on SPT data and PLAXIS is due to the difference in the parameters used. However, the difference is not significant (8%) between the bearing capacity values based on laboratory data and PLAXIS because the parameters used for calculation are almost the same and can better represent the actual soil conditions. The settlement that occurs in the single pile foundation using manual calculation is 0,384 cm, while in the PLAXIS calculation, it is 0,372 cm. The settlement that occurs in the group pile foundation using manual calculation is 1,087 cm, while in the PLAXIS calculation, it is 1,052 cm, resulting in a percentage difference of 3%. With a 8% difference in the bearing capacity values and a 3% difference in settlement, the PLAXIS software can be considered accurate and consistent.

Keywords: foundation, soil, bearing capacity, settlement, bore pile, PLAXIS

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Ida Sang Hyang Widhi Wasa, Tuhan Yang Maha Esa, yang telah memberikan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul Perbandingan Kapasitas Dukung Dan Penurunan Pondasi *Bore Pile* Menggunakan Perhitungan Manual dan Dengan Menggunakan *Software* PLAXIS. Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat diploma di Program Studi D-III Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bali.

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

1. Bapak I Nyoman Abdi, SE., M.eCom selaku Direktur Politeknik Negeri Bali.
2. Bapak Ir. I Nyoman Suardika, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Bali.
3. Bapak I Wayan Suasira, ST, MT selaku Kepala Program Studi D-III Teknik Sipil Politeknik Negeri Bali.
4. Bapak Ir. I Wayan Wiraga, MT selaku dosen pembimbing I.
5. Bapak I Made Jaya, ST., MT selaku dosen pembimbing II.
6. Keluarga, teman-teman dan semua pihak yang telah ikut membantu dalam penyusunan tugas akhir ini.

Semoga penelitian yang telah dilakukan dan disajikan dalam bentuk Tugas Akhir ini dapat memberikan kontribusi yang berarti bagi dunia Teknik Sipil dan dapat bermanfaat untuk pengembangan penelitian – penelitian selanjutnya.

Bukit Jimbaran, Juni 2023

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan	4
1.5 Manfaat	5
BAB II LANDASAN TEORI	6
2.1 Tanah	6
2.1.1 Pengertian Tanah	6
2.1.2 Klasifikasi Tanah.....	6
2.2 Penyelidikan Tanah	11
2.2.1 Pengujian Lapangan (<i>in-situ test</i>).....	12
2.2.2 Pengujian Laboratorium.....	12
2.3 Pondasi	13
2.3.1 Pondasi Dangkal	14
2.3.2 Pondasi Dalam.....	14
2.4 Pondasi <i>Bore Pile</i>	15
2.4.1 Fungsi.....	15
2.4.2 Kelebihan dan Kekurangan	15

2.5 Beban	16
2.5.1 Beban Mati (DL).....	17
2.5.2 Beban Hidup (LL).....	17
2.5.3 Beban Angin (WL)	17
2.5.4 Beban Gempa (EQ).....	17
2.6 Kapasitas Dukung Pondasi Tiang	18
2.6.1 Kapasitas Dukung Tiang Tunggal	19
2.6.2 Kapasitas Dukung Tiang Kelompok.....	23
2.7 Penurunan Pondasi Tiang	27
2.7.1 Penuruna Pondasi Tiang Tunggal.....	27
2.7.2 Penurunan Pondasi Kelompok Tiang.....	29
2.7.3 Penurunan Yang Diizinkan	29
2.8 Perangkat Lunak PLAXIS	30
2.8.1 Kelebihan dan kekurangan	30
2.8.2 Pemodelan geometri.....	32
2.8.3 Model material tanah	34
2.8.4 <i>Properties</i> material tanah	35
2.8.5 <i>Properties</i> bahan material konstruksi	38
2.9 PLAXIS	39
2.9.1 PLAXIS <i>input</i>	40
2.9.2 PLAXIS <i>calculation</i>	41
2.9.3 PLAXIS <i>output</i>	42
BAB III METODELOGI PENELITIAN	43
3.1 Metode Penelitian	43
3.2 Studi Pustaka	43
3.3 Lokasi dan Waktu Penelitian	43
3.4 Pengumpulan Data	44
3.4.1 Gambar rencana (<i>shop drawing</i>).	44
3.4.2 Data beban.....	44
3.4.3 Data hasil penyelidikan tanah.....	44
3.5 Pengolahan Data	44

3.5.1 Analisa Pondasi Tiang Dengan Perhitungan Manual	44
3.5.2 Analisa Pondasi Tiang Dengan Perangkat Lunak PLAXIS	45
3.6 Perbandingan	45
3.7 Bagan Alir	46
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	47
4.1 Data Sekunder	47
4.1.1 Gambar rencana	47
4.1.2 Data pembebanan.....	49
4.1.3 Data penyelidikan tanah.....	50
4.2 Analisa pondasi <i>bore pile</i> dengan perhitungan manual	54
4.2.1 Kapasitas dukung pondasi tiang tunggal.....	54
4.2.2 Kapasitas dukung pondasi tiang kelompok.....	60
4.2.3 Penurunan izin	61
4.2.4 Penurunan yang terjadi.....	61
4.3 Analisa pondasi <i>bore pile</i> dengan software PLAXIS	63
4.3.1 PLAXIS <i>input</i>	64
4.3.2 PLAXIS <i>calculation</i>	70
4.3.3 PLAXIS <i>output</i>	72
4.3.4 Analisa <i>output</i> PLAXIS	74
4.4 Perbandingan	77
4.4.1 Perbandingan kapasitas dukung izin tiang tunggal.....	77
4.4.2 Perbandingan kapasitas dukung izin tiang kelompok.....	78
4.4.3 Perbandingan penurunan tiang tunggal.....	79
4.4.4 Perbandingan penurunan tiang kelompok.....	80
4.5 Pembahasan	81
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	83
5.1 Kesimpulan	83
5.2 Saran	83
DAFTAR PUSTAKA	85
LAMPIRAN	87

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Beban yang bekerja pada pondasi tiang	20
Gambar 2.2 Susunan baris dan kolom pondasi tiang	26
Gambar 2.3 Model <i>Plane Strain</i>	34
Gambar 2.4 Model <i>Axisymmetric</i>	35
Gambar 3.1 Bagan Alir Metode Penelitian Tugas Akhir.....	44
Gambar 4.1 Denah pondasi <i>bore pile</i>	47
Gambar 4.2 Detail denah pondasi Ø1500	48
Gambar 4.3 Detail pondasi <i>bore pile</i>	48
Gambar 4.4 Ilustrai beban yang bekerja pada pondasi	50
Gambar 4.5 Denah titik pengujian <i>bore log</i> BH-02	50
Gambar 4.6 Hasil pengujian <i>bore log</i> BH-02 (i).....	51
Gambar 4.7 Hasil pengujian <i>bore log</i> BH-02 (ii).....	52
Gambar 4.8 Hasil pengujian <i>downhole seismic test</i> BH-02.....	53
Gambar 4.9 <i>Projectl settings</i> pada PLAXIS	64
Gambar 4.10 <i>Dimension settings</i> pada PLAXIS	65
Gambar 4.11 Pemodelan geometri lapisan tanah dan <i>bore pile</i>	66
Gambar 4.12 Penambahan <i>interface</i> pada sisi <i>bore pile</i>	66
Gambar 4.13 Penambahan <i>standard fixcities</i> pada model geometri tanah	67
Gambar 4.14 Memasukkan beban merata pada pondasi <i>bore pile</i>	67
Gambar 4.15 <i>Input</i> parameter tanah dan <i>bore pile</i>	68
Gambar 4.16 Mendefinisikan model geometri tanah sesuai dengan parameter masing-masing lapisan tanah.....	68
Gambar 4.17 Proses <i>meshing</i>	69
Gambar 4.18 Penggambaran muka air tanah pada model geometri	69
Gambar 4.19 Diagram tegangan air pori pada model geometri	70
Gambar 4.20 Diagram tegangan efektif pada tanah	70

Gambar 4.21 Mengubah material tanah menjadi material beton pada <i>bore pile</i> ...	71
Gambar 4.22 Mengaktifkan beban merata pada permukaan tiang	71
Gambar 4.23 Penambahan fase <i>safety factor</i>	72
Gambar 4.24 <i>Output</i> nilai <i>safety factor</i>	73
Gambar 4.25 Transfer beban pada pondasi <i>bore pile</i>	74
Gambar 4.26 Deformasi <i>mesh</i> akibat beban.....	76
Gambar 4.27 <i>Total displacement</i> akibat beban yang bekerja.....	76
Gambar 4.28 Diagram perbandingan kapasitas dukung tiang tunggal	78
Gambar 4.29 Diagram perbandingan kapasitas dukung tiang kelompok	79
Gambar 4.30 Diagram perbandingan penurunan pondasi tiang tunggal.....	80
Gambar 4.31 Diagram penurunan pondasi tiang kelompok.....	81

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi Tanah Berdasarkan USCS.....	8
Tabel 2.2 Sudut gesek antara tiang dan tanah.....	19
Tabel 2.3 Faktor daya dukung Terzaghi	20
Tabel 2.4 Nilai berat jenis tanah berdasarkan konsistensi tanah	35
Tabel 2.5 Koefisien permeabilitas tanah.....	37
Tabel 2.6 Nilai permeabilitas tanah	37
Tabel 2.7 Faktor reduksi kuat geser antar muka (R_{inter}).....	38
Tabel 2.8 Berat volume konstruksi.....	39
Tabel 4.1 Rekapitulasi hasil pengujian laboratorium	54
Tabel 4.2 Nilai NSPT terkoreksi	55
Tabel 4.3 Tegangan vertikal rata-rata disekeliling tiang.....	57
Tabel 4.4 Nilai beban yang disimulasikan di PLAXIS.....	72
Tabel 4.5 Hasil kalkulasi penurunan perangkat lunak PLAXIS.....	73
Tabel 4.6 Perbandingan kapasitas dukung pondasi tiang tunggal	78
Tabel 4.7 Perbandingan kapasitas dukung pondasi tiang kelompok	79
Tabel 4.8 Perbandingan penurunan pondasi tiang tunggal	80
Tabel 4.9 Perbandingan penurunan pondasi tiang kelompok	81

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Laporan perhitungan pondasi *bore pile*

Lampiran 2 Proses *input*, kalkulasi, dan *output* PLAXIS

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Secara umum sebuah bangunan terdiri dari unsur struktur, arsitektur, dan instalasi listrik, mesin, dan perpipaan yang diaplikasikan secara bersamaan dengan tujuan membuat pengguna dari bangunan tersebut merasa aman dan nyaman ketika melakukan aktifitas. Dalam dunia teknik sipil, keamanan dari suatu struktur bangunan merupakan hal terpenting karena menyangkut keselamatan dari pengguna bangunan tersebut. Struktur pada bangunan dapat dibagi menjadi 2 yaitu struktur atas (*upper structure*) yaitu seluruh bagian struktur bangunan yang berada di atas tanah yang terdiri dari kolom, balok, pelat, dinding geser, dan tangga. Struktur bawah (*lower structure*) yaitu bagian struktur bangunan yang berada di bawah muka tanah yang berfungsi untuk menahan beban dari struktur atas dan menyalurkannya ke lapisan tanah keras, komponen struktur bawah yaitu pondasi.

Pondasi menurut jenisnya dapat dibagi menjadi pondasi dangkal (*shallow foundation*) dan pondasi dalam (*deep foundation*). Penggunaan pondasi dalam biasanya digunakan untuk bangunan dengan beban besar dan gedung bertingkat tinggi dan bangunan dengan keadaan tanah dimana lapisan tanah keras berada jauh dari permukaan tanah. Perencanaan pondasi sangat penting dilakukan mengingat seluruh beban dari bangunan dan beban dari luar bangunan akan disalurkan ke lapisan tanah keras melalui pondasi. Perencanaan pondasi diawali dengan melakukan penyelidikan tanah dimana bangunan tersebut akan dibangun karena dimensi, kedalaman, dan jenis dari pondasi akan bergantung pada karakteristik dari tanah tersebut. Selanjutnya harus diketahui berapa besar beban yang akan bekerja pada pondasi tersebut. Dari data tersebut dapat diketahui kapasitas dukung, penurunan yang mungkin terjadi pada pondasi tersebut, dan angka keamanannya. Dalam perkembangan teknologi pada dewasa ini banyak dikembangkan perangkat lunak yang dapat membantu mendesain dan merencanakan komponen-

komponen konstruksi. Perangkat lunak desain yang sering digunakan untuk memodelkan bangunan antara lain *autocad*, *sektchup*, dan lain-lain. Untuk mendesain dan merencanakan struktur dapat dilakukan dengan memodelkan struktur serta pembebanan-pembebanan yang terjadi pada struktur tersebut dengan perangkat lunak seperti SAP2000, ETABS, dan *robot structural analysis*. Pada perangkat lunak tersebut akan menampilkan respon struktur terhadap beban yang bekerja dan nilai dari gaya-gaya yang terjadi. Untuk mendesain dan memodelkan struktur bawah sendiri dapat digunakan perangkat lunak PLAXIS untuk mengetahui respon dari pondasi dan tanah disekitar pondasi terhadap beban yang diterima. Semua itu merupakan bentuk dari digitalisasi konstruksi, yaitu mengembangkan dunia konstruksi dengan inovatif, kreatif, dapat dipahami dengan mudah oleh pengguna jasa dan mempermudah dalam perencanaan dan pelaksanaan konstruksi serta berbasis internet dan *big data*.

PLAXIS (*plane strain and axial symmetry*) adalah sebuah program yang disusun berdasarkan metode elemen hingga yang telah dikembangkan secara khusus untuk melakukan analisa deformasi dan stabilitas dalam bidang rekayasa geoteknik. Penggunaan perangkat lunak ini dipilih karena pondasi merupakan bagian dari struktur bawah, dimana pondasi akan berkaitan dan tergantung pada karakteristik tanah dimana bangunan itu dibangun. Pada perangkat lunak PLAXIS ini akan dilakukan pemodelan rencana pondasi, karakteristik tanah, dan pembebanan rencana yang akan diterima oleh pondasi tersebut sehingga dapat diketahui hal yang ingin diketahui yaitu respon dari tanah dan pondasi tersebut yang berupa kapasitas dukung, penurunan, deformasi, dan angka keamanan dari desain pondasi tersebut. Kondisi di lapangan yang disimulasikan ke dalam perangkat lunak PLAXIS bertujuan untuk mengimplementasikan tahapan pelaksanaan di lapangan ke dalam tahapan pengerjaan pada program, dengan harapan pelaksanaan di lapangan mendekati pada program, sehingga respon dari program dapat diasumsikan sebagai cerminan dari kondisi yang sebenarnya terjadi di lapangan dan bisa digunakan untuk mencari solusi dari respon pondasi dan tanah yang akan terjadi.

Pada pembahasan ini akan ditinjau struktur pondasi *core wall* dari bangunan Turyapada Tower, dimana menara ini memiliki ketinggian kurang lebih 115 meter. Taman Teknologi Turyapada Tower Kominikasi Bali *Smart 6.0* Kerthi Bali yang berlokasi di Desa Pegayaman, Kecamatan Sukasada, Kabupaten Buleleng. Pekerjaan yang akan dilaksanakan adalah merupakan bagian kegiatan Dinas Komunikasi, Informatika dan Statistik Provinsi Bali. Pembangunan Taman Teknologi Turyapada merupakan program yang menjadi prioritas dari pemerintah Provinsi Bali, hal ini untuk mendukung program pembangunan infrastruktur telekomunikasi terpadu dan multi-fungsi untuk mengintegrasikan layanan-layanan siaran TV digital terrestrial, telekomunikasi seluler, internet, dan komunikasi radio komunitas dalam wujud sebuah tower komunikasi bersama. Disamping itu, dalam kawasan di bangun destinasi pariwisata teknologi terpadu berbasis kearifan lokal Bali yang akan menjadi pengungkit perekonomian Bali, menjadi pusat pertumbuhan perekonomian baru, dan menyeimbangkan pembangunan antar wilayah. Menara yang menggunakan sistem struktur ganda ini berdiri di daerah perbukitan dengan tantangan beban angin dan beban gempa yang akan diterima oleh struktur tersebut. Kondisi topografi area lahan bangunan menara relative datar dengan variasi elevasi tanah tidak curam. Karakteristik tanah di lokasi menara Turyapada terdiri dari lapisan tufa sampai kedalaman 7,7 meter dan lapisan batuan andesit sampai kedalaman 60 meter. Dengan rencana struktur dengan beban yang akan bekerja dan karakteristik tanah pada lokasi berdirinya menara diperlukan perencanaan yang matang untuk struktur atas maupun struktur bawah. Pondasi yang digunakan untuk menyalurkan beban yang bekerja pada struktur atas ke lapisan tanah keras digunakan pondasi *bore pile* dengan pelat rakit (*piled-rafter foundation*).

Pembahasan ini akan membandingkan kapasitas dukung dan penurunan yang akan terjadi pada pondasi akibat pembebanan yang akan diterima oleh pondasi dengan menggunakan perhitungan manual dan dengan menggunakan perangkat lunak PLAXIS yang akan mendapatkan selisih dari kedua metode tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

1. Berapa nilai kapasitas dukung dan penurunan pondasi dengan metode perhitungan manual?
2. Berapa nilai kapasitas dukung dan penurunan pondasi dengan menggunakan perangkat lunak PLAXIS?
3. Berapa selisih yang didapatkan dari nilai kapasitas dukung dan penurunan pondasi dengan menggunakan perhitungan manual dan menggunakan perangkat lunak PLAXIS?

1.3 Batasan Masalah

1. Penyelidikan tanah dilakukan dengan menggunakan alat *bore log* pada titik BH-02.
2. Analisa kekuatan kapasitas dukung pondasi berdasarkan data hasil pengujian lapangan menggunakan metode Mayerhof dan berdasarkan metode Terzaghi untuk nilai kapasitas dukung pondasi berdasarkan data laboratorium.
3. Perhitungan pembebanan yang diterima oleh struktur dan parameter tanah yang digunakan untuk analisis menggunakan data yang diperoleh dari tim perencana Tower Turyapada.
4. Pondasi hanya akan dianalisa kapasitas dukung axial dan penurunannya.
5. Pada analisa pondasi dengan perangkat lunak PLAXIS, hanya akan memodelkan dan menganalisa pondasi tiang tunggal.
6. Nilai dari kapasitas dukung yang akan dibandingkan dengan hasil kalkulasi PLAXIS adalah nilai kapasitas dukung pondasi *bore pile* menggunakan data laboratorium.
7. Persentase selisih yang diharapkan kurang dari 10%.

1.4 Tujuan

Adapun tujuan dari pembahasan ini antara lain:

1. Mengetahui kapasitas dukung pondasi pada bangunan Tower Turyapada dengan perhitungan manual.
2. Mengetahui penurunan yang akan terjadi pada pondasi akibat beban-bean yang bekerja pada pondasi tersebut dengan perhitungan manual.

3. Mengetahui kapasitas dukung pondasi pada bangunan Tower Turyapada dengan program perangkat lunak PLAXIS.
4. Mengetahui penurunan yang akan terjadi pada pondasi akibat beban-beban yang bekerja pada pondasi tersebut dengan program perangkat lunak PLAXIS.
5. Mengetahui selisih dari kapasitas dukung dan penurunan pondasi dengan menggunakan perhitungan manual dan dengan menggunakan program perangkat lunak PLAXIS.
6. Menggunakan perangkat lunak PLAXIS sebagai pembanding perhitungan manual sebagai salah satu bentuk digitalisasi konstruksi.

1.5 Manfaat

Adapun manfaat dari pembahasan ini antara lain:

1. Memberikan pengetahuan kepada pembaca mengenai daya dukung pada pondasi dengan perhitungan manual.
2. Memberikan pengetahuan kepada pembaca mengenai penurunan yang akan terjadi pada pondasi dengan perhitungan manual.
3. Memberikan pengetahuan kepada pembaca mengenai daya dukung pada pondasi dengan menggunakan program perangkat lunak PLAXIS.
4. Memberikan pengetahuan kepada pembaca mengenai penurunan yang akan terjadi pada pondasi dengan menggunakan program perangkat lunak PLAXIS.
5. Memberikan pengetahuan kepada pembaca berapa selisih yang didapatkan dari nilai kapasitas dukung dan penurunan pondasi menggunakan perhitungan manual dan dengan menggunakan perangkat lunak PLAXIS.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perbandingan dari analisa pondasi *bore pile* yang mencakup kapasitas dukung aksial dan penurunan menggunakan perhitungan manual dan dengan menggunakan perangkat lunak PLAXIS pada proyek pembangunan Taman Teknologi Turyapada Tower Komunikasi Bali *Smart 6.0* Kerthi Bali, maka dapat disimpulkan antara lain sebagai berikut.

1. Nilai dari kapasitas dukung pondasi tiang tunggal berdasarkan data laboratorium menghasilkan nilai sebesar 1.792,97 ton dengan penurunan sebesar 0,384 cm. Untuk kapasitas dukung pondasi pondasi kelompok tiang berdasarkan data laboratorium didapatkan nilai sebesar 16.135,60 ton dengan penurunan sebesar 1,087 cm.
2. Nilai dari kapasitas dukung pondasi tiang tunggal hasil dari kalkulasi PLAXIS 1.937,66 ton dengan penurunan sebesar 0,372 cm. Untuk kapasitas dukung pondasi pondasi kelompok tiang hasil dari kalkulasi PLAXIS didapatkan nilai sebesar 17.437,42 ton dengan penurunan sebesar 1,052 cm.
3. Selisih dari nilai kapasitas dukung pondasi tiang tunggal jika dibandingkan dengan hasil kalkulasi PLAXIS yaitu sebesar 144,69ton atau sebesar 8% dan selisih dari nilai kapasitas dukung pondasi kelompok tiang jika dibandingkan dengan hasil kalkulasi PLAXIS yaitu sebesar 1.302,12 ton atau sebesar 8%. Dari segi penurunan didapatkan selisih antara perhitungan manual dengan hasil kalkulasi PLAXIS untuk pondasi tiang tunggal sebesar 0,012 cm atau sebesar 3% dan untuk pondasi kelompok tiang didapatkan selisih sebesar 0,035 cm atau sebesar 3%.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan mengenai hasil penelitian yang telah dilakukan antara lain sebagai berikut.

1. Dalam analisa pondasi *bore pile* dengan PLAXIS sebaiknya dilakukan menggunakan data yang representatif dan akurat untuk mewakili keadaan sebenarnya untuk menghasilkan hasil yang akurat jika dibandingkan dengan perhitungan manual maupun kenyataan di lapangan.
2. Untuk lebih memastikan keakuratan perangkat lunak PLAXIS sebaiknya bandingkan persentase selisih dari berbagai studi kasus untuk lebih meyakinkan keakuratan perangkat lunak PLAXIS.
3. Untuk menganalisa kapasitas dukung pondasi *bore pile* bisa digunakan perangkat lunak lain seperti *AllPile* atau *Geo5* karena dapat menghasilkan nilai kapasitas dukung pondasi secara langsung untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Adityawan, M. H. (2016). Analisa Daya Dukung Pondasi Dalam Proyek Pembangunan RS Pendidikan UHO Berdasarkan Simulasi Numeris. *adoc.pub*, 52-66.
- Amin, S. (2022, February 24). *Mengenal Apa Itu Downhole Seismic Test*. Retrieved from testindo.co.id: <https://testindo.co.id/mengenal-downhole-apa-itu-seismic/>
- Bastian, D. (2021, January 25). *Pengertian Beban Angin dan Beban Gempa*. Retrieved from sarjanasipil.my.id: <https://www.sarjanasipil.my.id/2021/01/pengertian-beban-angin-dan-beban-gempa.html?m=1>
- Brinkgreve, R. (2002). *PLAXIS Version 8 Reference Manual*. -: Balkema Publisher.
- Buchika, R. E. (2022). Analisa Perbandingan Kapasitas Dukung dan Penurunan Pondasi Tiang Pancang Berdasarkan Data Uji Laboratorium dan Uji PDA (Pile Driving Analyzer) Gedung Masjid Raya Provinsi Riau. *Tugas Akhir*, 60.
- Codutu, D. P. (1994). *Foundation Design Principles and Practices*. New Jersey: Prentice Hall International Inc.
- CV. Geotekno System Engineering. (2022). *Laporan Faktual Doenhole Seismik*. Bedugul, Bali: CV. Geotekno System Engineering.
- Das, B. M. (1985). *Mekanika Tanah (Jilid 1)*. Jakarta: Erlangga.
- Departemen Pekerjaan Umum. (1983). *Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Bangunan Gedung*. Departemen Pekerjaan Umum.
- Eureka, K. S. (2022, October 22-23). Analisa Kapasitas Daya Dukung Pondasi Tiang Dengan Software PLAXIS 2D dan Allpile. Jakarta, Jakarta, Indonesia.
- Gunawan, R. (1991). *Pengantar Teknik Pondasi*. Yogyakarta: Kanisius.
- Hardiyatmo, H. (1992). *Mekanika Tanah I*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.

- Hardiyatmo, H. (2010). *Mekanika Tanah 2*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Hardiyatmo, H. (2015). *Analisis dan Perancangan Pondasi II*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Kompas. (2022, July 7). *Pengertian Metode Kuantitatif dan Kualitatif Dalam Penelitian*. Retrieved from kompas.com.
- KSO PT. Utama Karya dan PT. Yodya Karya. (2022). *Laporan Perhitungan Pondasi Bore Pile*. Buleleng: KSO PT. Utama Karya dan PT. Yodya Karya.
- Look, B. (2007). *Handbook of Geotechnical Investigation and Design Table*. London: Taylor & Francis Group.
- Marbun, B. (2009). *Analisa Penurunan ELastis Pondasi Tiang Pancang Proyek Pembangunan Rusunawa Medan Area. Tugas Akhir*.
- Mayerhof, G. (1976). *Bearing Capacity and Settlement of Pile Foundation*. -: -.
- Muthmainnah, M. (2021). *Analisa Kapasitas Daya Dukung dan Penurunan Tiang Pancang Dengan Variasi Dimensi*. *dspace.uii.ac.id*, 1-38.
- Ririn Anggaraini, R. J. (2016). *Analisi Daya Dukung Pondasi Tiang Rakit Pada Daerah Rawan Gempa Menggunakan Metode Poulus dan Program Numeris PLAXIS*. *Tugas Akhir*, 19-25.
- Santoso, I., & Madiistriyatno, H. (2021). *Metode Penelitian Kuantitatif*. -: Indogo Media.
- Sardjono, H. (1988). *Pondasi Tiang Pancang*. Surabaya: Sinar WJjaya.
- Soetojo, M. (2009). *Teknik Pondasi Pada Lapisan Batuan (Ke-2 ed.)*. Surabaya: Penerbit ITS Press.
- Terzaghi, K. (1943). *Theoretical Soil Mechanics*. New York: Wiley.
- Terzaghi, K., & Peck, R. (1948). *Soil Mechanics in Engineering Praticce*. New York: Wiley.
- Vesic. (1977). *Design of Pile Foundation*. pvecci.
- Wesley, L. (1977). *Mekanika Tanah*. -: Badan Penerbit Pekerjaan Umum.

LAMPIRAN

LAMPIRAN 1
LAPORAN PERHITUNGAN PONDASI *BORE PILE*

LAPORAN PERHITUNGAN PONDASI BORED PILE

**PROYEK :
PAKET PEKERJAAN BELANJA MODAL
BANGUNAN FASILITAS UMUM**

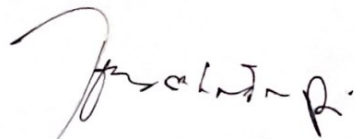


LAPORAN PERHITUNGAN PONDASI BORED PILE

YANG BERTANDA TANGAN :

PERENCANA :

MANAJEMEN KONSTRUKSI :



Ir. Bambang Priyambodo, MT
Tenaga Ahli Geoteknik

Dr. Ir. A. A. Gde Agung Yana, ST., MT
Team Leader

DAFTAR ISI

A.	GAMBARAN UMUM	.....	1
B.	DATA TEKNIS	.....	1
C.	DATA TANAH	.....	2
D.	DATA BEBAN	.....	3
E.	KOMBINASI BEBAN	.....	18
F.	KRITERIA DESAIN DAN ANALISA DAYA DUKUNG PONDASI TIANG BOR	.....	25
G.	ANALISA DISTRIBUSI BEBAN PADA MASING- MASING PONDASI TIANG BOR	.....	26
H.	ANALISA PENGARUH BALON TEGANGAN (<i>STRESS BULB</i>) AKIBAT BEBAN YANG BEKERJA	.....	30

Lampiran-1 OUTPUT ANALISA DAYA DUKUNG PONDASI
TIANG BOR DIA 1,500 mm PANJANG EFEKTIF 35 meter.

Lampiran-2 ANALISA PENGARUH BALON TEGANGAN
(*STRESS BULB*) AKIBAT BEBAN YANG BEKERJA.

Lampiran-3 DATA TANAH

ANALISA DAN DESAIN PONDASI TIANG BOR PADA DINDING INTI MENARA TURYAPADA

A. GAMBARAN UMUM

Perancangan sistem pondasi pada lokasi dinding inti (*Core-Wall*) Menara Turyapada menggunakan sistem *Piled-Rafted Foundation* (Pondasi Tiang dengan Pelat Rakit) dalam mendukung beban-beban yang bekerja. Sistem pondasi tiang dengan pelat rakit tersebut pada lokasi Menara Turyapada nantinya akan di-integrasikan dengan pondasi bangunan podium di perimeter Menara Turyapada sehingga dapat membentuk sistem pondasi gabungan yaitu kombinasi pondasi tiang dengan pelat rakit dikombinasikan dengan sistem pondasi kelompok tiang dalam mendukung kolom struktur yang diperkaku dengan *Tie-Beams* (Balok Pengikat).

B. DATA TEKNIS

Spesifikasi teknis bahan yang digunakan untuk pondasi tiang dan pelat rakit pada dinding inti Menara Turyapada adalah sebagai berikut :

- **Pondasi Tiang.**

Jenis pondasi	: Tiang Bor (<i>Bored Pile</i>).
Mutu Beton	: $f'c$ -35 Mpa (Kuat Tekan yang diisyaratkan dalam umur 28 hari).
Mutu Baja Tulangan	: BJTS-420B.
Diameter	: 1,500 mm.
Panjang efektif	: 35,000 mm.

Elevasi atas pondasi tiang bor dia. 1,500 mm berada pada -4.20 meter diukur dari elevasi -2.00 meter (Elevasi atas pelat rakit). Elevasi pelat rakit turun 2.00 meter diukur dari elevasi +0.00 meter untuk kebutuhan operasional elevator. Elevasi bawah pondasi tiang bor dia. 1,500 mm berada pada kedalaman -39.20 meter diukur dari elevasi -2.00 meter. Jarak

antar pondasi tiang bor digunakan 3 x diameter pondasi yaitu 4,500 meter
 sedangkan jarak pondasi tiang bor ke sisi terluar pelat rakit adalah 1 x
 diameter pondasi yaitu 1,500 mm.

- **Pelat Rakit.**

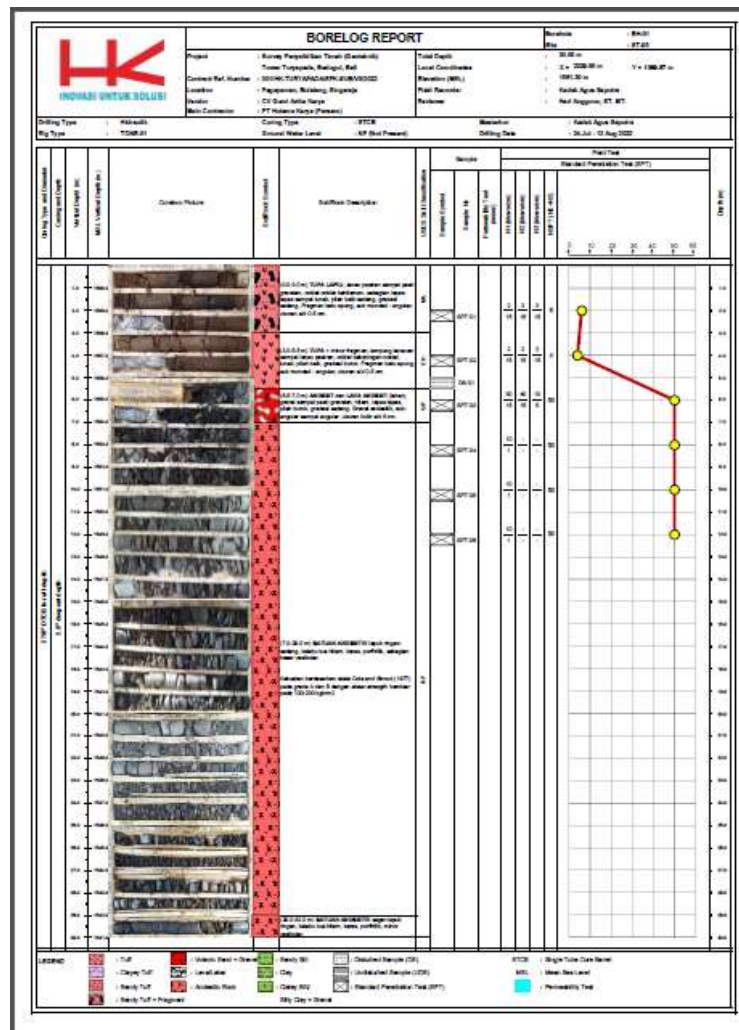
Dimensi pelat rakit : 12,000 mm x 12,000 mm.

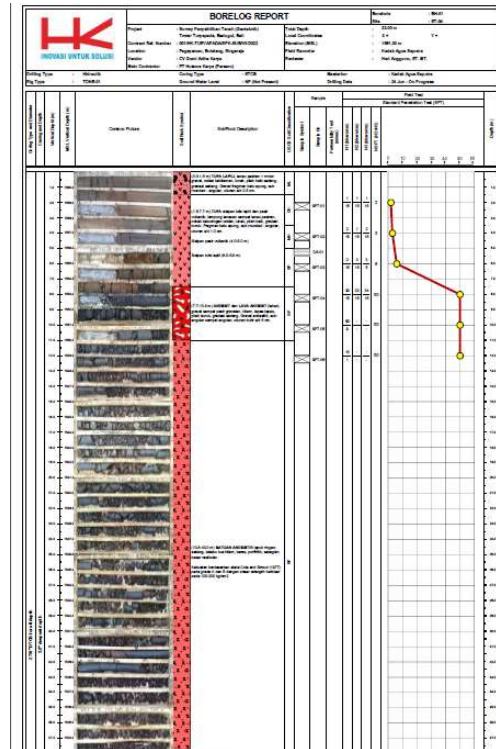
Ketebalan : 2,300 mm.

Mutu Beton : $f_c' - 35$ Mpa (Kuat Tekan yang diisyaratkan
 dalam umur 28 hari).

Mutu Baja Tulangan : BJTS-420B.

C. DATA TANAH





D. DATA BEBAN

Beban-beban yang diperhitungkan dalam perancangan pondasi tiang bor pada lokasi dinding ini Menara Turyapada dengan mempertimbangkan berat sendiri sistem struktur atas dan berat pondasi tiang & pelat rakit, beban mati tambahan/SDL pada struktur atas, beban hidup pada struktur atas, beban angin, dan beban gempa. Adapun penjelasan pembebanan diatas adalah sebagai berikut :

- **BEBAN MATI (DL)**

Beban mati merupakan berat sendiri dari elemen struktur berdasarkan berat jenis material struktur yang digunakan. Pada perhitungan berat sendiri Menara Turyapada digunakan material beton bertulang dan baja dengan nilai properties sebagai berikut :

Berat jenis beton bertulang, $\gamma_c = 24 \text{ kN/m}^3$.

Berat jenis baja, $\gamma_s = 78.50 \text{ kN/m}^3$.

- BEBAN MATI TAMBAHAN (SDL)

Pembebanan Mati Tambahan (SDL)		Elev -14.00		
1 Lantai GF 3, Lobby, Lounge, dan MEP				
1 Berat lantai keramik (19mm) + 13 mm mortar bed		= 0.77 kN/m ²		
2 Rangka partisi+gypsum (dua sisi)		= 0.45 kN/m ²		
	Total SDL Lantai GF 3, Lobby, Lounge, dan MEP	= 1.22 kN/m²		
2 Lantai GF 2, R. Ketua, Office, Arsip dan Dokumen		Elev -8.00		
1 Berat lantai keramik (19mm) + 13 mm mortar bed		= 0.77 kN/m ²		
2 Rangka partisi+gypsum (dua sisi)		= 0.45 kN/m ²		
3 Ceilling rangka		= 0.40 kN/m ²		
4 Mechanical ducting dan elektrikal		= 0.38 kN/m ²		
	Total SDL Lantai GF 2, R. Ketua, Office, Arsip dan Dokumen	= 2.00 kN/m²		
3 Lantai GF 1, R. Serbaguna, Food Court, dan Souvenir		Elev -4.00		
1 Berat lantai keramik (19mm) + 13 mm mortar bed		= 0.77 kN/m ²		
2 Rangka partisi+gypsum (dua sisi)		= 0.45 kN/m ²		
3 Ceilling rangka		= 0.40 kN/m ²		
4 Mechanical ducting dan elektrikal		= 0.38 kN/m ²		
	Total SDL Lantai GF 1, R.Serbaguna, Food Court, dan Souvenir	= 2.00 kN/m²		
4 Lantai 1		Elev +0.00		
Area Penerima, R. Pers, Perpustakaan,Creative Space.				
1 Berat lantai keramik (19mm) + 13 mm mortar bed		= 0.77 kN/m ²		
2 Rangka partisi+gypsum (dua sisi)		= 0.45 kN/m ²		
3 Ceilling rangka		= 0.40 kN/m ²		
4 Mechanical ducting dan elektrikal		= 0.38 kN/m ²		
	Total SDL Lantai 1	= 2.00 kN/m²		
5 Lantai 2		Elev +4.00		
Ballroom				
1 Berat lantai keramik (19mm) + 13 mm mortar bed		= 0.77 kN/m ²		
2 Rangka partisi+gypsum (dua sisi)		= 0.45 kN/m ²		
3 Ceilling rangka		= 0.40 kN/m ²		
4 Mechanical ducting dan elektrikal		= 0.38 kN/m ²		
	Total SDL Lantai 2	= 2.00 kN/m²		
6 Lantai 3		Elev +8.00		
Area Pameran Utama				
1 Berat lantai keramik (19mm) + 13 mm mortar bed		= 0.77 kN/m ²		
2 Rangka partisi+gypsum (dua sisi)		= 0.45 kN/m ²		
3 Ceilling rangka		= 0.40 kN/m ²		
4 Mechanical ducting dan elektrikal		= 0.38 kN/m ²		
	Total SDL Lantai 3	= 2.00 kN/m²		

7 Lantai 4		Elev +12.00		
Area Pameran Sementara				
1 Berat lantai keramik (19mm) + 13 mm mortar bed		= 0.77 kN/m ²		
2 Rangka partisi+gypsum (dua sisi)		= 0.45 kN/m ²		
3 Ceilling rangka		= 0.40 kN/m ²		
4 Mechanical ducting dan elektrikal		= 0.38 kN/m ²		
		Total SDL Lantai 4 = 2.00 kN/m²		
8 Top Lantai		Elev +16.00		
Top Lantai, Jembatan Kaca, Sky Walk				
1 Berat lantai keramik (19mm) + 13 mm mortar bed		= 0.77 kN/m ²		
2 Rangka partisi+gypsum (dua sisi)		= 0.45 kN/m ²		
3 Ceilling rangka		= 0.40 kN/m ²		
4 Mechanical ducting dan elektrikal		= 0.38 kN/m ²		
		Total SDL Top Lantai = 2.00 kN/m²		
9 Lantai pada area Corewall		Elev +20.00 s/d +44.00		
1 Berat lantai keramik (19mm) + 13 mm mortar bed		= 0.77 kN/m ²		
2 Ceilling rangka		= 0.40 kN/m ²		
3 Mechanical ducting dan elektrikal		= 0.38 kN/m ²		
		Total SDL Lantai pada area corewall = 1.55 kN/m²		
10 Restoran		Elev +48.00		
1 Berat lantai keramik (19mm) + 13 mm mortar bed		= 0.77 kN/m ²		
2 Rangka partisi+gypsum (dua sisi)		= 0.45 kN/m ²		
3 Ceilling rangka		= 0.40 kN/m ²		
4 Mechanical ducting dan elektrikal		= 0.38 kN/m ²		
		Total SDL Restoran = 2.00 kN/m²		
11 Lantai pada area Corewall		Elev +52.00 s/d +72.00		
1 Berat lantai keramik (19mm) + 13 mm mortar bed		= 0.77 kN/m ²		
2 Ceilling rangka		= 0.40 kN/m ²		
3 Mechanical ducting dan elektrikal		= 0.38 kN/m ²		
		Total SDL Lantai pada area corewall = 1.55 kN/m²		
12 Telescope		Elev +76.00		
1 Berat lantai keramik (19mm) + 13 mm mortar bed		= 0.77 kN/m ²		
2 Rangka partisi+gypsum (dua sisi)		= 0.45 kN/m ²		
3 Ceilling rangka		= 0.40 kN/m ²		
4 Mechanical ducting dan elektrikal		= 0.38 kN/m ²		
		Total SDL Telescope = 2.00 kN/m²		
13 Lantai pada area Corewall		Elev +80.00 s/d +84.00		
1 Berat lantai keramik (19mm) + 13 mm mortar bed		= 0.77 kN/m ²		
2 Ceilling rangka		= 0.40 kN/m ²		
3 Mechanical ducting dan elektrikal		= 0.38 kN/m ²		
		Total SDL Lantai pada area corewall = 1.55 kN/m²		

14 Restoran 360 derajat		Elev +88.00		
1 Berat lantai keramik (19mm) + 13 mm mortar bed			= 0.77 kN/m ²	
2 Peralatan mechanical			= 3.00 kN/m ²	
3 Ceilling rangka			= 0.40 kN/m ²	
4 Mechanical ducting dan elektrikal			= 0.38 kN/m ²	
		Total SDL Restoran 360 derajat	= 4.55 kN/m²	
15 Edge Walk/Sky Walk		Elev +92.00		
1 Berat lantai keramik (19mm) + 13 mm mortar bed			= 0.77 kN/m ²	
2 Rangka partisi+gypsum (dua sisi)			= 0.45 kN/m ²	
3 Ceilling rangka			= 0.40 kN/m ²	
4 Mechanical ducting dan elektrikal			= 0.38 kN/m ²	
		Total SDL Edge Walk/Sky Walk	= 2.00 kN/m²	
16 Planetarium		Elev +96.00		
1 Berat lantai keramik (19mm) + 13 mm mortar bed			= 0.77 kN/m ²	
2 Rangka partisi+gypsum (dua sisi)			= 0.45 kN/m ²	
3 Ceilling rangka			= 0.40 kN/m ²	
4 Mechanical ducting dan elektrikal			= 0.38 kN/m ²	
		Total SDL Planetarium	= 2.00 kN/m²	
17 Ornamen		Elev +100.00		
1 Berat lantai keramik (19mm) + 13 mm mortar bed			= 0.77 kN/m ²	
2 Ceilling rangka			= 0.40 kN/m ²	
3 Mechanical ducting dan elektrikal			= 0.38 kN/m ²	
		Total SDL Ornamen	= 1.55 kN/m²	
18 Antena Pemancar		Elev +104.00		
1 Berat lantai keramik (19mm) + 13 mm mortar bed			= 0.77 kN/m ²	
2 Ceilling rangka			= 0.40 kN/m ²	
3 Mechanical ducting dan elektrikal			= 0.38 kN/m ²	
		Total SDL Antena Pemancar	= 1.55 kN/m²	

- **BEBAN HIDUP (LL)**

Pembebanan Hidup (LL)		Elev -14.00		
1 Lantai GF 3, Lobby, Lounge, dan MEP				
1 Lobby or Lounge		=	4.79 kN/m ²	
2 MEP		=	7.18 kN/m ²	
2 Lantai GF 2, R. Ketua, Office, Arsip dan Dokumen		Elev -8.00		
1 R. Ketua, Office		=	3.00 kN/m ²	
2 Arsip dan Dokumen		=	7.18 kN/m ²	
3 Lantai GF 1, R. Serbaguna, Food Court, dan Souvenir		Elev -4.00		
1 R. Serbaguna		=	7.18 kN/m ²	
2 Foodcourt		=	4.79 kN/m ²	
3 Souvenir		=	3.83 kN/m ²	
4 Lantai 1		Elev +0.00		
Area Penerima, R. Pers, Perpustakaan, Creative Space.				
1 Area Penerima		=	2.48 kN/m ²	
2 R. Pers		=	3.83 kN/m ²	
3 Perpustakaan dan Creative Space		=	4.79 kN/m ²	
5 Lantai 2		Elev +4.00		
Ballroom				
1 Ballroom		=	4.79 kN/m ²	
6 Lantai 3		Elev +8.00		
Area Pameran Utama				
1 Area pameran utama		=	4.79 kN/m ²	
7 Lantai 4		Elev +12.00		
Area Pameran Sementara				
1 Area pameran sementara		=	4.79 kN/m ²	
8 Top Lantai		Elev +16.00		
Top Lantai, Jembatan Kaca, Sky Walk				
1 Jembatan kaca dan sky-walk		=	4.79 kN/m ²	
9 Lantai pada area Corewall		Elev +20.00 s/d +44.00		
1 Area tangga utk umum		=	4.79 kN/m ²	
10 Restoran		Elev +48.00		
1 Restoran		=	4.79 kN/m ²	
11 Lantai pada area Corewall		Elev +52.00 s/d +72.00		
1 Area tangga utk umum		=	4.79 kN/m ²	

12 Telescope		Elev +76.00		
1 Telescope			=	4.79 kN/m ²
13 Lantai pada area Corewall		Elev +80.00 s/d +84.00		
1 Area tangga utk umum			=	4.79 kN/m ²
14 Restoran 360 derajat		Elev +88.00		
1 Restoran 360 derajat			=	4.79 kN/m ²
15 Edge Walk/Sky Walk		Elev +92.00		
1 Edge walk/Sky walk			=	4.79 kN/m ²
16 Planetarium		Elev +96.00		
1 Planetarium			=	4.79 kN/m ²
17 Ornamen		Elev +100.00		
1 Ornamen			=	3.18 kN/m ²
18 Antena Pemancar		Elev +104.00		
1 Atap			=	3.18 kN/m ²

- BEBAN ANGIN (WL)

Kecepatan angin yang digunakan dalam perencanaan struktur Menara Turyapada yang berlokasi di Buleleng, Bali menggunakan data dari HB 212-2002 *Design Wind Speeds for the Asia-Pacific Region report from AS/NZS*. Kecepatan angin desain yang digunakan, $V_s = 32$ m/s untuk kondisi layan/serviceability (Periode 50 tahunan) dan $V_s = 40$ m/s untuk kondisi batas/ultimate (Periode 500 tahunan).

Faktor Arah Angin, K_d				
Faktor arah angin ditentukan berdasarkan Tabel 26.6-1, Faktor Arah Angin, K_d				
Tabel 26.6-1 - Faktor arah angin, K_d				
Tipe struktur		Faktor arah angin K_d		
Bangunan gedung				
Sistem Penahan Gaya Angin Utama (SPGAU)		0,85		
Komponen dan Klading (K&K)		0,85		
Atap lengkung		0,85		
Kubah berbentuk bundar		1,0 ^a		
Cerobong, tangki, dan struktur serupa		0,90		
Persegi		0,95		
Segi enam		1,0 ^a		
Segi delapan		1,0 ^a		
Bundar		1,0 ^a		
Dinding solid yang berdiri bebas, peralatan bagian atap, dan panel petunjuk solid yang berdiri bebas serta panel petunjuk terikat		0,85		
Panel petunjuk terbuka dan rangka terbuka bidang tunggal		0,85		
Rangka batang menara				
Segitiga, persegi, atau persegi panjang		0,85		
Semua penampang lainnya		0,95		
^a Faktor arah angin $K_d = 0,95$ diizinkan untuk struktur bundar atau struktur segi delapan dengan sistem struktur non-asimetris.				
Faktor arah angin, K_d			$K_d =$	1.00

Eksposur
Pasal 26.7.2 SNI 1727-2020
Lokasi menara Turyapada berada pada dataran tinggi dan terbuka dengan penghalang tersebar. Dalam analisa beban angin digunakan eksposur/kekasaran permukaan C.

Exposure Category



Eksposur A :
Kategori paparan ini tidak ada di wilayah rawan badai negara tersebut. Dihapus sejak 07-02ASCE



Eksposur B : Daerah perkotaan dan pinggiran kota, daerah berhutan, daerah dengan banyak hambatan ruang yang rapat. Di Jakarta kami menggunakan kategori eksposur ini.

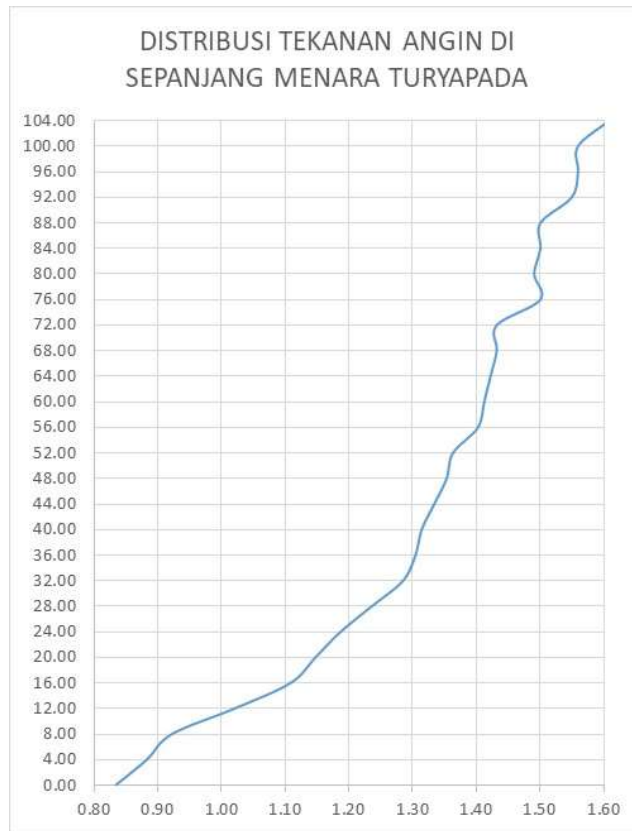


Eksposur C : Medan Terbuka dengan penghalang hamburan. Bandara, daerah yang umumnya terbuka datar Negara



Eksposur D : Dataran, Daerah tidak terhalang dan permukaan air di luar daerah rawan badai

Tinggi Menara (m)



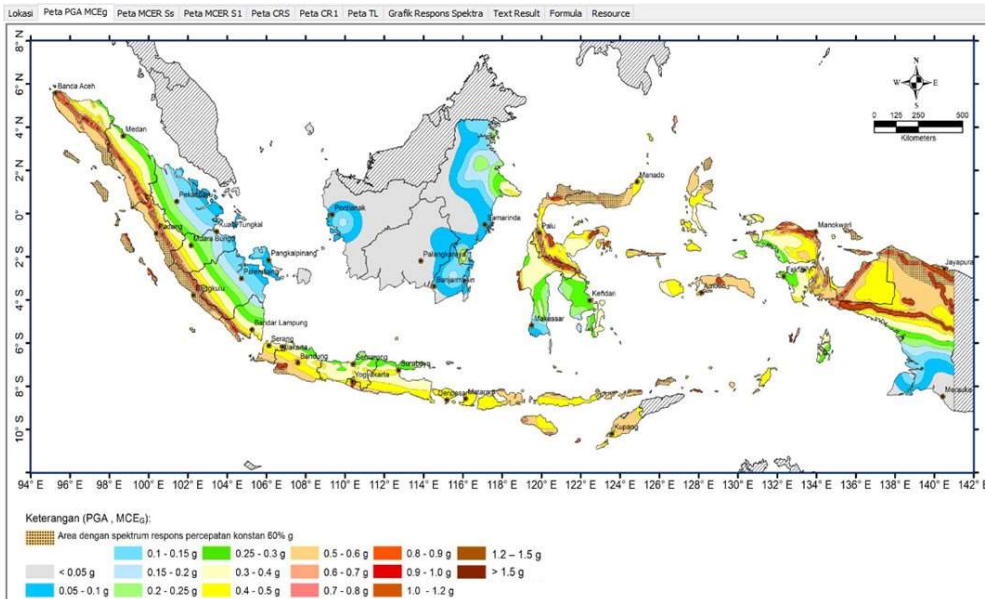
Tekanan Angin (kPa)



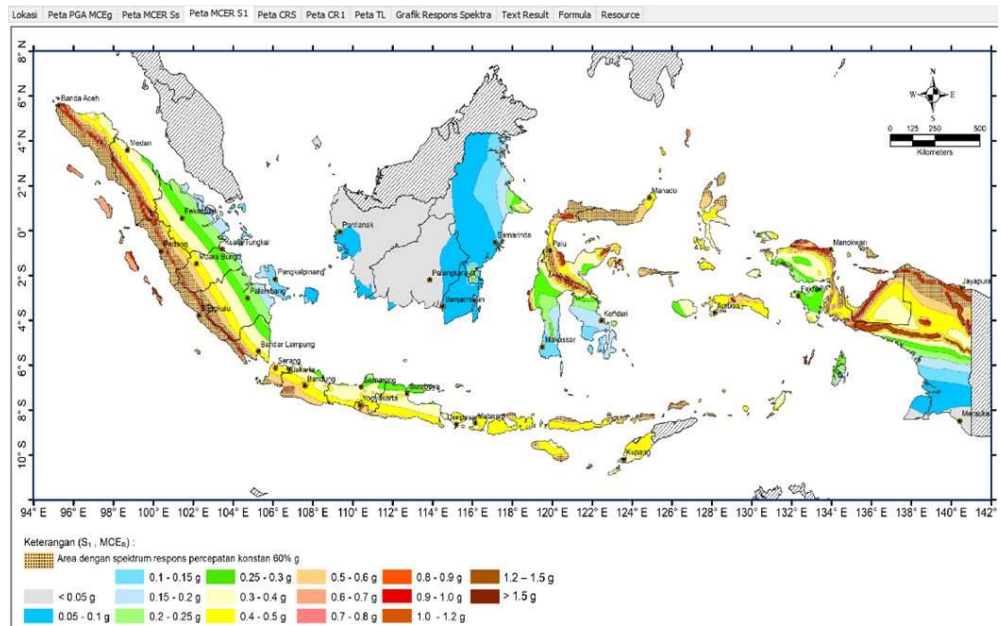
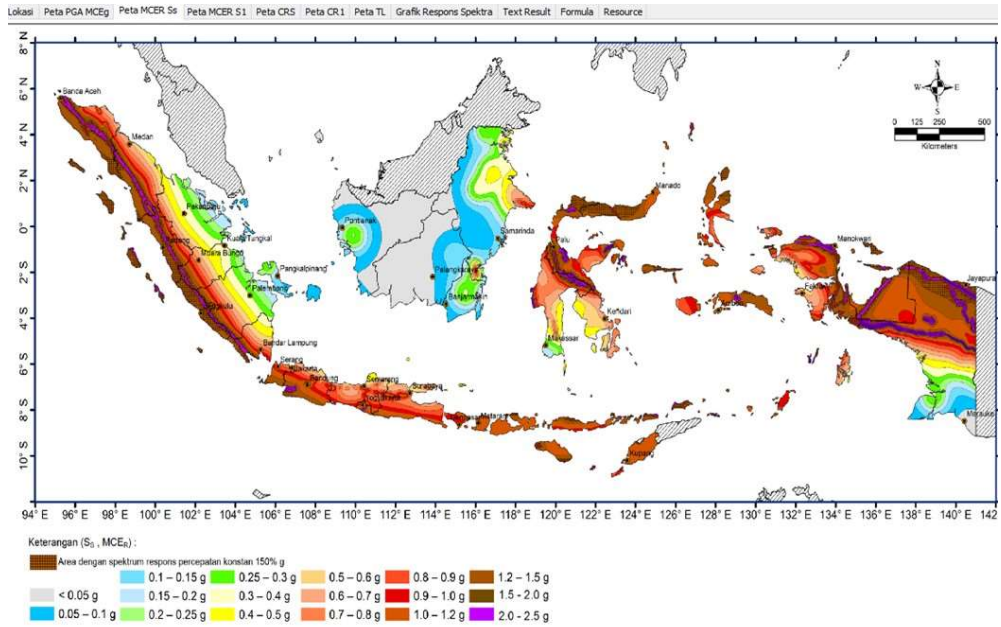
ANALISA PERHITUNGAN BEBAN ANGIN (EKSPOSUR C)

Elevasi Menara (m)	Faktor Topografi Kzt	Faktor Arah Angin Kd	Faktor Elev Muka Tanah Ke	Faktor Eksposur Kz	Kec. Angin (m/s)	Tekanan Kecepatan qz (kN/m2)	Luas Bidang Proyeksi Ap (m2)	Beban Angin Va (kN)	Tinggi Tingkat (m)	Momen Akibat Angin Ma (kN-m)
104.00	1.00	1.00	1.00	1.64	40.00	1.61	16.00	25.74	4.00	102.94
100.00	1.00	1.00	1.00	1.59	40.00	1.56	32.00	49.90	4.00	199.61
96.00	1.00	1.00	1.00	1.59	40.00	1.56	32.00	49.90	4.00	199.61
92.00	1.00	1.00	1.00	1.58	40.00	1.55	32.00	49.59	4.00	198.36
88.00	1.00	1.00	1.00	1.53	40.00	1.50	32.00	48.02	4.00	192.08
84.00	1.00	1.00	1.00	1.53	40.00	1.50	32.00	48.02	4.00	192.08
80.00	1.00	1.00	1.00	1.52	40.00	1.49	32.00	47.71	4.00	190.82
76.00	1.00	1.00	1.00	1.53	40.00	1.50	32.00	48.02	4.00	192.08
72.00	1.00	1.00	1.00	1.46	40.00	1.43	32.00	45.82	4.00	183.29
68.00	1.00	1.00	1.00	1.46	40.00	1.43	32.00	45.82	4.00	183.29
64.00	1.00	1.00	1.00	1.45	40.00	1.42	32.00	45.51	4.00	182.04
60.00	1.00	1.00	1.00	1.44	40.00	1.41	32.00	45.20	4.00	180.78
56.00	1.00	1.00	1.00	1.43	40.00	1.40	32.00	44.88	4.00	179.53
52.00	1.00	1.00	1.00	1.39	40.00	1.36	32.00	43.63	4.00	174.50
48.00	1.00	1.00	1.00	1.38	40.00	1.35	32.00	43.31	4.00	173.25
44.00	1.00	1.00	1.00	1.36	40.00	1.33	32.00	42.68	4.00	170.74
40.00	1.00	1.00	1.00	1.34	40.00	1.31	32.00	42.06	4.00	168.23
36.00	1.00	1.00	1.00	1.33	40.00	1.30	32.00	41.74	4.00	166.97
32.00	1.00	1.00	1.00	1.31	40.00	1.28	32.00	41.12	4.00	164.46
28.00	1.00	1.00	1.00	1.26	40.00	1.24	32.00	39.55	4.00	158.18
24.00	1.00	1.00	1.00	1.21	40.00	1.19	32.00	37.98	4.00	151.91
20.00	1.00	1.00	1.00	1.17	40.00	1.15	32.00	36.72	4.00	146.88
16.00	1.00	1.00	1.00	1.13	40.00	1.11	32.00	35.47	4.00	141.86
12.00	1.00	1.00	1.00	1.04	40.00	1.02	32.00	32.64	4.00	130.56
8.00	1.00	1.00	1.00	0.94	40.00	0.92	32.00	29.50	4.00	118.01
4.00	1.00	1.00	1.00	0.90	40.00	0.88	32.00	28.25	4.00	112.99
0.00	1.00	1.00	1.00	0.85	40.00	0.83	16.00	13.34	0.00	0.00
Kumulatif								1,102.11		4,355.07

- BEBAN GEMPA (EQ)



11 PERHITUNGAN PONDASI TIANG BOR PADA
 PEMBANGUNAN TAMAN TEKNOLOGI
 TURYPADA TOWER KOMUNIKASI BALI
 SMART 6.0 KERTHI BALI





Aplikasi Spektrum Respons Desain Indonesia 2021, (C) PuSGeN-DBTTP,DJCK,PUPR-ESRC, 2021

Program Respons Spektra Peta Gempa Indonesia 2021
(C) Copyright PuSGeN-DBTTP,DJCK,PUPR-ESRC, 2021

Nama Kota : Buleleng
Bujur / Longitude : 115.157021 Degrees
Lintang / Latitude : -8.235522 Degrees
Kelas Situs : SA - Batuan Keras

PGA = 0.442300 g
PGAm = 0.353840 g
CRs = 0.000000
CRl = 0.000000
Ss = 1.029374 g
S1 = 0.416615 g
TL = 12.000000 detik
Fa = 0.800000
Fv = 0.800000
Sms = 0.823499 g
Sml = 0.333292 g
Sds = 0.549000 g
Sd1 = 0.222195 g
T0 = 0.080945 detik
Ts = 0.404727 detik

Time (sec)	Value (g)
0.000	0.2196
0.050	0.4231
0.081	0.5490
0.100	0.5490
0.150	0.5490
0.200	0.5490
0.250	0.5490
0.300	0.5490
0.350	0.5490
0.400	0.5490
0.400	0.5490

Kategori Risiko

SNI 1726-2019 Tabel 3 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Nongedung untuk Beban Gempa halaman 24

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

<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
---	-----

Kategori Risiko Bangunan : III

Faktor Keutamaan

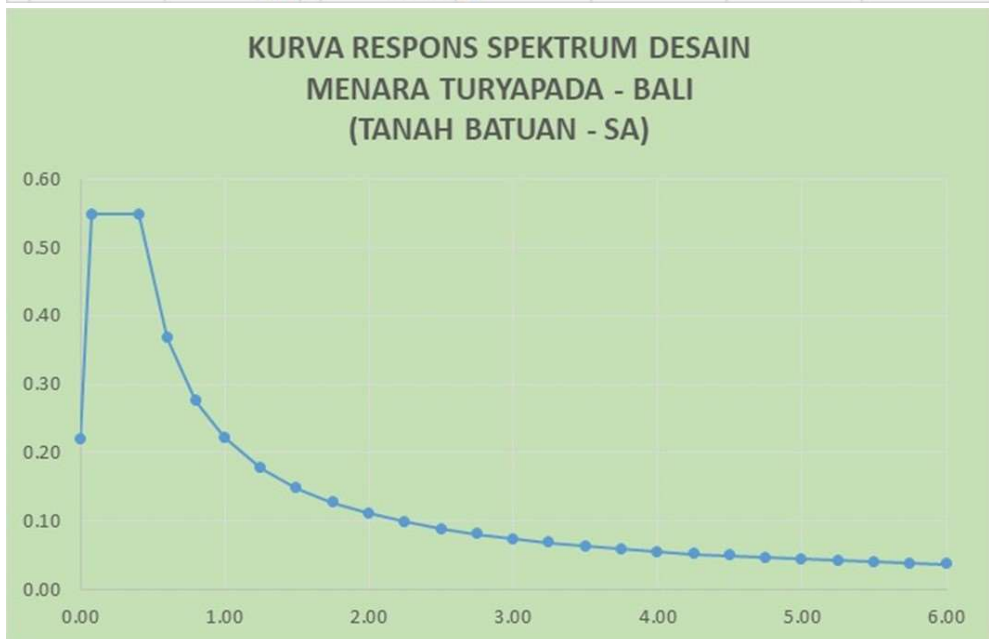
SNI 1726-2019 Tabel 4 Faktor Keutamaan Gempa halaman 25

Tabel 4 – Faktor keutamaan gempa

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

Faktor Keutamaan : 1.25

Parameter Percepatan Respon Spektral			
- Peta Gempa MCE_R : Gambar 15 dan Gambar 16			
Hal. 233 dan 234 SNI 1726-2019			
- Diperoleh	S_s :	1.029 g	
	S_1 :	0.417 g	
	PGA :	0.442 g	
Koefisien Situs			
- Tabel 6 dan Tabel 7 SNI 1726-2019 halaman 34			
- Kelas Situs : SA (Tanah Batuan)			
- Parameter S_s dan S_1			
- Diperoleh	F_a :	0.800	
	F_v :	0.800	
Parameter Percepatan Respons Spektral sesuai Kelas Situs			
- $S_{MS} = F_a \times S_s$			
- $S_{M1} = F_v \times S_1$			
- Diperoleh	S_{MS} :	0.823 g	
	S_{M1} :	0.333 g	



Parameter Percepatan Respons Spektral Desain			
-	$S_{DS} = 2/3 \times S_{MS}$		
-	$S_{D1} = 2/3 \times S_{M1}$		
- Diperoleh	$S_{DS} :$	0.549 g	
	$S_{D1} :$	0.222 g	
Periode Transisi			
-	$T_s = S_{D1} / S_{DS}$		
-	$T_0 = 0.2 \times T_s$		
-	$T_L = \text{Gambar 20 } (6 \leq T_L \leq 20 \text{ detik})$		
- Diperoleh	$T_s :$	0.405 detik	
	$T_0 :$	0.081 detik	
	$T_L :$	6.000 detik	
Spektrum Respons Desain $0 \leq T \leq T_0$			
-	$S_a = S_{DS} (0.4 + 0.6 (T / T_0))$		
Spektrum Respons Desain pada bagian Percepatan Konstan ($T_0 \leq T \leq T_s$)			
-	$S_a = S_{DS}$		
Spektrum Respons Desain pada bagian Kecepatan Konstan ($T_s \leq T \leq T_L$)			
-	$S_a = S_{D1} / T$		
Spektrum Respons Desain pada bagian Perpindahan Konstan ($T \geq T_L$)			
-	$S_a = S_{D1} T_L / T^2$		

Penentuan Kategori Desain Seismik (KDS) ditentukan berdasarkan pada Tabel 8 dan 9 halaman 37 SNI 1726-2019

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

Kategori Risiko : III

S_{DS} : 0.549 g

S_{D1} : 0.222 g

KDS : D

Sistem struktur atas dalam menyerap energi gempa menggunakan sistem struktur Ganda (*Dual-System*) dengan Rangka Pemikul Momen Khusus yang mampu menahan paling sedikit 25 % gaya seismik/gempa yang ditetapkan.

- **Sistem Ganda (Penyerap Energi Gempa/SNI 1726-2019)**
 - Parameter R : 7.00
 - Parameter Ω_0 : 2.50
 - Parameter Cd : 5.50
- **Sistem *Diagrid* Baja (Baker et al, 2010)**
 - Parameter R : 4.00
 - Parameter Ω_0 : 1.50
 - Parameter Cd : 2.50

Namun untuk perhitungan pondasi tiang bor pada Menara Turyapada digunakan faktor reduksi, $R = 1.50$

Penentuan Periode Gedung T			
- Periode untuk Geser Dasar			
- $T \leq C_u T_a$			
- C_u Tabel 17			
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	
- Periode Pendekatan			
- $T_a = C_t h_n^x$			
- C_t dan x -- Tabel 18			
- h_n = Tinggi Struktur (m)			
Tabel 18 – Nilai parameter periode pendekatan C_t dan x			
Tipe struktur	C_t	x	
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka pemikul 100 % gaya seismik yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya seismik:			
• Rangka baja pemikul momen	0,0724	0,8	
• Rangka beton pemikul momen	0,0466	0,9	
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731	0,75	
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731	0,75	
Semua sistem struktur lainnya	0,0488	0,75	
C_t :	0.0488	T_s :	0.405 detik
h_n (m) :	146.00	T_0 :	0.081 detik
x :	0.75	T_L :	6.000 detik
T_a (detik) :	2.05	S_{D5} :	0.549 g
C_u :	1.40	S_{D1} :	0.222 g
T (detik) :	2.87	R :	1.50
		I_e :	1.25

Koefisien Respons Seismik			
9.1 Koefisien Respons Seismik pada bagian Percepatan Konstan			
$(T_0 \leq T \leq T_s)$			
$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)}$	$C_s :$	0.46	
9.2 Koefisien Respons Seismik pada bagian Kecepatan Konstan			
$(T_s \leq T \leq T_L)$			
$C_s = \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{I_e}\right)}$	$C_s :$	0.06	
9.3 Koefisien Respons Seismik pada bagian Perpindahan Konstan			
$(T > T_L)$			
$C_s = \frac{S_{D1} T_L}{T^2 \left(\frac{R}{I_e}\right)}$	$C_s :$	0.13	
9.4 Koefisien Respons Seismik Minimum			
$C_s = 0.044 \cdot S_{DS} \cdot I_e \geq 0.01$	$C_s :$	0.03	

Cs yang digunakan dalam perhitungan beban seismik/gempa adalah 0.06.

E. KOMBINASI BEBAN

KOMBINASI PEMBEBANAN - ULTIMATE DESIGN MENARA TURYAPADA								
Refer to SNI 1726-2019 dan SNI 1727-2020.								
Loading Combination - Gravity Condition								
Pasal 4.2.2.1								
U1 = 1.4 DL + 1.4 SDL								
U2 = 1.2 DL + 1.2 SDL + 1.6 LL								
U3 = 1.2 DL + 1.2 SDL + 1.6 LL + 0.5 WL								
U4 = 1.2 DL + 1.2 SDL + 1.0 LL + 1.0 WL								
U5 = 0.9 DL + 0.9 SDL +/- 1.0 WL								
No.	Combination	Dead Load DL	Superimposed Dead Load SDL	Live Loads LL	Wind Loads WL	Seismic Load		Ket.
						EQX	EQY	
1	U 1	1.40	1.40	-	-	-	-	UGRAVC
2	U 2	1.20	1.20	1.60	-	-	-	
3	U 3	1.20	1.20	1.60	0.50	-	-	
4	U 4	1.20	1.20	1.00	1.00	-	-	
5	U 5	0.90	0.90	-	1.00	-	-	UGRAVT

Loading Combination - Nominal Seismic Loads			
Clause 7.4.2.2 Loads Combination - Vertical Seismic = +0.2 S _{DS} (DL+	S _{DS} =	0.549	
Clause 7.3.4.1 Redundancy Factor, ρ	ρ =	1.30	
Pasal 4.2.2.3			
U = 1.2 DL + 1.2 SDL + E _v + E _h + LL			
U = 1.2 DL + 1.2 SDL + 0.2 S _{DS} (DL+SDL) +/- 100 % ρ EQX +/- 30 % ρ EQY + LL			
U = 1.2 DL + 1.2 SDL + 0.2 S _{DS} (DL+SDL) +/- 30 % ρ EQX +/- 100 % ρ EQY + LL			
U = (1.2 + (0.2 S _{DS})) DL + (1.2 + (0.2 S _{DS})) SDL +/- 100 % ρ EQX +/- 30 % ρ EQY + LL			
U = (1.2 + (0.2 S _{DS})) DL + (1.2 + (0.2 S _{DS})) SDL +/- 30 % ρ EQX +/- 100 % ρ EQY + LL			
U = 0.9 DL + 0.9 SDL - E _v + E _h			
U = 0.9 DL + 0.9 SDL - 0.2 S _{DS} (DL+SDL) +/- 100 % ρ EQX +/- 30 % ρ EQY			
U = 0.9 DL + 0.9 SDL - 0.2 S _{DS} (DL+SDL) +/- 30 % ρ EQX +/- 100 % ρ EQY			
U = (0.9-(0.2 S _{DS})) DL + (0.9-(0.2 S _{DS})) SDL +/- 100 % ρ EQX +/- 30 % ρ EQY			
U = (0.9-(0.2 S _{DS})) DL + (0.9-(0.2 S _{DS})) SDL +/- 30 % ρ EQX +/- 100 % ρ EQY			

No.	Combination	Dead Load DL	Superimposed Dead Load SDL	Live Loads LL	Wind Loads WL	Seismic Load		Ket.	
						EQX	EQY		
5	U 5	1.31	1.31	1.00	-	1.30	0.39	UGNOMC	
6	U 6	1.31	1.31	1.00	-	1.30	-0.39		
7	U 7	1.31	1.31	1.00	-	-1.30	0.39		
8	U 8	1.31	1.31	1.00	-	-1.30	-0.39		
9	U 9	1.31	1.31	1.00	-	0.39	1.30		
10	U 10	1.31	1.31	1.00	-	0.39	-1.30		
11	U 11	1.31	1.31	1.00	-	-0.39	1.30		
12	U 12	1.31	1.31	1.00	-	-0.39	-1.30		
13	U 13	0.79	0.79	-	-	1.30	0.39		UGNOMT
14	U 14	0.79	0.79	-	-	1.30	-0.39		
15	U 15	0.79	0.79	-	-	-1.30	0.39		
16	U 16	0.79	0.79	-	-	-1.30	-0.39		
17	U 17	0.79	0.79	-	-	0.39	1.30		
18	U 18	0.79	0.79	-	-	0.39	-1.30		
19	U 19	0.79	0.79	-	-	-0.39	1.30		
20	U 20	0.79	0.79	-	-	-0.39	-1.30		

Loading Combination - Overstrength Factor of Seismic Load	
Clause 7.4.2.2 Loads Combination - Vertical Seismic = +0.2 S _{DS}	S _{DS} = 0.549
Clause 7.4.3 Overstrength Factor, Ω	Ω = 2.50
Pasal 4.2.2.3	
U = 1.2 DL + 1.2 SDL + E _v + E _{mh} + LL	
U = 1.2 DL + 1.2 SDL + 0.2 S _{DS} (DL+SDL) +/- 100 % Ω _o EQX +/- 30 % Ω _o EQY + LL	
U = 1.2 DL + 1.2 SDL + 0.2 S _{DS} (DL+SDL) +/- 30 % Ω _o EQX +/- 100 % Ω _o EQY + LL	
U = (1.2 + (0.2 S _{DS})) DL + (1.2 + (0.2 S _{DS})) SDL +/- 100 % Ω _o EQX +/- 30 % Ω _o EQY + LL	
U = (1.2 + (0.2 S _{DS})) DL + (1.2 + (0.2 S _{DS})) SDL +/- 30 % Ω _o EQX +/- 100 % Ω _o EQY + LL	
U = 0.9 DL + 0.9 SDL - E _v + E _{mh}	
U = 0.9 DL + 0.9 SDL - 0.2 S _{DS} (DL+SDL) +/- 100 % Ω _o EQX +/- 30 % Ω _o EQY	
U = 0.9 DL + 0.9 SDL - 0.2 S _{DS} (DL+SDL) +/- 30 % Ω _o EQX +/- 100 % Ω _o EQY	
U = (0.9-(0.2 S _{DS})) DL + (0.9-(0.2 S _{DS})) SDL +/- 100 % Ω _o EQX +/- 30 % Ω _o EQY	
U = (0.9-(0.2 S _{DS})) DL + (0.9-(0.2 S _{DS})) SDL +/- 30 % Ω _o EQX +/- 100 % Ω _o EQY	



No.	Combination	Dead Load DL	Superimposed Dead Load SDL	Live Loads LL	Wind Loads WL	Seismic Load		Ket.
						EQX	EQY	
20	U 20	1.31	1.31	1.00	-	2.50	0.75	UGKLC
21	U 21	1.31	1.31	1.00	-	2.50	-0.75	
22	U 22	1.31	1.31	1.00	-	-2.50	0.75	
23	U 23	1.31	1.31	1.00	-	-2.50	-0.75	
24	U 24	1.31	1.31	1.00	-	0.75	2.50	
25	U 25	1.31	1.31	1.00	-	0.75	-2.50	
26	U 26	1.31	1.31	1.00	-	-0.75	2.50	
27	U 27	1.31	1.31	1.00	-	-0.75	-2.50	UGKLT
28	U 28	0.79	0.79	-	-	2.50	0.75	
29	U 29	0.79	0.79	-	-	2.50	-0.75	
30	U 30	0.79	0.79	-	-	-2.50	0.75	
31	U 31	0.79	0.79	-	-	-2.50	-0.75	
32	U 32	0.79	0.79	-	-	0.75	2.50	
33	U 33	0.79	0.79	-	-	0.75	-2.50	
34	U 34	0.79	0.79	-	-	-0.75	2.50	
35	U 35	0.79	0.79	-	-	-0.75	-2.50	

KOMBINASI PEMBEBANAN - SERVICE DESIGN								
MENARA TURYAPADA								
Refer to SNI 1726-2019 dan SNI 1727-2020.								
Loading Combination - Gravity Condition								
Pasal 4.2.3								
E1 = DL + SDL								
E2 = DL +SDL + LL								
E3 = DL + SDL + 0.75 LL + 0.45 WL								
E4 = DL + SDL +0.60 WL								
E5 = 0.60 DL + 0.60 SDL +/- 0.60 WL								
No.	Combination	Dead Load DL	Superimposed Dead Load SDL	Live Loads LL	Wind Loads WL	Seismic Load		Ket.
						EQX	EQY	
1	E 1	1.00	1.00	-	-	-	-	EGRAVC
2	E 2	1.00	1.00	1.00	-	-	-	
3	E 3	1.00	1.00	0.75	0.45	-	-	
4	E 4	1.00	1.00	-	0.60	-	-	
5	E 5	0.60	0.60	-	0.60	-	-	EGRAVT

Loading Combination - Nominal Seismic Loads		
Clause 7.4.2.2 Loads Combination - Vertical Seismic = +0.2 S _{DS}	S _{DS} =	0.549
Clause 7.3.4.1 Redundancy Factor, ρ	ρ =	1.30
Pasal 4.2.2.3		
E = 1.0 DL + 1.0 SDL + 0.7 E _v + 0.7 E _h		
E = 1.0 DL + 1.0 SDL + 0.7 (0.2 S _{DS} (DL+SDL)) +/- 0.7 100 % ρ EQX +/- 0.7 30 % ρ EQY		
E = 1.0 DL + 1.0 SDL + 0.7 (0.2 S _{DS} (DL+SDL)) +/- 0.7 30 % ρ EQX +/- 0.7 100 % ρ EQY		
E = (1.0+(0.14 S _{DS})) DL + (1.0 + (0.14 S _{DS})) SDL +/- 0.7 ρ EQX +/- 0.21 ρ EQY		
E = (1.0+(0.14 S _{DS})) DL + (1.0 + (0.14 S _{DS})) SDL +/- 0.21 ρ EQX +/- 0.7 ρ EQY		
E = 1.0 DL + 1.0 SDL + 0.525 E _v + 0.525 E _h + 0.75 LL		
E = 1.0 DL + 1.0 SDL + 0.525 (0.2 S _{DS} (DL+SDL)) + 0.525 100 % ρ EQX + 0.525 30 % ρ EQY + 0.75 LL		
E = 1.0 DL + 1.0 SDL + 0.525 (0.2 S _{DS} (DL+SDL)) + 0.525 30 % ρ EQX + 0.525 100 % ρ EQY + 0.75 LL		
E = (1.0+(0.105 S _{DS})) DL + (1.0+(0.105 S _{DS})) SDL + 0.525 ρ EQX + 0.16 ρ EQY + 0.75 LL		
E = (1.0+(0.105 S _{DS})) DL + (1.0+(0.105 S _{DS})) SDL + 0.16 ρ EQX + 0.525 ρ EQY + 0.75 LL		
E = 0.6 DL + 0.6 SDL - 0.7 E _v + 0.7 E _h		
E = 0.6 DL + 0.6 SDL - 0.7 (0.2 S _{DS} (DL+SDL)) + 0.7 100 % ρ EQX +/- 0.7 30 % ρ EQY		
E = 0.6 DL + 0.6 SDL - 0.7 (0.2 S _{DS} (DL+SDL)) + 0.7 30 % ρ EQX +/- 0.7 100 % ρ EQY		
E = (0.6-(0.14 S _{DS})) DL + (0.6-(0.14 S _{DS})) SDL +/- 0.7 ρ EQX +/- 0.21 ρ EQY		
E = (0.6-(0.14 S _{DS})) DL + (0.6-(0.14 S _{DS})) SDL +/- 0.21 ρ EQX +/- 0.7 ρ EQY		

No.	Combination	Dead Load DL	Superimposed Dead Load SDL	Live Loads LL	Wind Loads WL	Seismic Load		Ket.	
						EQX	EQY		
5	E 5	1.06	1.06	0.75	-	0.68	0.20	EGNOMC	
6	E 6	1.05	1.05	0.75	-	0.68	-0.20		
7	E 7	1.05	1.05	0.75	-	-0.68	0.20		
8	E 8	1.05	1.05	0.75	-	-0.68	-0.20		
9	E 9	1.05	1.05	0.75	-	0.20	0.68		
10	E 10	1.05	1.05	0.75	-	0.20	-0.68		
11	E 11	1.05	1.05	0.75	-	-0.20	0.68		
12	E 12	1.05	1.05	0.75	-	-0.20	-0.68		
13	E 13	1.08	1.08	-	-	0.91	0.27		
14	E 14	1.08	1.08	-	-	0.91	-0.27		
15	E 15	1.08	1.08	-	-	-0.91	0.27		
16	E 16	1.08	1.08	-	-	-0.91	-0.27		
17	E 17	1.08	1.08	-	-	0.27	0.91		
18	E 18	1.08	1.08	-	-	0.27	-0.91		
19	E 19	1.08	1.08	-	-	-0.27	0.91		
20	E 20	1.08	1.08	-	-	-0.27	-0.91		
21	E 21	0.52	0.52	-	-	0.91	0.27		EGNOMT
22	E 22	0.52	0.52	-	-	0.91	-0.27		
23	E 23	0.52	0.52	-	-	-0.91	0.27		
24	E 24	0.52	0.52	-	-	-0.91	-0.27		
25	E 25	0.52	0.52	-	-	0.27	0.91		
26	E 26	0.52	0.52	-	-	0.27	-0.91		
27	E 27	0.52	0.52	-	-	-0.27	0.91		
28	E 28	0.52	0.52	-	-	-0.27	-0.91		

Loading Combination - Overstrength Factor of Seismic Load			
Clause 7.4.2.2 Loads Combination - Vertical Seismic = +0.2 S _{DS}	S _{DS} =	0.549	
Clause 7.4.3 Overstrength Factor, Ω	Ω =	2.50	
Pasal 4.2.2.3			
E = 1.0 DL + 1.0 SDL + 0.7 E _V + 0.7 E _{mh}			
E = 1.0 DL + 1.0 SDL + 0.7 (0.2 S _{DS} (DL+SDL)) +/- 0.7 100 % Ω _o EQX +/- 0.7 30 % Ω _o EQY			
E = 1.0 DL + 1.0 SDL + 0.7 (0.2 S _{DS} (DL+SDL)) +/- 0.7 30 % Ω _o EQX +/- 0.7 100 % Ω _o EQY			
E = (1.0+(0.14 S _{DS})) DL + (1.0 + (0.14 S _{DS})) SDL +/- 0.7 Ω _o EQX +/- 0.21 Ω _o EQY			
E = (1.0+(0.14 S _{DS})) DL + (1.0 + (0.14 S _{DS})) SDL +/- 0.21 Ω _o EQX +/- 0.70 Ω _o EQY			
E = 1.0 DL + 1.0 SDL + 0.525 E _V + 0.525 E _{mh} + 0.75 LL			
E = 1.0 DL + 1.0 SDL + 0.525 (0.2 S _{DS} (DL+SDL)) +/- 0.525 100 % Ω _o EQX +/- 0.525 30 % Ω _o EQY + 0.75 LL			
E = 1.0 DL + 1.0 SDL + 0.525 (0.2 S _{DS} (DL+SDL)) +/- 0.525 30 % Ω _o EQX +/- 0.525 100 % Ω _o EQY + 0.75 LL			
E = (1.0+(0.105 S _{DS})) DL + (1.0+(0.105 S _{DS})) SDL +/- 0.525 Ω _o EQX +/- 0.16 Ω _o EQY + 0.75 LL			
E = (1.0+(0.105 S _{DS})) DL + (1.0+(0.105 S _{DS})) SDL +/- 0.16 Ω _o EQX +/- 0.525 Ω _o EQY + 0.75 LL			
E = 0.6 DL + 0.6 SDL - 0.7 E _V + 0.7 E _{mh}			
E = 0.6 DL + 0.6 SDL - 0.7 (0.2 S _{DS} (DL+SDL)) +/- 0.7 100 % Ω _o EQX +/- 0.7 30 % Ω _o EQY			
E = 0.6 DL + 0.6 SDL - 0.7 (0.2 S _{DS} (DL+SDL)) +/- 0.7 30 % Ω _o EQX +/- 0.7 100 % Ω _o EQY			
E = (0.6-(0.14 S _{DS})) DL + (0.6-(0.14 S _{DS})) SDL +/- 0.7 Ω _o EQX +/- 0.21 Ω _o EQY			
E = (0.6-(0.14 S _{DS})) DL + (0.6-(0.14 S _{DS})) SDL +/- 0.21 Ω _o EQX +/- 0.7 Ω _o EQY			



No.	Combination	Dead Load DL	Superimposed Dead Load SDL	Live Loads LL	Wind Loads WL	Seismic Load		Ket.
						EQX	EQY	
29	E 29	1.06	1.06	0.75	-	1.31	0.39	EGKLC
30	E 30	1.06	1.06	0.75	-	1.31	-0.39	
31	E 31	1.06	1.06	0.75	-	-1.31	0.39	
32	E 32	1.06	1.06	0.75	-	-1.31	-0.39	
33	E 33	1.06	1.06	0.75	-	0.39	1.31	
34	E 34	1.06	1.06	0.75	-	0.39	-1.31	
35	E 35	1.06	1.06	0.75	-	-0.39	1.31	
36	E 36	1.06	1.06	0.75	-	-0.39	-1.31	
37	E 37	1.08	1.08	-	-	1.75	0.53	
38	E 38	1.08	1.08	-	-	1.75	-0.53	
39	E 39	1.08	1.08	-	-	-1.75	0.53	
40	E 40	1.08	1.08	-	-	-1.75	-0.53	
41	E 41	1.08	1.08	-	-	0.53	1.75	
42	E 42	1.08	1.08	-	-	0.53	-1.75	
43	E 43	1.08	1.08	-	-	-0.53	1.75	
44	E 44	1.08	1.08	-	-	-0.53	-1.75	
45	E 45	0.52	0.52	-	-	1.75	0.53	EGKLT
46	E 46	0.52	0.52	-	-	1.75	-0.53	
47	E 47	0.52	0.52	-	-	-1.75	0.53	
48	E 48	0.52	0.52	-	-	-1.75	-0.53	
49	E 49	0.52	0.52	-	-	0.53	1.75	
50	E 50	0.52	0.52	-	-	0.53	-1.75	
51	E 51	0.52	0.52	-	-	-0.53	1.75	
52	E 52	0.52	0.52	-	-	-0.53	-1.75	

F. KRITERIA DESAIN & ANALISA DAYA DUKUNG PONDASI TIANG BOR

Kriteria desain sistem pondasi tiang bor dan pelat rakit pada perhitungan analisa adalah sebagai berikut :

- Pengaruh Beban Gravitasi (DL+SDL+LL+WL).
Angka Keamanan (FK/SF) = 2.50
Momen pada pondasi tiang bor < kapasitas M_{cr} pondasi tiang bor.
Defleksi lateral kepala pondasi tiang bor < 6.00 mm.
- Pengaruh Beban Gravitasi + Beban Gempa Nominal.
Angka Keamanan (FK/SF) = $2.50/1.3 = 1.90$
Momen pada pondasi tiang bor < kapasitas ϕM_n pondasi tiang bor.
Defleksi lateral kepala pondasi tiang bor < 12.50 mm.
- Pengaruh Beban Gravitasi + Beban Gempa Kuat (*Overstrength*).
Angka Keamanan (FK/SF) = $2.50/1.56 = 1.60$
Momen pada pondasi tiang bor < kapasitas M_n pondasi tiang bor.
Defleksi lateral kepala pondasi tiang bor < 25.00 mm.

Analisa daya dukung izin pondasi tiang bor dia. 1,500 mm dengan panjang efektif 35,000 mm digunakan perangkat lunak komputer ALLPILE dengan hasil sebagai berikut :

- Daya dukung izin tekan pondasi tiang bor : 900 Ton.
- Daya dukung izin tarik pondasi tiang bor : 270 Ton.

Hasil perhitungan/output analisis ALLPILE terlampir pada lampiran – 1

G. ANALISA DISTRIBUSI BEBAN PADA MASING-MASING PONDASI TIANG BOR.

- Akibat Pengaruh Beban Gravitasi (DL+SDL+LL+WL)

Beban dari struktur atas yang bekerja :						
Berat beban struktur menara akibat beban kerja (arah gravitasi/vertikal), Wc (Beban kerja = DL+SDL+LL)	Wc =	4,400.90	Ton			
Berat beban dari sistem struktur core-wall, Ws	Ws =	2,218.22	Ton			
Berat pondasi pelat rakit tebal : 2,300 mm, Wp	Wp =	794.88	Ton			
Berat beban total, Vt = Wc + Wp	Vt =	5,195.78	Ton			
Tinggi menara Turyapada dari elevasi +0.00 sampai elevasi struktur beton paling atas, h	h =	104.00	m			
Beban lateral yang bekerja akibat angin, Vw	Hd =	110.21	Ton			
Momen akibat pembebanan angin, Mw Mw = (Vw x 2/3 h) - (0.5 x lebar pilecap x Wp)	Me =	2,871.98	Ton-m			
Desain Pondasi Tiang Bor :						
Jumlah pondasi tiang bor	n =	9.00	tiang			
Diameter pondasi tiang bor, Dp	Dp =	1,500.00	mm			
Distribusi Beban Pada Masing-Masing Pondasi Tiang Bor						
	Koordinat pondasi tiang bor :				Beban yg bekerja pada pondasi tiang bor (Ton)	
		X (m)	Y (m)	X ² (m ²)	Y ² (m ²)	
	P1	-4.50	4.50	20.25	20.25	577.31
	P2	0.00	4.50	0.00	20.25	683.68
	P3	4.50	4.50	20.25	20.25	790.05
	P4	-4.50	0.00	20.25	0.00	470.94
	P5	0.00	0.00	0.00	0.00	577.31
	P6	4.50	0.00	20.25	0.00	683.68
	P7	-4.50	-4.50	20.25	20.25	364.57
	P8	0.00	-4.50	0.00	20.25	470.94
P9	4.50	-4.50	20.25	20.25	577.31	
			Kumulatif	121.50	121.50	

Rasio maksimum pondasi tiang bor dia. 1,500 mm dengan panjang efektif 35,000 mm akibat pengaruh beban gravitasi adalah $790 / 900 = 0.87$ dan rasio minimum pondasi tiang bor dia. 1,500 mm dengan panjang efektif 35,000 mm akibat pengaruh beban gravitasi $364.57/900 = 0.43$. Tidak ada gaya tarik pada pondasi tiang bor akibat pengaruh beban gravitasi.

- Akibat Pengaruh Beban Gravitasi (DL+SDL+LL+WL)+Gempa Nominal

Beban dari struktur atas yang bekerja :

Berat beban struktur menara akibat beban kerja (arah gravitasi/vertikal), Wc (Beban kerja = DL+SDL+LL)	Wc =	4,400.90	Ton
Berat beban dari sistem struktur core-wall, Ws	Ws =	2,218.22	Ton
Berat pondasi pelat rakit tebal : 2,300 mm, Wp	Wp =	794.88	Ton
Berat beban total, Vt = Wc + Wp	Vt =	5,195.78	Ton
Tinggi menara Turyapada dari elevasi -2.00 sampai elevasi struktur beton paling atas, h	h =	108.30	m
Koefisien Respon Dinamik, Cs (Tanah Batuan Keras, SA)	Cs =	0.06	
Beban lateral yang bekerja akibat gempa rencana, Hd = Cs x Wc x 1.3 Nilai 1.3 adalah faktor redundansi (SNI 1726-2019)	Hd =	405.27	Ton
Momen akibat pembebanan gempa rencana, Me Me = (J x Hd x 2/3 h) - (0.5 x lebar pilecap x Wp)	Me =	2,475.05	Ton-m
Faktor reduksi terhadap Momen Guling akibat gempa (Wolfgang Schuller, 1976)			
	$J = \frac{0.5}{T^{2/3}}$	T = 2.87 detik	J = 0.25
Desain Pondasi Tiang Bor :			
Jumlah pondasi tiang bor	n =	9.00	tiang
Diameter pondasi tiang bor, Dp	Dp =	1,500.00	mm


Distribusi Beban Pada Masing-Masing Pondasi Tiang Bor



Koordinat pondasi tiang bor :					Beban yg bekerja pada pondasi tiang bor (Ton)
	X (m)	Y (m)	X ² (m ²)	Y ² (m ²)	
P1	-4.50	4.50	20.25	20.25	577.31
P2	0.00	4.50	0.00	20.25	668.98
P3	4.50	4.50	20.25	20.25	760.65
P4	-4.50	0.00	20.25	0.00	485.64
P5	0.00	0.00	0.00	0.00	577.31
P6	4.50	0.00	20.25	0.00	668.98
P7	-4.50	-4.50	20.25	20.25	393.97
P8	0.00	-4.50	0.00	20.25	485.64
P9	4.50	-4.50	20.25	20.25	577.31
			Kumulatif	121.50	121.50

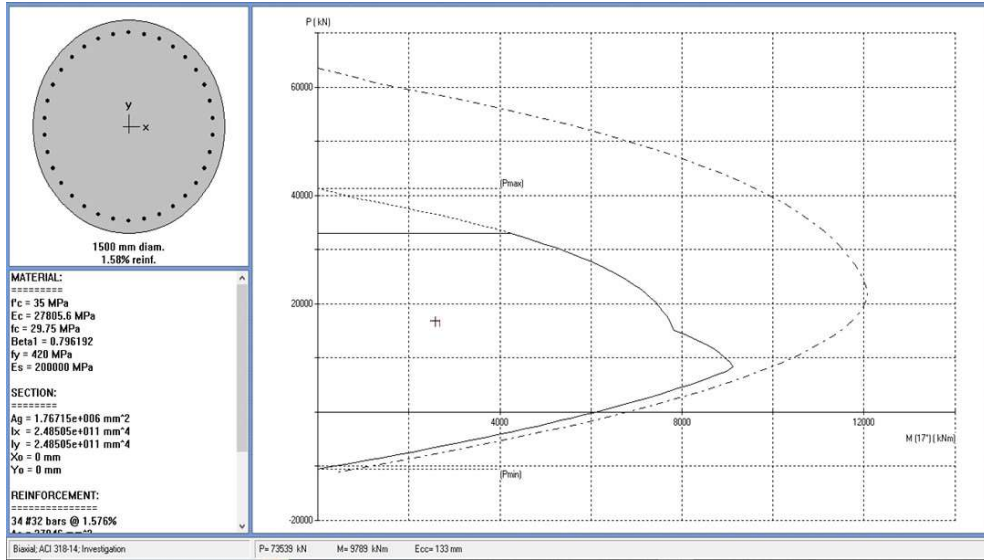
Rasio maksimum pondasi tiang bor dia. 1,500 mm dengan panjang efektif 35,000 mm akibat pengaruh beban gravitasi+gempa nominal adalah $761 / (1.3 \times 900) = 0.65$ dan rasio minimum pondasi tiang bor dia. 1,500 mm dengan panjang efektif 35,000 mm akibat pengaruh beban gravitasi $394 / (1.3 \times 900) = 0.34$. Tidak ada gaya tarik pada pondasi tiang bor akibat pengaruh beban gravitasi+gempa nominal/rencana.

- Akibat Pengaruh Beban Gravitasi (DL+SDL+LL+WL)+Gempa Kuat

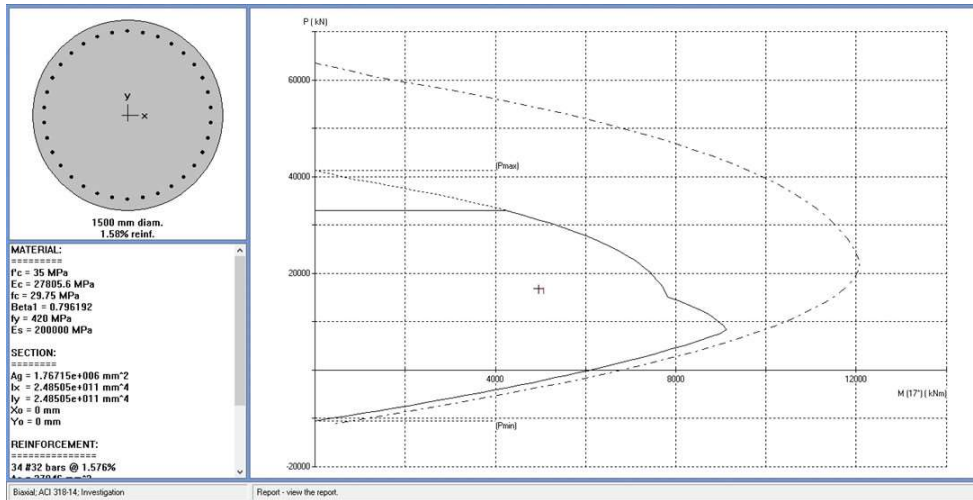
Beban dari struktur atas yang bekerja :						
Berat beban struktur menara akibat beban kerja (arah gravitasi/vertikal), Wc (Beban kerja = DL+SDL+LL)		Wc =	4,400.90 Ton			
Berat beban dari sistem struktur core-wall, Ws		Ws =	2,218.22 Ton			
Berat pondasi pelat rakit tebal : 2,300 mm, Wp		Wp =	794.88 Ton			
Berat beban total, Vt = Wc + Wp		Vt =	5,195.78 Ton			
Tinggi menara Turyapada dari elevasi -2.00 sampai elevasi struktur beton paling atas, h		h =	108.30 m			
Koefisien Respon Dinamik, Cs (Tanah Batuan Keras, SA)		Cs =	0.06			
Beban lateral yang bekerja akibat gempa rencana, Hd = Cs x Wc x 2.5 Nilai 2.5 adalah faktor overstrength Sistem Ganda (SNI 1726-2019)		Hd =	779.37 Ton			
Momen akibat pembebanan gempa rencana, Me Me = (J x Hd x 2/3 h) - (0.5 x lebar pilecap x Wp)		Me =	9,162.12 Ton-m			
Faktor reduksi terhadap Momen Guling akibat gempa (Wolfgang Schuller, 1976)	$J = \frac{0.5}{T^{2/3}}$	T = 2.87 detik J = 0.25				
Desain Pondasi Tiang Bor :						
Jumlah pondasi tiang bor		n =	9.00 tiang			
Diameter pondasi tiang bor, Dp		Dp =	1,500.00 mm			
Distribusi Beban Pada Masing-Masing Pondasi Tiang Bor						
	Koordinat pondasi tiang bor :				Beban yg bekerja pada pondasi tiang bor (Ton)	
		X (m)	Y (m)	X ² (m ²)	Y ² (m ²)	
	P1	-4.50	4.50	20.25	20.25	577.31
	P2	0.00	4.50	0.00	20.25	916.65
	P3	4.50	4.50	20.25	20.25	1,255.98
	P4	-4.50	0.00	20.25	0.00	237.97
	P5	0.00	0.00	0.00	0.00	577.31
	P6	4.50	0.00	20.25	0.00	916.65
	P7	-4.50	-4.50	20.25	20.25	-101.37
	P8	0.00	-4.50	0.00	20.25	237.97
P9	4.50	-4.50	20.25	20.25	577.31	
			Kumulatif	121.50	121.50	

Rasio maksimum pondasi tiang bor dia. 1,500 mm dengan panjang efektif 35,000 mm akibat pengaruh beban gravitasi+gempa kuat/*overstrength* adalah $1,256 / (1.56 \times 900) = 0.89$ dan rasio minimum pondasi tiang bor dia. 1,500 mm dengan panjang efektif 35,000 mm akibat pengaruh beban gravitasi $238 / (1.56 \times 900) = 0.17$. **Ada gaya tarik pada pondasi tiang bor akibat pengaruh beban gravitasi+gempa kuat/*overstrength* sebesar 102 ton. Gaya tarik tersebut masih dibawah kapasitas izin tarik pondasi tiang bor dia. 1,500 mm yaitu 270 ton.**

Pengaruh Beban Gravitasi+Gempa Nominal



Pengaruh Beban Gravitasi+Gempa Kuat/*Overstrength*



Panjang penyaluran tulangan pondasi tiang bor tidak melebihi ketebalan dari pilecap :

Spasi dan selimut	Batang D19 dan yang lebih kecil dan kawat uir	Batang D22 dan yang lebih besar
Spasi bersih batang atau kawat yang disalurkan atau disambung lewatkan tidak kurang dari d_b , selimut beton paling sedikit d_b , dan sengkang atau sengkang ikat sepanjang ℓ_d tidak kurang dari standar minimum atau spasi bersih batang atau kawat yang disalurkan atau disambung lewatkan paling sedikit $2d_b$ dan selimut beton paling sedikit d_b	$\left(\frac{f_y \Psi_1 \Psi_2}{2.1\lambda \sqrt{f_c'}} \right) d_b$	$\left(\frac{f_y \Psi_1 \Psi_2}{1.7\lambda \sqrt{f_c'}} \right) d_b$
Kasus-kasus lainnya	$\left(\frac{f_y \Psi_1 \Psi_2}{1.4\lambda \sqrt{f_c'}} \right) d_b$	$\left(\frac{f_y \Psi_1 \Psi_2}{1.1\lambda \sqrt{f_c'}} \right) d_b$

Tul. Longitudinal : 34 D 32
Tul. Transversal : D13-100/200

Ld =	2065.25 mm
fy =	420 Mpa
ψ_t =	1
ψ_e =	1
fc =	35 Mpa
db =	32 mm
λ =	1

Panjang penyaluran yang dibutuhkan 2,100 mm < ketebalan pilecap : 2,300 mm

Sistem pondasi tiang bor dia. 1,500 mm & panjang efektif 35,000 mm dengan pelat rakit (*Pile-Raft Foundation*) pada dinding inti Menara Turyapada sudah memenuhi kriteria desain secara teknis akibat pengaruh beban gravitasi, pengaruh beban gravitasi+gempa nominal, dan pengaruh beban gravitasi+gempa kuat/*overstrength*.

H. ANALISA PENGARUH BALON TEGANGAN (*STRESS BULB*) AKIBAT BEBAN YANG BEKERJA.

Hasil analisa pengaruh beban yang bekerja dari struktur atas terhadap sistem pondasi tiang bor dia. 1,500 mm panjang efektif 35,000 mm + pelat rakit (12,000 mm x 12,000 mm x 2,300 mm) yaitu pengaruh distribusi balon tegangan (*Stress Bulb*) hanya disekitar lokasi pondasi Menara Turyapada sehingga tidak mempengaruhi lokasi di luar area Menara Turyapada. Hasil analisa pengaruh balon tegangan digunakan perangkat lunak PLAXIS 3D dan terlampir pada lampiran-2.

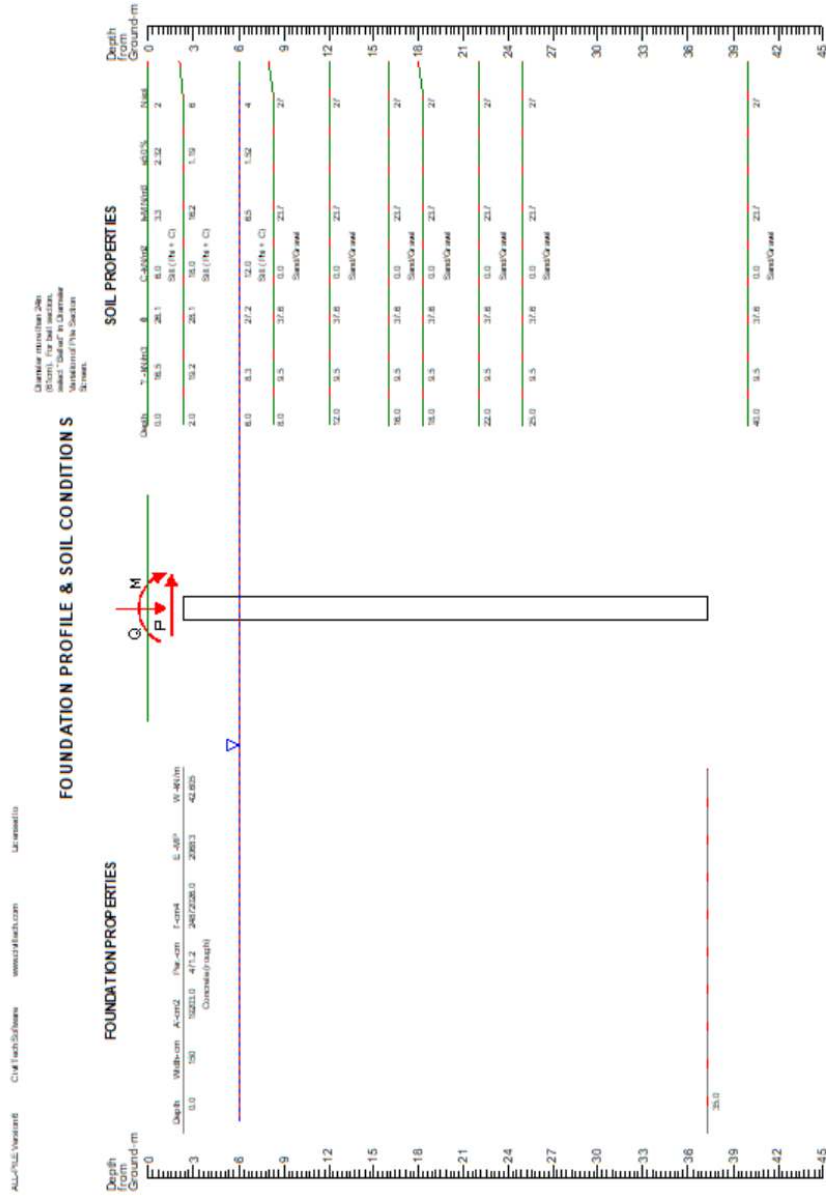
LAMPIRAN-1

BORPILE

(DIAMETER 1500MM, PANJANG EFEKTIF 35M)

TOWER TURYPADA

PROFILE

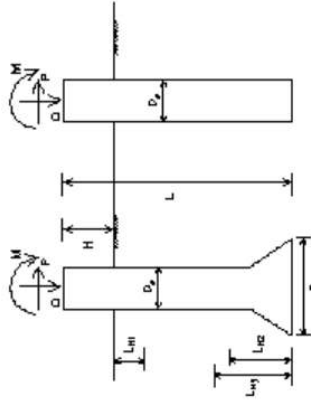


VERTICAL CAPACITY

VERTICAL ANALYSIS

Figure 1

Loads:
 Load Factor for Vertical Loads= 1.0
 Load Factor for Lateral Loads= 1.0
 Loads Supported by Pile Cap= 0 %
 Shear Condition: Cyclic
 Number of Cycles: 2
 Vertical Load, Q= 8000.0 kN
 Shear Load, P= 0.0 kN
 Moment, M= 0.0 kN-m



Profile:
 Pile Length, L= 35.0 m
 Top Height, H= 2.3 m
 Slope Angle, $\Delta\theta=0$
 Batter Angle, $\Delta\theta=0$

Noncontributing Zone, $L_{n1}=L_{n2}=L_{n3}=0$.

DRILLED SHEFT (dia > 24 in. or 61 cm)
 BELLED STRAIGHT

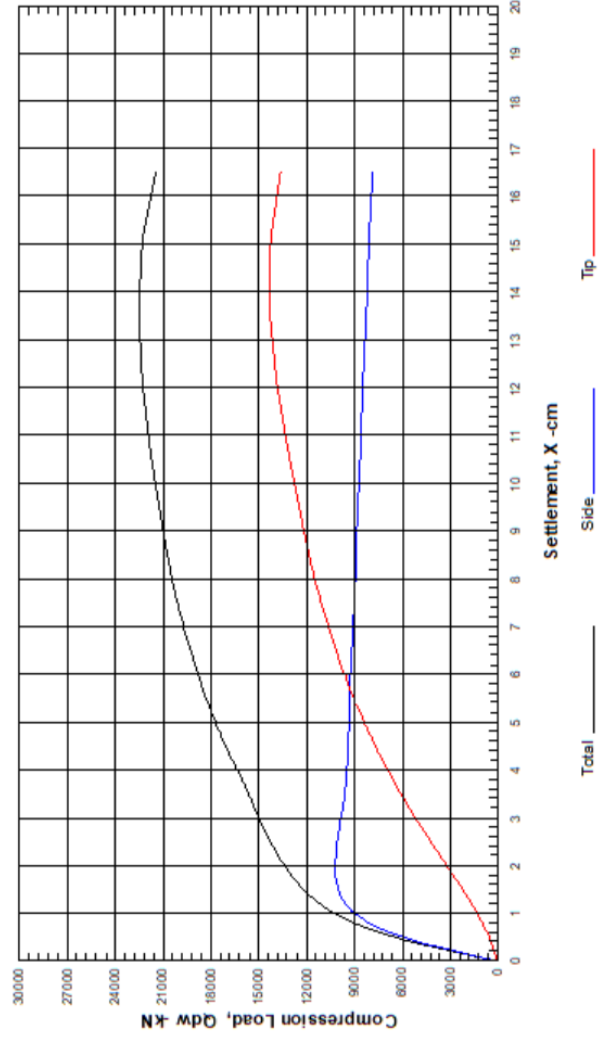
Soil Data:				Pile Data:			
Depth m	Gamma kN/m ³	P _{hi}	C	K	e50 or Dr %	Area cm ²	Weight kN/m
0.000	16.5	28.1	6.0	3.3	2.32	19203.0	42.605
2	19.2	28.1	18.0	16.2	1.19	471.2	20680
6	8.3	27.2	12.0	6.5	1.52	24872026.0	20680
8	9.5	37.6	0.0	23.7	82.61		
12	9.5	37.6	0.0	23.7	82.61		
16	9.5	37.6	0.0	23.7	82.61		
18	9.5	37.6	0.0	23.7	82.61		
22	9.5	37.6	0.0	23.7	82.61		
25	9.5	37.6	0.0	23.7	82.61		
40	9.5	37.6	0.0	23.7	82.61		

Vertical capacity:
 Weight above Ground= 0.00 Total Weight= 949.34 kN *Soil Weight is not included
 Side Resistance (Down)= 10209.026 kN Side Resistance (Up)= 6018.516 kN
 Tip Resistance (Down)= 12325.452 kN Tip Resistance (Up)= 0.000 kN
 Total Ultimate Capacity (Down)= 22534.479 kN Total Ultimate Capacity (Up)= 6987.851 kN
 Total Allowable Capacity (Down)= 9013.791 kN Total Allowable Capacity (Up)= 2787.140 kN
 OK! Qallow > Q

Settlement Calculation:
 At Q= 8000.00 kN Settlement= 0.68013 cm
 At Xflow= 1.20 cm Qallow= 11194.70696 kN

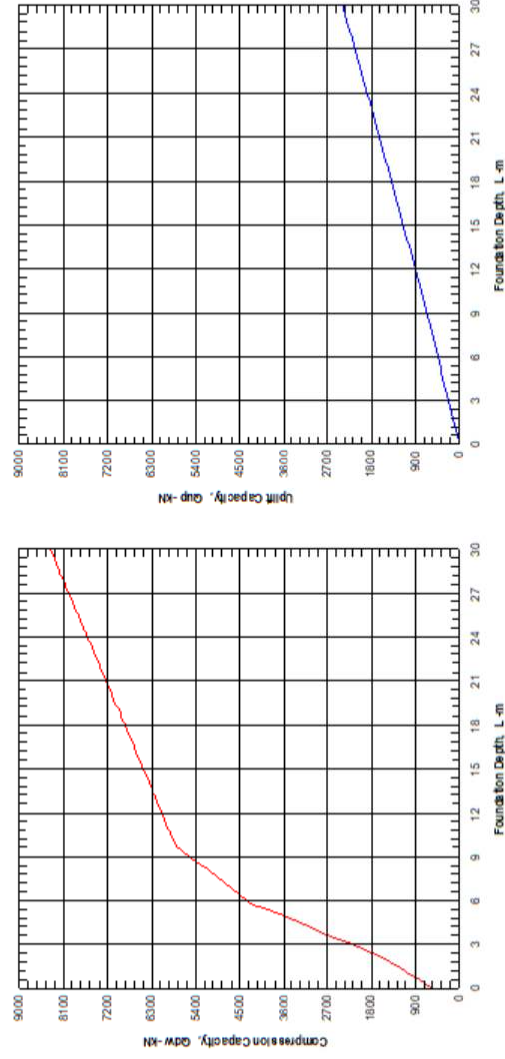
VERTICAL LOAD & SETTLEMENT

Vertical Load vs. Settlement



VERTICAL CAPACITY & DEPTH

ALLOWABLE CAPACITY vs FOUNDATION DEPTH



LATERAL CAPACITY

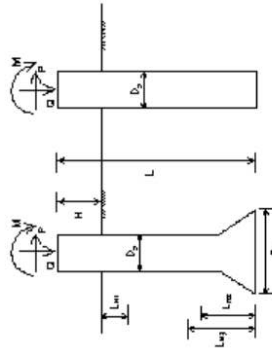
LATERAL ANALYSIS

5.0

Loads:
 Load Factor for Vertical Loads= 1.0
 Load Factor for Lateral Loads= 1.0
 Loads Supported by Pile Cap= 0 %
 Shear Condition: Cyclic
 Number of Cycles: 2
 Vertical Load, $Q_v = 8000.0$ -kN
 Shear Load, $P_s = 7000.0$ -kN
 Moment, $M = 0.0$ -kN-m

Profile:
 Pile Length, $L = 35.0$ -m
 Top Height, $H = -2.3$ -m
 Slope Angle, $\alpha = 0$
 Batter Angle, $\beta = 0$

Noncontributing Zone, $L_{n1} = L_{n2} = L_{n3} = 0$.



Drilled Shaft (dia > 24 in. or 61 cm)

Soil Data:		Pile Data:											
Depth -m	Gamma -kN/m ³	Phi -deg	K -MN/m ²	e50 or Dr -%	Nspt	Depth -m	Width -cm	Area -cm ²	Per -cm	I -cm ⁴	E -MP	Weight -kN/m	
0.000	18.5	28.1	6.0	3.3	2.32	2	0.0	150	15203.0	471.2	24672028.0	20383	42.606
2	19.2	28.1	18.0	16.2	1.19	6							
6	8.3	27.2	12.0	6.5	1.52	4							
8	9.5	37.6	0.0	23.7	62.61	27							
12	9.5	37.6	0.0	23.7	62.61	27							
16	9.5	37.6	0.0	23.7	62.61	27							
18	9.5	37.6	0.0	23.7	62.61	27							
22	9.5	37.6	0.0	23.7	62.61	27							
25	9.5	37.6	0.0	23.7	62.61	27							
40	9.5	37.6	0.0	23.7	62.61	27							

Single Pile Lateral Analysis:

Top Deflection, $y_t = 1.02000$ -cm

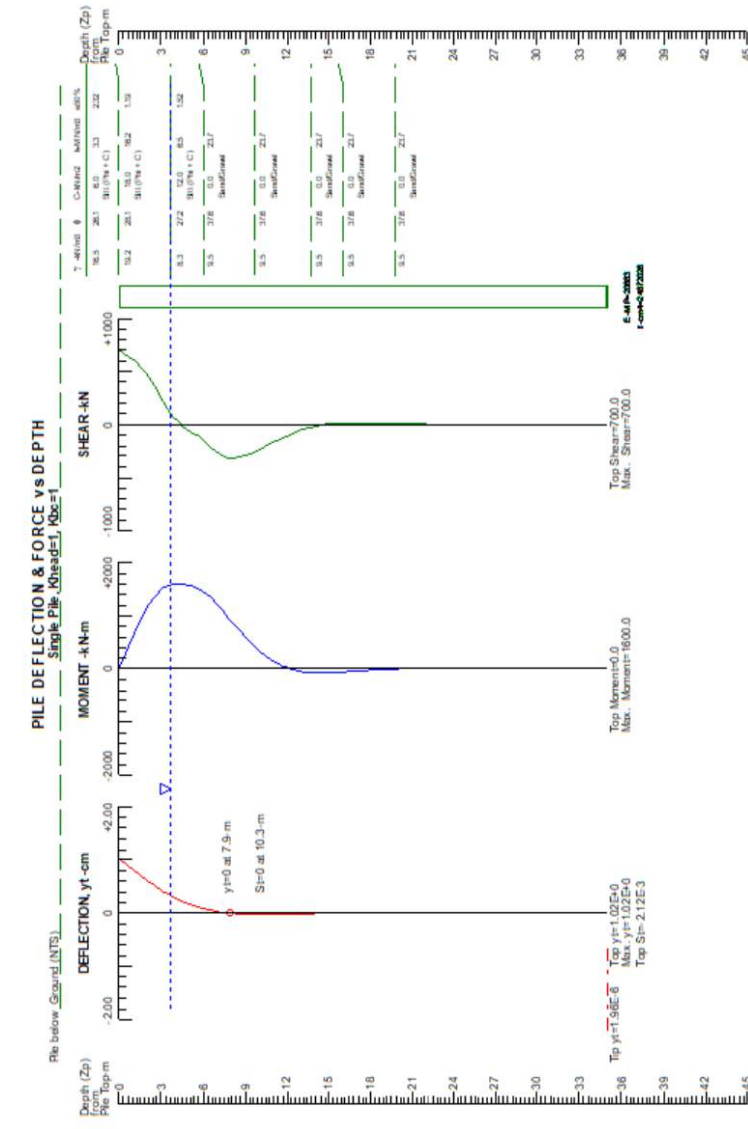
Max. Moment, $M = 1600.00$ -kN-m

Top Deflection Slope, $SE = -0.00212$

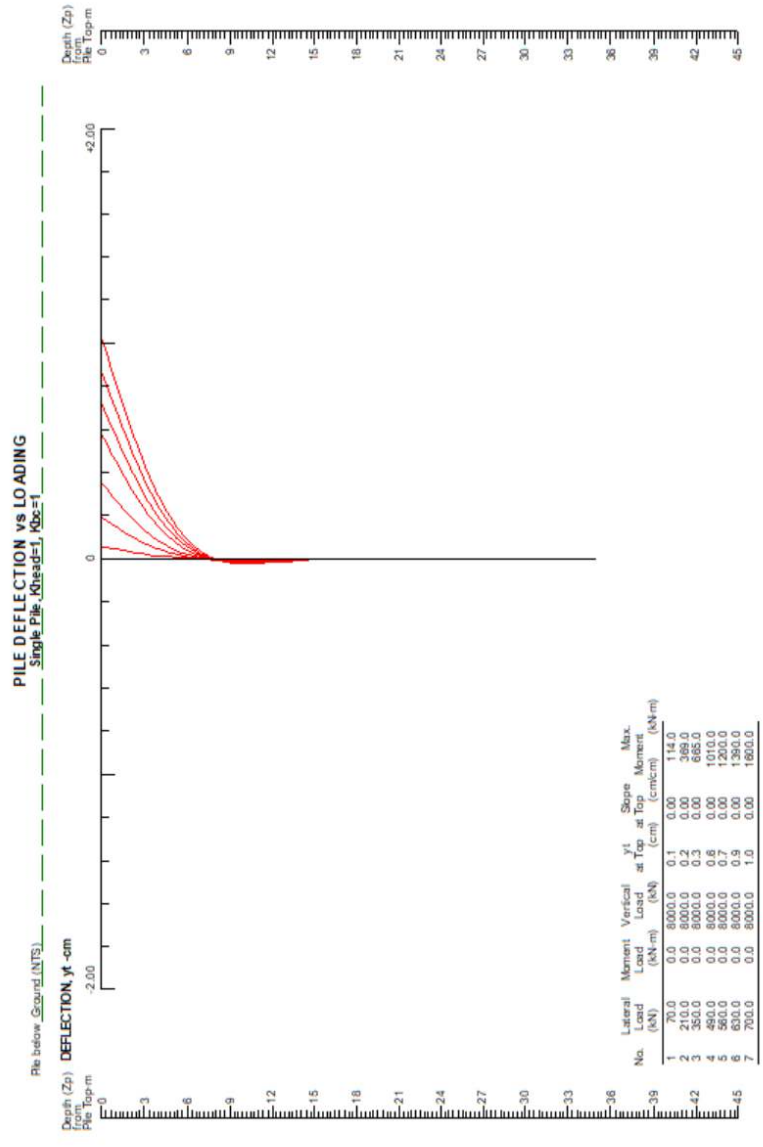
OK! Top Deflection, 1.0200-cm is less than the Allowable Deflection= 1.20-cm

Note: If program can't find result for the result exceeds the up limits. The result shows 9895. The Max. Moment calculated by program is an internal force from the applied load conditions. Structural engineer has to check whether the pile has enough capacity to resist the moment with adequate factor of safety. If not, the pile may fail under the load conditions.

PILE DEFLECTION & DEPTH

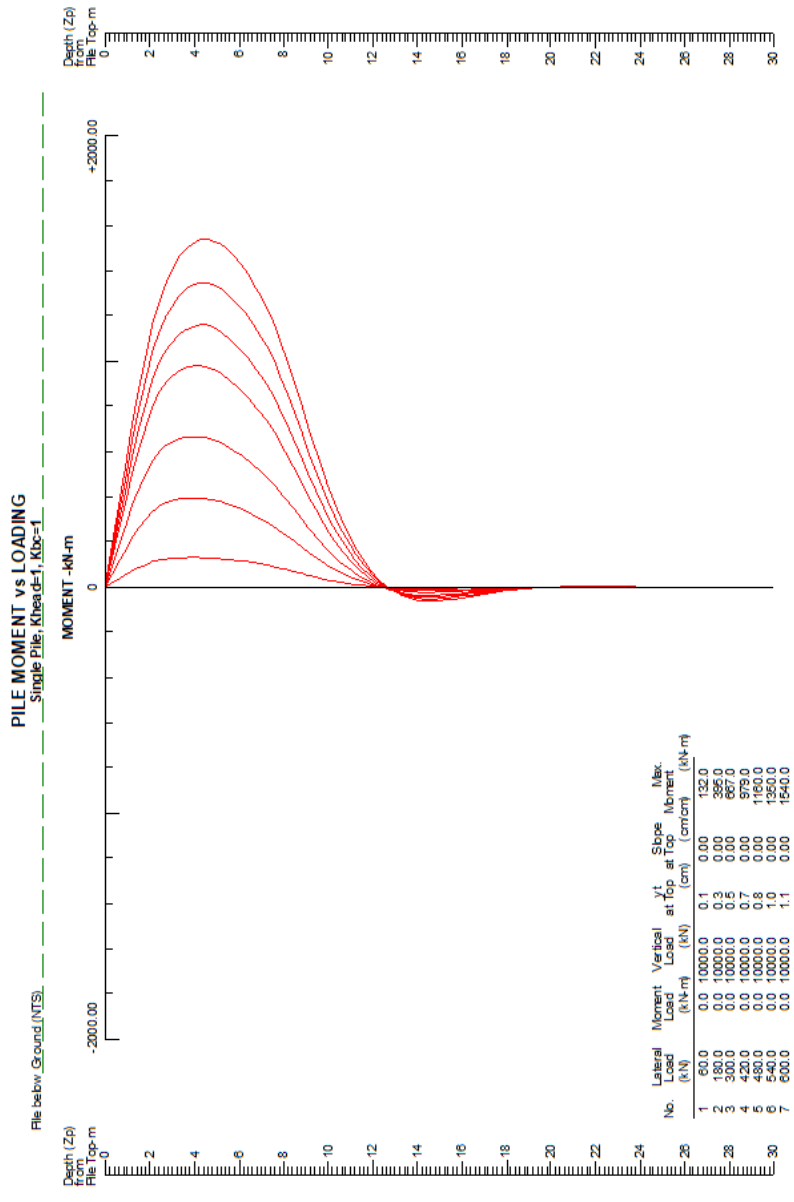


PILE DEFLECTION & LOADING



TOWER TURYPADA
Borpile 150cm no-bell

PILE MOMENT & LOADING

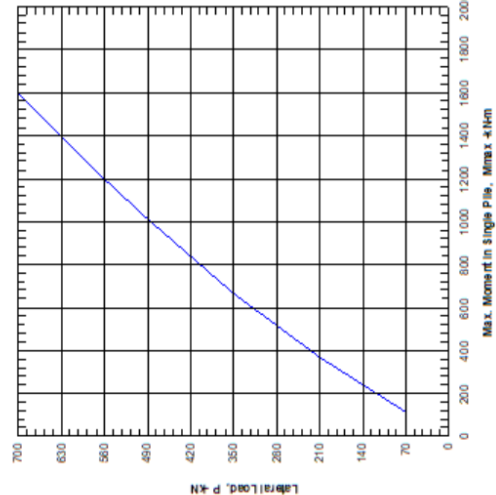
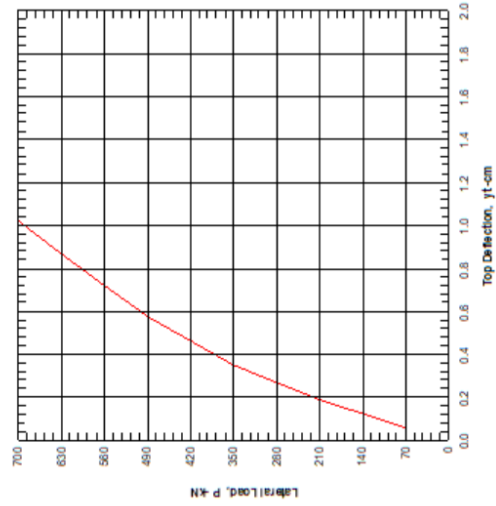


**CivilTech
Software**

TOWER TURYPADA
Borpile 150cm no-bell

LATERAL LOAD & DEFLECTION & MOMENT

LATERAL LOAD vs DEFLECTION & MAX. MOMENT



LAMPIRAN 2
PROSES *INPUT*, KALKULASI, DAN *OUTPUT* PLAXIS

Input parameter pondasi bore pile PLAXIS

No	Parameter	Simbol	Nilai	Satuan
1	Model material	-	<i>Linear elastic</i>	-
2	Jenis perilaku	-	<i>Drained</i>	-
3	Berat volume <i>unsaturated</i>	γ_{unsat}	24	kN/m ³
4	Berat volume <i>saturated</i>	γ_{sat}	24	kN/m ³
5	Permeabilitas arah horizontal	K_x	0	m/day
6	Permeabilitas arah vertikal	K_y	0	m/day
7	<i>Modulus young</i>	E	27.805.574,9	kN/m ²
8	<i>Poisson ratio</i>	ν	0,15	-
9	Faktor reduksi kuat geser antar muka	R_{inter}	0	-

Tahap konstruksi pada PLAXIS calculation

<i>Phase no.</i>	<i>Identification</i>	<i>Start from</i>	<i>Calculation type</i>	<i>Control parameters</i>	<i>Loading input</i>
0	<i>Initial phase</i>	0	-	-	<i>N/A</i>
1	<i>Piling</i>	0	<i>Plastic</i>	-	<i>Stage construction</i>
2	<i>P=-4.812,46</i>	1	<i>Plastic</i>	<i>Reset displacement to zero</i>	<i>Stage construction</i>
3	<i>SF</i>	2	<i>Phi/c reduction</i>	-	<i>Incremental multipliers</i>

Table *output* tegangan vertikal efektif pada pondasi tiang dengan beban 867 ton

X	Kedalaman (L)	Tegangan vertikal efektif (σ' - yy)	Beban	
			kN	Ton
m	m	kN/m ²		
0.36	0.00	-4841.447	8551.21	872.22
0.36	-0.73	-4763.075	8412.78	858.10
0.36	-0.73	-4756.4969	8401.16	856.92
0.36	-1.50	-4678.0341	8262.58	842.78
0.36	-1.50	-4681.4453	8268.60	843.40
0.36	-2.11	-4631.2224	8179.90	834.35
0.36	-2.11	-4630.2039	8178.10	834.17
0.36	-2.75	-4576.8949	8083.94	824.56
0.36	-3.39	-4515.292	7975.13	813.46
0.36	-3.39	-4516.2665	7976.86	813.64
0.36	-4.00	-4455.1942	7868.99	802.64
0.36	-4.00	-4453.2194	7865.50	802.28
0.36	-4.97	-4354.638	7691.38	784.52
0.36	-4.97	-4354.4843	7691.11	784.49
0.36	-6.00	-4253.4543	7512.66	766.29
0.36	-6.00	-4248.9143	7504.64	765.47
0.36	-6.73	-4194.6739	7408.84	755.70
0.36	-6.73	-4198.7966	7416.12	756.44
0.36	-7.50	-4082.2777	7210.32	735.45
0.36	-8.27	-3953.5928	6983.03	712.27
0.36	-8.27	-3952.2144	6980.60	712.02
0.36	-9.00	-3851.1096	6802.02	693.81
0.36	-9.00	-3848.9259	6798.17	693.41
0.36	-9.66	-3775.5983	6668.65	680.20
0.36	-9.66	-3774.3805	6666.50	679.98
0.36	-10.38	-3617.871	6390.06	651.79
0.36	-11.09	-3469.0428	6127.20	624.97
0.36	-11.09	-3469.3746	6127.78	625.03
0.36	-11.75	-3377.4943	5965.50	608.48
0.36	-11.75	-3369.226	5950.90	606.99
0.36	-12.41	-3262.4969	5762.39	587.76
0.36	-12.41	-3264.3256	5765.62	588.09
0.36	-13.09	-3152.7317	5568.51	567.99
0.36	-13.76	-3034.376	5359.47	546.67
0.36	-13.76	-3036.5936	5363.38	547.07
0.36	-14.42	-2921.1415	5159.47	526.27

0.36	-14.42	-2919.0714	5155.81	525.89
0.36	-15.08	-2791.4765	4930.45	502.91
0.36	-15.08	-2791.1606	4929.89	502.85
0.36	-15.72	-2650.9879	4682.31	477.60
0.36	-16.35	-2507.4462	4428.78	451.74
0.36	-16.35	-2507.5217	4428.91	451.75
0.36	-17.02	-2369.6802	4185.45	426.92
0.36	-17.02	-2369.0408	4184.32	426.80
0.36	-17.68	-2239.6843	3955.84	403.50
0.36	-17.68	-2239.3134	3955.19	403.43
0.36	-18.88	-2037.5245	3598.78	367.08
0.36	-18.88	-2038.0166	3599.65	367.16
0.36	-19.54	-1944.905	3435.19	350.39
0.36	-19.54	-1944.6563	3434.75	350.34
0.36	-20.67	-1804.5703	3187.32	325.11
0.36	-20.67	-1804.7769	3187.69	325.14
0.36	-21.33	-1730.9464	3057.28	311.84
0.36	-21.33	-1730.7378	3056.92	311.81
0.36	-22.40	-1625.6046	2871.22	292.86
0.36	-22.40	-1625.6627	2871.33	292.88
0.36	-23.06	-1565.2162	2764.56	281.99
0.36	-23.06	-1565.3247	2764.75	282.00
0.36	-23.73	-1510.2404	2667.46	272.08
0.36	-23.73	-1510.1285	2667.26	272.06
0.36	-24.73	-1434.1389	2533.05	258.37
0.36	-24.73	-1434.1933	2533.14	258.38
0.36	-25.40	-1388.0302	2451.61	250.06
0.36	-25.40	-1388.1062	2451.74	250.08
0.36	-26.06	-1345.5729	2376.62	242.42
0.36	-26.06	-1345.5155	2376.52	242.40
0.36	-27.01	-1288.9166	2276.55	232.21
0.36	-27.01	-1288.9544	2276.62	232.21
0.36	-27.67	-1252.5738	2212.36	225.66
0.36	-27.67	-1252.5563	2212.33	225.66
0.36	-28.57	-1206.3991	2130.80	217.34
0.36	-28.57	-1206.4227	2130.84	217.35
0.36	-29.23	-1174.2815	2074.07	211.56
0.36	-29.23	-1174.2631	2074.04	211.55
0.36	-30.08	-1135.0314	2004.75	204.48
0.36	-30.08	-1135.034	2004.75	204.48
0.36	-30.74	-1105.1067	1951.89	199.09
0.36	-30.74	-1105.132	1951.94	199.10
0.36	-31.54	-1069.1905	1888.46	192.62

0.36	-31.54	-1069.1974	1888.47	192.62
0.36	-32.21	-1038.7374	1834.67	187.14
0.36	-32.21	-1038.2103	1833.74	187.04
0.36	-32.87	-1006.1222	1777.06	181.26
0.36	-32.87	-1006.2987	1777.38	181.29
0.36	-33.62	-964.84222	1704.15	173.82
0.36	-33.62	-970.37275	1713.92	174.82
0.36	-34.34	-851.18362	1503.40	153.35
0.36	-34.34	-826.97469	1460.64	148.99
0.36	-35.00	-639.556	1129.62	115.22