



TUGAS AKHIR – RC184803

**ANALISA DAYA DUKUNG TIANG PANCANG YANG
MENGALAMI PERGESERAN DAN PENYEBABNYA
PADA PONDASI APARTEMEN PUNCAK MERR
SURABAYA**

NABILAH RAHMANITA ISTIARY
NRP. 03111745000018

Dosen Pembimbing I
Prof. Ir. Indrasurya B. Mochtar, M.Sc., Ph.D.

Dosen Pembimbing II
Putu Tantri Kumalasari, ST, MT

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2019

**ANALISA DAYA DUKUNG TIANG PANCANG YANG
MENGALAMI PERGESERAN DAN PENYEBABNYA
PADA PONDASI APARTEMEN PUNCAK MERR
SURABAYA**

TUGAS AKHIR

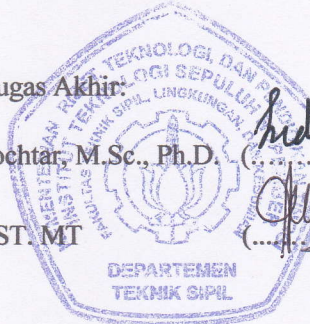
Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Lintas Jalur Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Nabilah Rahmanita Istiary
NRP. 03111745000018

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir.

1. Prof. Ir. Indrasurya B. Mochtar, M.Sc., Ph.D.
2. Putu Tantri Kumalasari, ST, MT



**SURABAYA,
AGUSTUS 2019**

ANALISA DAYA DUKUNG TIANG PANCANG YANG MENGALAMI PERGESERAN DAN PENYEBABNYA PADA PONDASI APARTEMEN PUNCAK MERR SURABAYA

Nama Mahasiswa : Nabilah Rahmanita Istiary
NRP : 03111745000018
Jurusan : Teknik Sipil FTSLK-ITS
Dosen Konsultasi : 1. Prof. Ir. Indrasurya B. M, M.Sc., Ph.D.
2. Putu Tantri Kumalasari, ST, MT

Abstrak

Apartemen Puncak MERR merupakan struktur bangunan tinggi yang terdiri dari 2 tower, tower A dan tower B. Keduanya sama-sama terdiri dari 40 lantai. Lantai 1 sampai 7 berfungsi sebagai lahan parkir dan lobby, sedangkan lantai 8 sampai 40 berfungsi sebagai hunian. Perencanaan struktur atas bangunan gedung ini menggunakan sistem Struktur Rangka Pemikul Momen, yakni berupa balok dan kolom yang terbuat dari struktur beton bertulang. Sedangkan untuk perencanaan bangunan bawah, apartemen ini menggunakan tiang pancang tipe spun pile sebagai pondasi

Pondasi adalah bagian dari struktur bawah bangunan yang dirancang agar mampu memikul beban rencana dari bangunan di atasnya dan menyalurkan beban-beban tersebut kedalam tanah. Pelaksanaan pondasi dalam seharusnya tidak menyebabkan terjadinya pergeseran koordinat tiang pancang rencana. Hal itu pula yang menjadi perhatian pada pembangunan Apartemen Puncak MERR.

Pelaksanaan pondasi Apartemen Puncak MERR Surabaya sebenarnya sudah sesuai rencana. Saat konstruksi bangunan bawah, yang lebih dahulu diselesaikan adalah pemancangan tiang

spun pile pada tower A, kemudian dilanjutkan pada tower B. Pada saat spun pile tower A telah terpasang secara keseluruhan, tiang grup P100 tower A melakukan galian untuk konstruksi pilecap sedalam 4,15 meter, sedangkan tower B mulai pemancangan. Hanya saja saat konstruksi tiang spun pile di tower B, ternyata timbul pergeseran koordinat pemancangan tiang grup P100 di tower A.

Setelah dilakukan analisa terhadap penyebab pergeseran tiang pancang adalah kelebihan air pori pada saat pemancangan. Sedangkan menurut hasil analisa, 40 dari 100 tiang spunpile diameter 600 mm pada P100 Sektor 5 tidak dapat digunakan untuk memikul beban rencana. Hal ini diperkuat dengan hasil tes PIT dan cek kemiringan tiang yang dilakukan di lapangan. Sementara berdasarkan perhitungan daya dukung, 60 spunpile diameter 600 mm tersisa tidak dapat digunakan untuk memikul beban rencana. Sehingga diperlukan tambahan sebanyak 35 bor pile diameter 800 mm untuk memikul keseluruhan beban rencana.

Kata kunci: *Daya dukung, pergeseran pondasi, perkuatan pondasi, spun pile*

BEARING CAPACITY ANALYSIS AND CAUSES OF DEEP FOUNDATION WHICH EXPERIENCES SHIFT AT PUNCAK MERR APARTMENT SURABAYA

Student name : Nabilah Rahmanita Istiary
NRP : 03111745000018
Department : Teknik Sipil FTSLK-ITS
Supervisor : 1. Prof. Ir. Indrasurya B. M, M.Sc., Ph.D.
2. Putu Tantri Kumalasari, ST, MT

Abstract

The Puncak MERR Apartment is a high rise building consisting of 2 towers, tower A and tower B. Both of them consist of 40 floors. Floors 1 to 7 function as a parking lots and lobbies, while the 8th to 40th function as residential areas. The upper structure of this building is designed as a Moment Resisting Frame System, which beams and columns made of reinforced concrete. As for the lower structure this apartment uses spun piles as a foundation.

Foundation is part of the lower structure of the building that is designed to be able to carry the designed load from above and channel it to the ground. The installing method of the deep foundation should not cause any shift of the designed pile coordinate. It was also a concern of the pile construction in Puncak MERR Apartment.

The installing method of spun piles at Puncak MERR is actually be done as planned. When constructing the lower structure, the first one to be completed is the installation of spun piles on tower A, then proceed to tower B. When tower A spun piles are installed as a whole, the P100 tower A pole excavates for pilecap construction as deep as 4,15 meters, while tower B begins erection. It's just that when the construction of the spun pile pole

in tower B, it turns out that there is a shift in the coordinates of the P100 group pole installation in tower A.

After doing analysis, known that the cause of the shift of the pile is excess pore water pressure at the time of erection. Whereas according to the analysis result, 40 of 100 spun piles 600 mm diameters in P100 sector 5 cannot be used to carry the designed load. This is affirmed by the results of PIT test and pole slope checks carried out in the field. While based on the calculation of bearing capacity, the remaining 60 spun piles diameter of 600 mm cannot be used to carry all of the designed load. So an additional 35 bored pile diameter of 800 mm is needed to carry all designed load.

Key words: *Bearing capacity, shifting foundation, strengthening foundation, spun pile*

KATA PENGANTAR

Dengan mengucap syukur Alhamdulillah kepada Allah SWT atas segala Rahmat dan Ridho-Nya yang diberikan kepada umat-Nya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul “Analisa Daya Dukung Tiang Pancang Yang Mengalami Pergeseran Dan Penyebabnya Pada Pondasi Apartemen Puncak Merr Surabaya”.

Tugas akhir ini berisi mengenai analisa penyebab dan daya dukung tiang pancang yang mengalami pergeseran pada pondasi Apartemen Puncak MERR, dilanjutkan dengan metodologi yang dilakukan dalam rangka pengerjaan Tugas Akhir. Tugas akhir adalah salah satu syarat akademik yang harus ditempuh mahasiswa untuk menyelesaikan pendidikan Program Studi Strata I Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Penyusun mengucapkan terima kasih kepada kedua orang tua, saudara, dan teman-teman penyusun sebagai sumber penyemangat dan doa sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan. Bapak ibu dosen pembimbing yang telah membimbing dan membantu penyusun dalam menyelesaikan tugas akhir ini, pihak proyek Apartemen Puncak MERR Surabaya, dan semua pihak yang telah membantu dan memberikan dukungan kepada penyusun dalam menyelesaikan tugas akhir ini yang tidak dapat penyusun sebutkan satu persatu.

Didalam penyusunan Tugas Akhir ini, Penyusun menyadari masih jauh dari kesempurnaan. Untuk itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangatlah penyusun harapkan demi kesempurnaan Tugas Akhir ini. Demikian yang dapat kami sampaikan. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua.

8 Januari 2019

Penyusun

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

Abstrak	i
Abstract	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xv
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Rumusan Masalah	6
1.3. Tujuan.....	7
1.4. Batasan Masalah.....	7
1.5. Manfaat.....	8
BAB II. DASAR TEORI.....	9
2.1. Tanah dan Klasifikasinya	9
2.2. Parameter Tanah.....	11
2.2.1. Profil tanah	12
2.2.2. Pengelompokan tanah berdasarkan N-SPT	12
2.2.3. Korelasi parameter tanah	13
2.3. Pembebanan dan Analisa Struktur.....	15
2.3.1. Pembebanan.....	15
2.3.2. Kombinasi Pembebanan	17
2.4. Pondasi Dalam.....	19
2.4.1. Tipe-tipe pondasi dalam	19

2.4.2. Metode pelaksanaan pondasi dalam	22
2.4.3. Mekanisme transfer beban.....	26
2.5. Pondasi Dalam dengan Beban Lateral.....	28
2.5.1. Beban lateral pada pondasi tiang tegak	28
2.5.2. Defleksi tiang pondasi	33
2.6. Daya Dukung Pondasi Dalam.....	41
2.6.1. Daya dukung pondasi tiang tunggal	41
2.6.2. Daya dukung dan efisiensi pondasi tiang grup	44
2.6.3. Penentuan daya dukung yang diijinkan	45
2.7. Analisa penurunan pondasi tiang grup dan pondasi tiang tunggal	46
2.7.1 Penurunan elastis pondasi tiang tunggal (<i>Immidiata settlement</i>).....	46
2.7.2 Penurunan elastis pondasi tiang grup (<i>Immidiata settlement</i>).....	49
2.7.3 Penurunan pondasi akibat Rangkak (<i>Creep</i>)	49
2.8. Pengujian Integritas Tiang.....	50
2.8.1 Metode Analisis PIT	50
BAB III. BAGAN ALIR	53
3.1. Bagan Alir Tahapan Perencanaan.....	53
3.2. Rincian Tahapan Perencanaan.....	54
BAB IV ANALISA DATA TANAH DAN PENYEBAB PERGESERAN	59
4.1. Analisa Data Tanah.....	59
4.1.1. Hasil pengujian SPT	59

4.1.2. Penggabungan data SPT	60
4.1.3. Penentuan parameter tanah.....	62
4.1.4. Koreksi terhadap N-SPT.....	64
4.2. Spesifikasi tiang pancang eksisting	70
4.3. Perhitungan daya dukung pondasi eksisting.....	71
4.4. Analisa Kondisi Tiang Pancang Eksisting.....	75
4.4.1. Hasil Cek Kemiringan Tiang.....	75
4.4.2. Hasil Pengujian Integritas Tiang	77
4.5. Analisa penyebab pergeseran	81
BAB V PEMBAHASAN	87
5.1. Pemodelan dan Analisa dinamis struktur	87
5.1.1. Penentuan titik jepit.....	87
5.1.2. Pembebanan gempa.....	88
5.1.2. Peninjauan terhadap pengaruh beban gempa.....	95
5.1.3. Kontrol Desain	96
5.2. Gaya reaksi di perletakan bangunan.....	106
5.3. Perhitungan daya dukung tiang pancang (<i>used</i>) terhadap beban rencana.....	112
5.4. Perhitungan kekuatan pondasi eksisting	126
5.4.1. Perhitungan daya dukung tanah di area kekuatan pondasi.....	126
5.4.2. Penulangan bor pile	154
5.4.3. Kontrol gaya horizontal maksimum	156
5.5. Perhitungan penurunan pondasi bor pile	167
5.6. Perhitungan penulangan pilecap.....	170

5.7. Metode pelaksanaan borpile di lapangan.....	174
5.8. Perhitungan biaya material	176
BAB VI KESIMPULAN	177
DAFTAR PUSTAKA.....	179

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1. Kota Surabaya dilihat dari peta bumi	2
Gambar 1. 2. Detail lokasi rencana gedung Apartemen Puncak MERR.....	2
Gambar 1. 3. Denah Pile Cap tower A dan B.....	3
Gambar 1. 4. Perbesaran pilecap P100 rencana dan eksisting (Sumber: Wika Gedung)	5
Gambar 1. 5 Potongan A Pilecap P100. Elevasi bottom pilecap - 4.15 meter (Sumber: Wika Gedung)	5
Gambar 1. 6 Potongan B Pilecap P100. Elevasi bottom pilecap - 4.15 meter (Sumber: Wika Gedung)	6
Gambar 2. 1. Diagram Casagrande (Casagrande, 1948)	11
Gambar 2. 2. Penampang profil pondasi tiang baja.....	19
Gambar 2. 3. Penampang profil pondasi tiang beton precast	21
Gambar 2. 4. Drop hammer (a) dan double acting hammer (b) ..	23
Gambar 2. 5. Vibratory pile driving	24
Gambar 2. 6. Pelaksanaan tiang pondasi cast in situ	26
Gambar 2. 7. Tiang kaku ujung bebas (a) dan Tiang panjang ujung bebas (b)	30
Gambar 2. 8. Tiang kaku ujung terjepit (a), tiang sedang ujung terjepit (b), tiang panjang ujung terjepit (c).....	31
Gambar 2. 9. Tiang pondasi dengan kepala tiang yang fleksibel	33
Gambar 2. 10. Tiang pondasi dengan kepala tiang kaku, menempel diatas permukaan tanah.....	34
Gambar 2. 11. Tiang pondasi dengan kepala tiang kaku terletak pada ketinggian tertentu	34
Gambar 2. 12. Koefisien variasi (f)	38
Gambar 2. 13. Grafik yang digunakan untuk mencari harga dari koefisien koefisien defleksi (F_{δ}), koefisien momen (F_M), dan koefisien geser (F_V) pada kondisi 1	38

Gambar 2. 14. Besar koefisien defleksi (F_{δ}) dan koefisien momen (F_M) untuk Kondisi 2	39
Gambar 2. 15. Koefisien kemiringan untuk kondisi 3.....	40
Gambar 2. 16. Jarak antara pusat ke pusat tiang (sumber: Teknik Fondasi 2, Hary Christady Hardiyatmo).....	44
Gambar 2. 17. Kriteria hasil evaluasi uji integritas tiang	52
Gambar 3. 1. Diagram alir pengerjaan tugas akhir	54
Gambar 4. 1. Lokasi cek kemiringan tiang.....	75
Gambar 4. 2. Lokasi titik-titik tes PIT	77
Gambar 4. 3. Lokasi titik-titik tes SPT	59
Gambar 4. 4. Plot titik pengeboran dengan lokasi studi	60
Gambar 4. 5. Stratigrafi tanah hasil tes tanah SPT	61
Gambar 4. 6. Grafik penggabungan data N-SPT tiga titik (DB-3, DB-4, DB-5)	63
Gambar 4. 7. Potongan melintang area P100 sektor 5.....	71
Gambar 4. 8. Sket Spunpile eksisting $D=0,60$ m.....	70
Gambar 4. 9. Stratigrafi tanah pada P100 Sektor 5	82
Gambar 4. 10. Proses pemancangan menggunakan HSPD.	83
Gambar 4. 11. P100 Sektor 5 sebelum penggalian.....	84
Gambar 4. 12. P100 sektor 5 setelah penggalian. Kelebihan tekanan air pori dalam tanah kohesif mendorong tiang pancang di P100 Sektor 5 dimana dilakukan penggalian.....	85
Gambar 5. 1. Peta wilayah gempa Indonesia yang dipertimbangkan resiko-tertarget (MCE_R -percepatan 0,2 detik, probabilitas 2% dalam 50 tahun).....	90
Gambar 5 2. Peta wilayah gempa Indonesia yang dipertimbangkan resiko-tertarget (MCE_R -percepatan 1 detik, probabilitas 2% dalam 50 tahun).....	90

Gambar 5. 3. Spektrum respon desain.....	94
Gambar 5 4. Tampak Isometri pemodelan struktur Apartemen Puncak MERR Surabaya	107
Gambar 5 5. Tampak atas pemodelan struktur Apartemen Puncak MERR Surabaya.....	107
Gambar 5 6. Joint-joint pada pemodelan gedung. Joint untuk P100 Sektor 5 pada area yang ditandai.....	108
Gambar 5 7. As grid kolom P100 Sektor 5	108
Gambar 5 8. Untuk memudahkan perhitungan, Titik-titik tiang pancang used (hijau, biru) diberi As bantu.....	113
Gambar 5 9. Titik berat tiang pancang (used)	116
Gambar 5 10. Sketsa bor pile D = 0,80 m	127
Gambar 5 11. Konfigurasi rencana borpile tambahan P100 Sektor 5 untuk Kondisi 1	134
Gambar 5 12. Konfigurasi rencana borpile tambahan P100 Sektor 5 untuk Kondisi 2	134
Gambar 5 13. Titik berat tiang pancang (used) dan bor pile tambahan kondisi 1	138
Gambar 5 14. Titik berat tiang pancang (used) dan bor pile tambahan kondisi 2.....	143
Gambar 5 15. Output SP Column untuk borpile D80	155

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Simbol dan keterangan untuk klasifikasi tanah menurut Unified	10
Tabel 2. 2. Konsistensi tanah kohesif berdasarkan N-SPT.....	13
Tabel 2. 3. Konsistensi tanah pasir berdasarkan N-SPT.....	13
Tabel 2. 4. Interval nilai kohesi tanah lempung dalam kondisi undrained.....	14
Tabel 2. 5. Hubungan antara jenis tanah dengan modulus Young	14
Tabel 2. 6. Tahapan perencanaan beban gempa	16
Tabel 2. 7. Definisi tiang kaku dan tidak kaku menurut Tomlinson	28
Tabel 2. 8. Harga koefisien variasi modulus n_h	29
Tabel 2. 9. Harga koefisien modulus reaksi subgrade menurut Terzaghi.....	30
Tabel 2. 10. Prosedur desain untuk 3 kondisi menurut NAVFAC (1971)	35
Tabel 2. 11. Koefisien α dan β berdasarkan jenis tanah dan jenis pondasi	43
Tabel 2. 12. Koefisien nilai empiris C_p menurut Vesic (1977)...	48
Tabel 4.1. Korelasi N-SPT dan parameter tanah (γ_{sat}).....	64
Tabel 4.3. Hasil perhitungan N koreksi DB-5 (1)	66
Tabel 4.4. Hasil perhitungan N koreksi DB-5 (2)	67
Tabel 4.5. Hasil perhitungan N koreksi DB-5 (3)	68
Tabel 4.6. Hasil perhitungan N koreksi DB-5 (4)	69
Tabel 4. 7. Spesifikasi spunpile eksisting.....	70
Tabel 4. 8. Perhitungan daya dukung tanah DB-5 Spunpile D=0,60 m (Metode Meyerhof Bazaraa), area yg di blok menunjukkan galian (1).....	73
Tabel 4. 9. Perhitungan daya dukung tanah DB-5 Spunpile D=0,60 m (Metode Meyerhof Bazaraa) (2).....	74

Tabel 4. 10. Hasil cek kemiringan tiang di lapangan (1).....	76
Tabel 4. 12. Hasil Tes PIT P100 Sektor 5	78
Tabel 5. 1. Faktor keutamaan gempa (tabel-2, SNI 1726-2012) .	88
Tabel 5. 2. Klasifikasi situs (tabel-3, SNI 1726-2012)	89
Tabel 5. 3. Koefisien situs, Fa (tabel-4, SNI 1726-2012).....	91
Tabel 5. 4. Koefisien situs, Fv (tabel-5, SNI 1726-2012).....	91
Tabel 5. 5. Kategori desain seismik berdasarkan parameter respon percepatan pada periode pendek (tabel-6, SNI 1726-2012.....)	94
Tabel 5. 6. Sistem penahan gaya gempa (tabel-9, SNI 1726-2012)	95
Tabel 5. 7. Rasio partisipasi massa Apartemen Puncak MERR Surabaya	97
Tabel 5. 8 Rasio partisipasi massa Apartemen Puncak MERR Surabaya	98
Tabel 5. 9. Koefisien batas atas pada perioda yang dihitung (tabel-14, SNI 1726-2012).....	99
Tabel 5. 10. Nilai parameter perioda pendekatan C_t dan x (tabel- 15, SNI 1726-2012)	99
Tabel 5. 11. Berat total struktur pemodelan Apartemen Puncak MERR.....	101
Tabel 5. 12. Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa	101
Tabel 5. 13. Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa	102
Tabel 5. 14. Kontrol simpangan antar lantai akibat beban gempa arah X	104
Tabel 5. 15. Kontrol simpangan antar lantai akibat beban gempa arah Y	105
Tabel 5. 16. Output gaya-gaya pada pemodelan SAP 2000 untuk area P100 sektor 5, Kondisi 1 (1)	109
Tabel 5. 17. Output gaya-gaya pada pemodelan SAP 2000 untuk area P100 sektor 5, Kondisi 1 (2)	110
Tabel 5. 18. Output gaya-gaya pada pemodelan SAP 2000 untuk area P100 sektor 5, Kondisi 2 (1)	111

Tabel 5. 19. . Output gaya-gaya pada pemodelan SAP 2000 untuk area P100 sektor 5, Kondisi 2 (2).....	112
Tabel 5. 20. Rekapitulasi perhitungan titik berat tiang pancang (used) arah y.....	114
Tabel 5. 21. Rekapitulasi perhitungan titik berat tiang pancang (used) arah x.....	115
Tabel 5. 22. Perhitungan $\sum x^2$ (1).....	116
Tabel 5. 23. Perhitungan $\sum x^2$ (2).....	117
Tabel 5. 24. Perhitungan $\sum y^2$	117
Tabel 5. 25. Rekapitulasi perhitungan momen untuk Kondisi 1 (1).....	119
Tabel 5. 26. Rekapitulasi perhitungan momen untuk Kondisi 1 (2).....	120
Tabel 5. 27. Rekapitulasi perhitungan momen untuk Kondisi 2 (1).....	122
Tabel 5. 28. Rekapitulasi perhitungan momen untuk Kondisi 2 (2).....	123
Tabel 5. 29. Spesifikasi borpile rencana.....	127
Tabel 5. 30. Perhitungan daya dukung tanah DB-5 Borpile D=0,80 m (Metode Meyerhof Bazaraa), area yg di blok menunjukkan galian (1).....	129
Tabel 5. 31. Perhitungan daya dukung tanah DB-5 Borpile D=0,80 m (Metode Meyerhof Bazaraa) (2).....	130
Tabel 5. 32 Perhitungan daya dukung tanah DB-5 Borpile D=0,80 m (Metode Meyerhof Bazaraa)(3).....	131
Tabel 5. 33. Perhitungan daya dukung tanah DB-5 Borpile D=0,80 m (Metode Meyerhof Bazaraa)(4).....	132
Tabel 5. 34 Perhitungan daya dukung tanah DB-5 Borpile D=0,80 m (Metode Meyerhof Bazaraa) (5).....	133
Tabel 5. 35 Rekapitulasi perhitungan titik berat tiang pancang (used) dan borpile tambahan arah y.....	136
Tabel 5. 36. Rekapitulasi perhitungan titik berat tiang pancang (used) dan borpile tambahan arah x.....	137

Tabel 5. 37. Perhitungan $\sum x^2$ (1).....	138
Tabel 5. 38 Perhitungan $\sum x^2$ (2).....	139
Tabel 5. 39. Perhitungan $\sum y^2$ (1).....	139
Tabel 5. 40. Perhitungan $\sum y^2$ (2).....	140
Tabel 5. 41 Rekapitulasi perhitungan titik berat tiang pancang (used) dan borpile tambahan arah y (1).....	140
Tabel 5. 42. Rekapitulasi perhitungan titik berat tiang pancang (used) dan borpile tambahan arah y (2).....	141
Tabel 5. 43. Rekapitulasi perhitungan titik berat tiang pancang (used) dan borpile tambahan arah x (1).....	141
Tabel 5. 44. Rekapitulasi perhitungan titik berat tiang pancang (used) dan borpile tambahan arah x (2).....	142
Tabel 5. 45. Perhitungan $\sum x^2$ (1).....	143
Tabel 5. 46 Perhitungan $\sum x^2$ (2).....	144
Tabel 5. 47. Perhitungan $\sum y^2$ (1).....	144
Tabel 5. 48. Perhitungan $\sum y^2$ (2).....	145
Tabel 5. 49. Rekapitulasi perhitungan momen untuk Kondisi 1 (1)	146
Tabel 5. 50. Rekapitulasi perhitungan momen untuk Kondisi 1 (2)	147
Tabel 5. 51. Rekapitulasi perhitungan momen untuk Kondisi 2 (1)	149
Tabel 5. 52. Rekapitulasi perhitungan momen untuk Kondisi 2 (2)	150
Tabel 5. 53. Rekapitulasi gaya horizontal yang bekerja pada pondasi (1).....	157
Tabel 5. 54. Rekapitulasi gaya horizontal yang bekerja pada pondasi (2).....	158
Tabel 5. 55. Rekapitulasi gaya horizontal yang bekerja pada pondasi (3).....	159
Tabel 5. 56. perhitungan kontrol gaya horizontal tiang pancang	159
Tabel 5. 57 perhitungan kontrol gaya horizontal tiang bor	159

Tabel 5. 58. Perhitungan defleksi ijin tiang pancang	162
Tabel 5. 59. Perhitungan defleksi ijin tiang bor	162
Tabel 5. 60. Perhitungan biaya material bor pile.....	176
Tabel 5. 61. Perhitungan biaya material bor pile.....	176

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

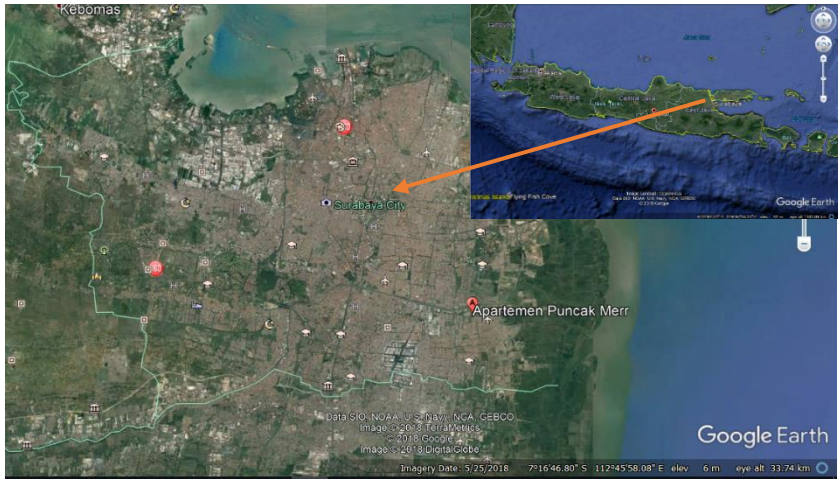
BAB I.

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Bangunan tinggi adalah sebutan yang biasa digunakan untuk bangunan yang memiliki struktur menjulang tinggi dan memiliki jumlah tingkat yang banyak. Massachusetts General Laws (2018) mengartikan bangunan tinggi adalah bangunan yang memiliki ketinggian lebih dari 70 kaki (21 m). Saat ini pembangunan proyek properti berupa bangunan tinggi di kota-kota besar makin marak. Maraknya pembangunan proyek bangunan tinggi di kota besar umumnya tidak lepas dari tujuan bangunan tinggi yang ingin melakukan efisiensi dalam hal luas lahan, namun tetap memiliki ruang fungsi yang besar. Surabaya sebagai ibukota provinsi Jawa Timur (Gambar 1.1) masuk dalam salah satu daerah dengan tingkat pembangunan properti yang cukup besar. Menurut konsultan properti Colliers International Indonesia (2014), hingga semester I/2014 suplai apartemen di Surabaya mencapai 16.380 unit.

Salah satu pembangunan apartemen di kota Surabaya adalah Apartemen Puncak MERR. Bangunan Gedung “Apartemen Puncak MERR” adalah suatu struktur bangunan dengan ketinggian 121.20 meter dan merupakan struktur beton bertulang yang terdiri dari 40 lantai. Lantai 1 sampai 7 berfungsi sebagai lahan parkir dan lobby, sedangkan lantai 8 sampai 40 berfungsi sebagai hunian. Berdasarkan peta bumi, lokasi gedung berada di Jalan Wonorejo Timur, Wonorejo, Rungkut, Surabaya, Jawa Timur (Gambar 1.2).

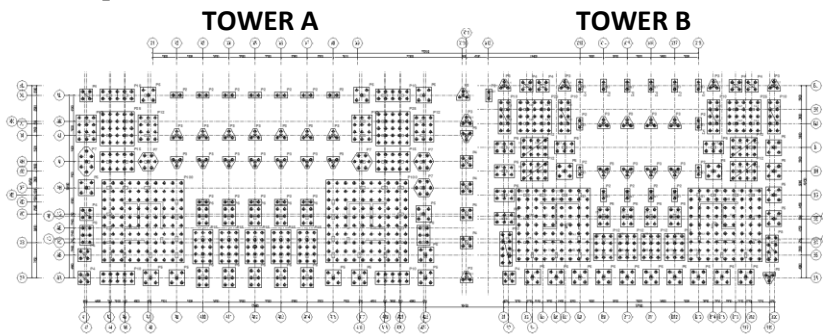


Gambar 1. 1. Kota Surabaya dilihat dari peta bumi (www.googleearth.com)



Gambar 1. 2. Detail lokasi rencana gedung Apartemen Puncak MERR (www.googleearth.com)

Apartemen Puncak MERR ini terdiri dari 2 tower, yakni tower A dan tower B (Gambar 1.3). Kedua tower ini sama-sama terdiri dari total 40 lantai yang berfungsi sebagai hunian, lahan parkir dan lobby. Perbedaan kedua tower ini hanya pada luasan towernya saja, yakni tower A 2912,40 m² dan tower B 2309,69 m². Untuk perencanaan struktur atas bangunan gedung ini menggunakan sistem Struktur Rangka Pemikul Momen, yakni berupa balok dan kolom yang terbuat dari struktur beton bertulang. Tanah disekitar lokasi, menurut penyelidikan tanah dengan bor dalam, cenderung lempung berlanau dengan konsistensi *very soft to soft* untuk kedalaman 0 sampai 10 meter dan didominasi oleh lanau berlempung dengan konsistensi *medium to stiff* untuk kedalaman 10 sampai 19 meter (Lampiran 1). Untuk perencanaan bangunan bawah, apartemen ini menggunakan tiang pancang tipe spun pile dengan kedalaman 17 sampai 19 meter sebagai pondasi (Lampiran 2).

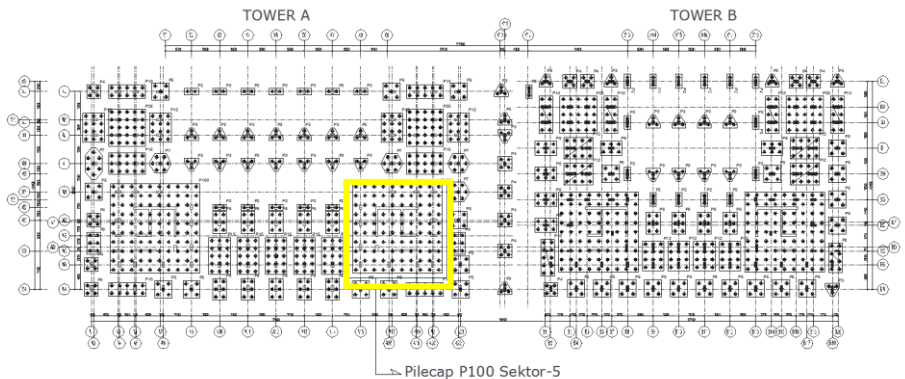


Gambar 1. 3. Denah Pile Cap tower A dan B

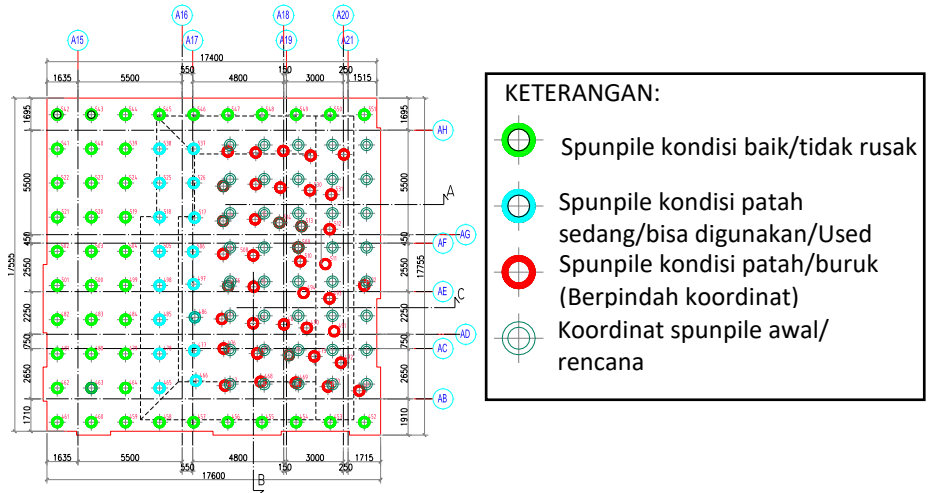
Dari denah pilecap tower A dan B (gambar 1.3) dapat diketahui bahwa pilecap Apartemen Puncak MERR ini terdiri dari beberapa tipe. Salah satunya adalah pilecap dengan model

raft dan isian 100 tiang pancang, P100. Masing-masing tower, A dan B, memiliki 2 area P100. Dalam kasus ini, titik terjadinya pergeseran koordinat tiang pancang berada pada pilecap P100 sektor 5 yang ada pada tower A (gambar 1.4).

Pelaksanaan pemancangan pada Apartemen Puncak MERR sudah sesuai rencana. Saat konstruksi bangunan bawah, yang lebih dahulu diselesaikan adalah pemancangan tiang spun pile pada tower A, kemudian dilanjutkan pada tower B. Pada saat spun pile tower A telah terpasang secara keseluruhan, P100 sektor 5 pada tower A melakukan galian untuk konstruksi pilecap, sedangkan tower B mulai pemancangan. Hanya saja saat konstruksi tiang spun pile di tower B, ternyata timbul pergeseran koordinat pemancangan tiang grup P100 sektor 5 di tower A (Gambar 1.5).

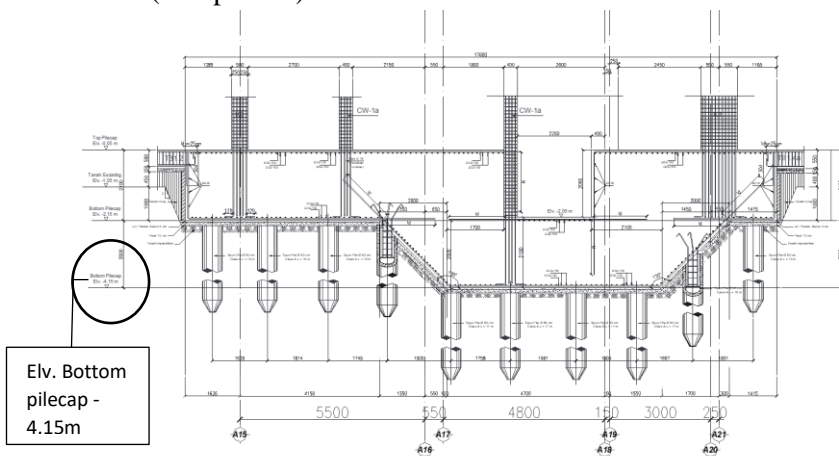


Gambar 1. 4. Lokasi pilecap P100 sektor 5 Tower A pada area yang ditandai

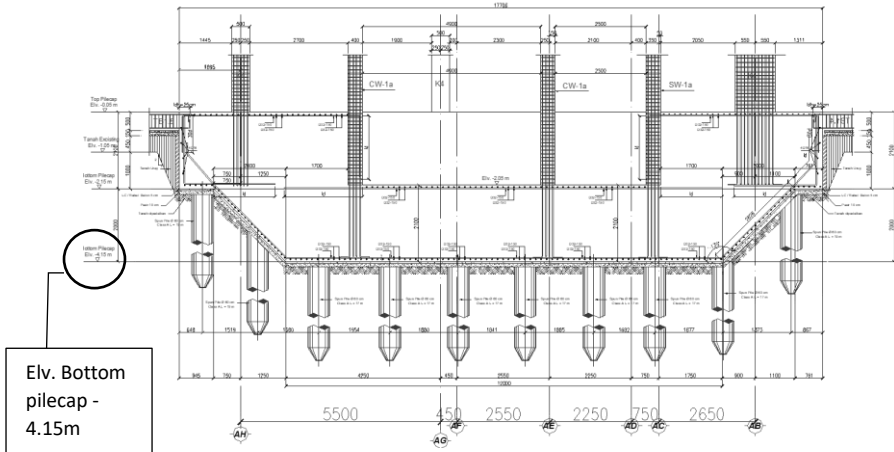


Gambar 1. 5. Perbesaran pilecap P100 rencana dan eksisting (Sumber: Wika Gedung)

Detail penggalian pilecap sedalam -4.15 meter dapat dilihat pada potongan A (Gambar 1.6) dan potongan B (Gambar 1.7) tiang grup P100 (Lampiran 2).



Gambar 1. 6 Potongan A Pilecap P100. Elevasi bottom pilecap - 4.15 meter (Sumber: Wika Gedung)



Gambar 1. 7 Potongan B Pilecap P100. Elevasi bottom pilecap - 4.15 meter (Sumber: Wika Gedung)

Untuk itu pada Tugas Akhir ini akan dibahas pemeriksaan lebih lanjut terhadap tiang spun pile, terutama yang berkaitan dengan penyebab pergeseran tiang dan daya dukung tiang grup eksisting (termasuk tiang pancang yang mengalami pergeseran). Pergeseran tiang pancang rencana seharusnya tidak menyebabkan terjadinya penurunan daya dukung tiang. Apabila setelah dilakukan pemeriksaan daya dukungnya tidak mencukupi beban yang dipikul, maka perlu ditentukan perkuatan yang tepat agar tiang grup eksisting dan perkuatan mampu menopang beban rencana.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka permasalahan umum yang akan diselesaikan adalah Apa penyebab tiang pancang yang mengalami pergeseran dan bagaimana daya dukung tiang grup eksisting yang mengalami pergeseran pada

tiang grup P100 tower A Apartemen Puncak MERR Surabaya. Adapun rinciannya adalah:

1. Bagaimana kondisi tanah di lokasi tiang grup P100 Apartemen Puncak MERR Surabaya?
2. Apa penyebab terjadinya pergeseran koordinat tiang pancang?
3. Bagaimana daya dukung tiang grup eksisting yang mengalami pergeseran?
4. Apakah daya dukung tiang grup eksisting masih memenuhi syarat keamanan untuk memikul beban rencana?
5. Apabila diperlukan perkuatan, bagaimana perencanaan perkuatan untuk dapat membantu meningkatkan daya dukung tiang grup eksisting?

1.3. Tujuan

Menganalisa penyebab tiang pancang yang mengalami pergeseran dan daya dukung tiang grup eksisting yang mengalami pergeseran pada pondasi Apartemen Puncak MERR Surabaya

1.4. Batasan Masalah

Data yang dipakai dalam tugas akhir adalah data sekunder yakni sebagai berikut:

- a. Data tanah lokasi Apartemen Puncak MERR Surabaya
- b. Data hasil tes kemiringan tiang pancang pilecap P100
- c. Hasil Pile Integrity Test (PIT)
- d. Gaya-gaya keluaran pada pemodelan struktur Apartemen Puncak MERR

1.5. Manfaat

Manfaat dari penulisan tugas akhir ini adalah menambah pustaka mengenai analisa penyebab tiang pancang yang mengalami pergeseran dan daya dukung tiang pancang tersebut dalam kaitannya dengan perencanaan pondasi pada bangunan gedung.

BAB II.

DASAR TEORI

2.1. Tanah dan Klasifikasinya

Didalam mekanika tanah, tanah diklasifikasikan berdasarkan jenis dan sifatnya. Hal ini dipengaruhi oleh perbandingan banyaknya material penyusun tanah dan sifat plastisitas butir halus. Salah satu sistem yang dikenal dalam pengklasifikasian tanah ini adalah sistem Unified. Menurut Unified sifat general yang digunakan untuk mengklasifikasi tanah adalah:

1. Perbandingan butir kasar dan butir halus, banyaknya fraksi kerikil dan pasir
2. Gradasi tanah (C_u dan C_c)
3. Batas konsistensi tanah butir halus (W_L dan I_P)
4. Sifat organik tanah

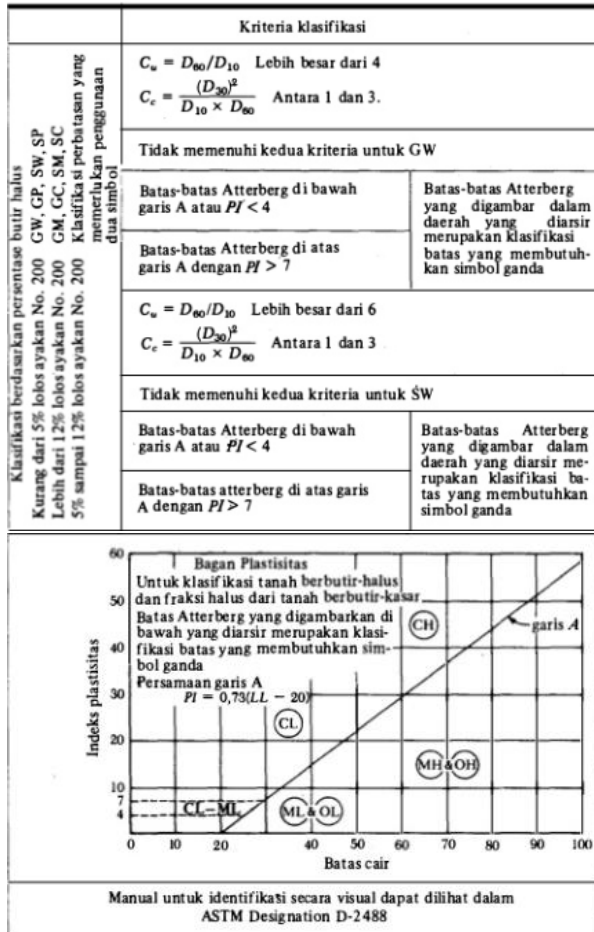
Sehingga tanah dibagi atas 3 kelompok besar, yakni tanah organik, tanah berbutir halus dan tanah berbutir kasar. Tanah dengan kadar organik yang tinggi seperti tanah humus dan gambut diberi simbol PT (*peat*). Tanah berbutir kasar yaitu kondisi dimana kurang dari 50% berat total contoh tanah lolos ayakan No. 200 atau secara visual butir kasarnya lebih banyak dari butiran halus. Sedangkan tanah berbutir halus yaitu kondisi dimana lebih dari 50% berat total contoh tanah lolos ayakan no. 200 atau secara visual butiran halus lebih dominan daripada butiran kasarnya. Dalam sistem klasifikasi ini digunakan simbol-simbol yang mewakili jenis dan sifat-sifat tanah yang dapat dilihat pada tabel 2.1 berikut.

Tabel 2. 1. Simbol dan keterangan untuk klasifikasi tanah menurut Unified

Simbol	Keterangan
Huruf pertama menunjukkan jenis	
G	Kerikil (gravel)
S	Pasir (sand)
M	Lanau (silt)
C	Lempung (clay)
O	Tanah organik
Huruf kedua menunjukkan sifat	
W	Bergradasi baik (well graded)
P	Bergradasi jelek (poor graded)
M	Mengandung lanau
C	Mengandung lempung
L	Plastisitas tanah rendah (Low plasticity)
H	Plastisitas tanah tinggi (high plasticity)

Klasifikasi tanah berbutir kasar sangat tergantung pada jumlah prosentase yang lolos ayakan. Sedangkan klasifikasi tanah berbutir halus tergantung pada batas cair dan indeks plastisitasnya. Secara lebih rinci klasifikasi tanah ditabelkan dalam diagram Casagrande (gambar 2.1).

Secara umum tanah lempung merupakan jenis tanah yang bersifat kohesif dan plastis, sedangkan pasir merupakan jenis tanah yang tidak kohesif dan tidak plastis. Gaya geser yang dimiliki tanah lempung sangat kecil dengan kemampuan memampat yang besar. Nilai kekuatan geser antar tanah lempung diperoleh dari ikatan butiran antar partikel tanah. Sementara tanah pasir, dengan ukuran butiran lebih besar dari tanah lempung, memiliki gaya geser yang besar.



Gambar 2. 1. Diagram Casagrande (Casagrande, 1948)

2.2. Parameter Tanah

Untuk menganalisa kekuatan tanah pada suatu lokasi maka diperlukan penyelidikan tanah di lapangan dan penelitian lanjutan

di laboratorium. Penyelidikan tanah yang umum dilaksanakan adalah (Gunawan,1983):

1. Pengeboran (*drilling*)
2. Pengambilan contoh tanah (*soil sampling*)
3. Pengujian penetrasi (*penetration test*)

Dari ketiga penyelidikan diatas dapat diketahui profil tanah lokasi dan analisa-analisa lain yang berhubungan dengan bangunan bawah (*sub structure*)

2.2.1. Profil tanah

Penyelidikan tanah di lapangan bertujuan untuk mengetahui bagaimana kekuatan dan kondisi di dalam tanah. Penyelidikan tanah umumnya dilakukan di beberapa tempat untuk mengetahui jenis dan profil tanah di lokasi secara keseluruhan. Hal ini mencegah terjadinya kesalahan perencanaan pada titik-titik dengan profil tanah yang berbeda dalam satu lokasi konstruksi.

Selain pengeboran pengambilan contoh tanah juga tidak kalah penting. Pengambilan contoh tanah bertujuan agar sifat-sifat tanah asli dapat diketahui. Pengambilan contoh tanah dilanjutkan dengan penyelidikan tanah di laboratorium.

Untuk pengujian penetrasi, terdapat 2 jenis pengujian yaitu pengujian penetrasi statis dan pengujian penetrasi dinamis. Pengujian penetrasi statis menggunakan alat Dutch Static Penetrometer atau biasa disebut tes sondir. Sedangkan untuk pengujian penetrasi dinamis menggunakan tabung silinder (*standard split spoon sampler*) yang dipukul masuk ke dalam tanah menggunakan alat penumbuk. Pengujian jenis ini sering disebut *Standard Penetration Test (SPT)*.

2.2.2. Pengelompokan tanah berdasarkan N-SPT

Dari pengujian *Standard Penetration Test (SPT)* diperoleh data pembacaan berupa jumlah pukulan (N) dan kedalaman

penetrasi. Bowles (1984) mengelompokkan konsistensi tanah kohesif menurut N-SPT nya sebagai berikut (tabel 2.2) :

Tabel 2. 2. Konsistensi tanah kohesif berdasarkan N-SPT

	Cohesive Soil				
N (blows)	< 4	4 – 6	6 – 15	16 – 25	> 25
γ (kN/m ³)	14 – 18	16 – 18	16 – 18	16 – 20	> 20
Qu (kPa)	< 25	20 – 50	30 – 60	40 – 200	> 100
Consistency	Very Soft	Soft	Medium	Stiff	Hard

(sumber: Bowles, 1984)

Sedangkan menurut Teng (1962) konsistensi tanah pasir menurut N-SPT nya sebagai berikut (tabel 2.3) :

Tabel 2. 3. Konsistensi tanah pasir berdasarkan N-SPT

Kondisi kepadatan	Relative density	Harga N-SPT	Harga ϕ (°)	γ_{sat} (ton/m ³)
Very loose	0 – 15 %	0 – 4	0 – 28	<1,60
Loose	15 – 35 %	4 – 10	28 – 30	1,50 – 2,0
Medium	35 – 65 %	10 – 30	30 – 36	1,75 – 2,10
Dense	65 – 85 %	30 – 50	36 – 41	1,75 – 2,25
Very dense	85 – 100 %	>50	41	

(sumber: Teng, 1962)

2.2.3. Korelasi parameter tanah

Pada umumnya hasil tes penyelidikan tanah di laboratorium memberikan hasil yang lengkap mengenai parameter tanah. Namun demikian apabila data hasil penyelidikan tidak lengkap tetapi data tersebut diperlukan untuk analisa lanjutan maka dapat dilakukan korelasi atau pendekatan nilai parameter tanah. Tabel-tabel rujukan yang digunakan bersumber dari penelitian-penelitian yang dilakukan oleh ahli sebelumnya sehingga pendekatan kurang lebih mendekati kondisi sebenarnya.

Tabel 2. 4. Interval nilai kohesi tanah lempung dalam kondisi undrained

	Cohesive Soil				
N (blows)	< 4	4 – 6	6 – 15	16 – 25	> 25
Consistency	Very Soft	Soft	Medium	Stiff	Hard
Cu (kPa)	0 – 10	10 – 25	25 – 45	45 – 95	> 100
γ (kN/m ³)	14 – 18	16 – 18	16 – 18	16 – 20	> 20

(sumber: *Soil mechanics, William T, Whitman, Robert V, 1962*)

Tabel 2. 5. Hubungan antara jenis tanah dengan modulus Young

Soil	Es	
	Ksi	Kg/cm ²
Clay		
Very Soft	0.05 – 0.4	3 – 30
Soft	0.2 – 0.6	20 – 40
Medium	0.6 – 1.2	45 – 90
Hard	1 – 3	70 – 200
Sandy	4 – 6	300 – 425
Clacial fill	1.5 – 22	100 – 1600
Loess	2 – 8	150 – 600
Sand		
Silty	1 – 3	50 – 200
Loose	1.5 – 3.5	100 – 250
Dense	7 – 12	500 – 1000
Sand and gravel		
Dense	14 – 28	800 – 2000
Loose	7 – 20	500 – 1400
Shales	20 – 2000	1400 – 14000
Silt	0.3 – 3	20 – 200

(sumber: *J.E. Bowles (1974) Analisa dan Desain Pondasi edisi keempat jilid 1*)

2.3. Pembebanan dan Analisa Struktur

Pada struktur gedung bertingkat untuk memudahkan perhitungan, dilakukan pemodelan struktur dimana beban-beban rencana yang bekerja pada struktur dimasukkan sesuai dengan spesifikasi dan material yang digunakan. Urutan dan tahapan pemodelan struktur dimasukkan sesuai dengan gambar rencana. Pemodelan struktur menggunakan bantuan aplikasi SAP2000

Dalam perancangan struktur ini beban yang bekerja pada sistem struktur gedung harus didasarkan pada pertimbangan-pertimbangan:

- a. Pembebanan dan kombinasi pembebanan
- b. Penentuan wilayah gempa
- c. Penentuan klasifikasi tanah setempat
- d. Penentuan sistem struktur
- e. Peninjauan terhadap pengaruh gempa

Perencanaan gedung bertingkat di Indonesia untuk pembebanan dan kombinasi pembebanan mengacu pada SNI 1727-2013 tentang Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain. Sedangkan beban gempa dan tata cara perencanaannya mengacu pada SNI 1726-2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung.

2.3.1. Pembebanan

a. Beban mati

Beban mati adalah seluruh berat bahan konstruksi gedung yang terpasang termasuk dinding, lantai, atap, plafond, tangga, dinding partisi, dan komponen arsitektural lainnya yang terpasang pada gedung. Berat sendiri dari elemen struktur seperti pelat, balok, dan kolom, telah secara otomatis diperhitungkan dalam pemodelan struktur gedung.

b. Beban hidup

Beban hidup merupakan beban terbagi rata yang bekerja sesuai fungsi ruangnya.

c. Beban Gempa

Peninjauan beban gempa pada elemen struktur ditinjau melalui fungsi respon spektrum. Tahapan dan tata cara perhitungan beban gempa seluruhnya mengacu pada SNI 1726-2012. Tahapan perencanaan beban gempa secara singkat dapat dilihat pada tabel 2.6 berikut.

Tabel 2. 6. Tahapan perencanaan beban gempa

No.	Tahapan	Sumber (SNI 1726-2012)
1.	Menentukan kategori resiko bangunan	Pasal 4.1.2 Tabel-1
2.	Menentukan faktor keutamaan gempa (I_e)	Pasal 4.1.2 Tabel-2
3.	Menentukan klasifikasi situs	Pasal 5.1 Rumus (2), Tabel-3
4.	Menentukan parameter percepatan terpetakan (S_s , S_1) berdasarkan lokasi proyek	Pasal 6.1 Gambar-1, //puskim.pu.go.id/
5.	Menentukan koefisien situs (F_a , F_v)	Pasal 6.2 Tabel-4, Tabel-5
6.	Menentukan parameter spektrum respon periode pendek (S_{MS}) da periode 1 detik (S_{M1})	Pasal 6.2 Rumus (5), Rumus (6)
7.	Menentukan parameter percepatan spektral periode pendek (S_{DS}) dan periode 1 detik (S_{D1})	Pasal 6.3 Rumus (7), Rumus (8)
8.	Menentukan grafik spektrum respon desain	Pasal 6.4
9.	Menentukan kategori desain seismik berdasarkan periode pendek dan periode 1 detik	Pasal 6.5 Tabel-6, Tabel-7

10.	Menentukan koefisien (R, Cd) untuk sistem struktur/sistem penahan gaya gempa berdasarkan kategori desain seismik	Pasal 7.2.1 Tabel-9
-----	--	-------------------------------

2.3.2. Kombinasi Pembebanan

Setelah mengetahui beban-beban rencana yang bekerja pada elemen struktur, digunakan kombinasi pembebanan untuk mendapatkan pembebanan maksimum yang mungkin terjadi pada saat beban bekerja secara individual maupun bersamaan. Untuk struktur seperti balok dan kolom seperti diatur pada SNI 2847-2013 yang menggunakan metode desain kekuatan maka konfigurasi kombinasi beban yang digunakan adalah kombinasi pembebanan terfaktor pada pasal 2.3.2 SNI 1727-2013 dapat dilihat sebagai berikut:

- $1,4D$
- $1,2D + 1,6L + 0,5(Lr \text{ atau } R)$
- $1,2D + 1,6(Lr \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W)$
- $1,2D + 1W + L + 0,5(Lr \text{ atau } R)$
- $1,2D + 1E + L$
- $0,9D + 1W$
- $0,9D + 1E$

Sedangkan untuk perencanaan pondasi menggunakan metoda tegangan ijin dan kombinasi pembebanan didasarkan pada beban layan sebagai berikut:

- D
- $D + L$
- $D + (Lr \text{ atau } R)$
- $D + 0,75L + 0,75 (Lr \text{ ataur } R)$
- $D + (0,6W \text{ atau } 0,7E)$
- $D + 0,75(0,6W \text{ atau } 0,7E) + 0,75L + 0,75(Lr \text{ atau } R)$
- $0,6D + 0,6W$

$$- 0,6D + 0,7 E$$

Dimana: D : Beban mati

L : Beban hidup

Lr : Beban hidup atap

R : Beban air hujan

E : Beban gempa

Sehingga dalam perhitungan daya dukung pondasi tiang diberlakukan tegangan ijin berlebih. Dimana kenaikan daya dukung ijin diperbolehkan sesuai dengan kombinasi beban yang ada. Nilai tegangan ijin berlebih berlaku sesuai tabel dibawah ini.

Tabel 2. 7. Nilai kenaikan daya dukung ijin berlebih

Aksi	Kombinasi no.						
	1	2	3	4	5	6	7
Aksi tetap (beban mati, Mti+beban tanah, Tan)	x	x	x	x	x	x	x
Beban lalu lintas (beban hidup, Hdp)	x	x	x	x			x
Pengaruh temperature (Tmp)		x		x			
Arus/hanyutan/hidro/ daya apung (Hdr)	x	x	x	x	x		
Beban angin (Ang)			x	x			
Pengaruh gempa (Gmp)					x		
Beban tumbukan (Tmb)							x
Beban selama pelaksanaan (Plk)						x	
Tegangan berlebihan yang diperbolehkan	0%	25%	25%	40%	50%	30%	50%
Kenaikan daya dukung ijin yang dibolehkan	100%	125%	125%	140%	150%	130%	150%

(sumber: SNI T-02-2005)

2.4. Pondasi Dalam

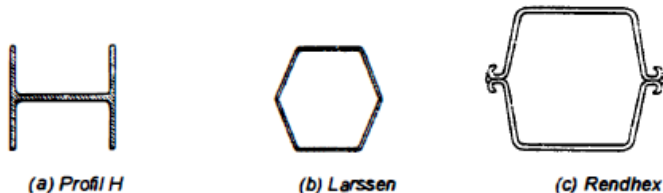
Perencanaan pondasi dalam suatu konstruksi pada umumnya didasarkan pada 4 hal yakni: fungsi bangunan atas yang akan dipikul oleh pondasi tersebut, besar beban dan berat bangunan atas, keadaan tanah dimana bangunan tersebut akan didirikan, dan biaya pondasi dibandingkan dengan bangunan atas (Sardjono, 1971). Pondasi dalam dipergunakan apabila daya dukung tanah dasar dibawah bangunan tersebut tidak cukup untuk memikul berat bangunan dan bebannya. Atau apabila letak tanah keras yang daya dukungnya mencukupi, sangat dalam sehingga tidak memungkinkan untuk dipakai pondasi dangkal. Dalam hal ini pondasi dalam berfungsi mentransfer beban-beban dari konstruksi di atasnya ke lapisan tanah yang lebih dalam.

2.4.1. Tipe-tipe pondasi dalam

Tipe pondasi dalam berdasarkan material penyusunnya secara umum terbagi menjadi pondasi dalam tiang baja, pondasi dalam tiang beton, dan pondasi dalam tiang kayu.

a. Pondasi dalam tiang baja

Pondasi tiang baja dapat berupa baja berbentuk pipa atau baja profil H (*rolled steel*) (gambar 2.2). Dalam beberapa contoh kasus biasanya untuk pipa baja dilakukan pengisian rongga pipa dengan beton cor setelah pondasi terpasang.



Gambar 2. 2. Penampang profil pondasi tiang baja
(*sumber: Principles of Foundation Engineering, Braja M. Das*)

Kapasitas ijin (Q_{all}) dari pondasi baja adalah

$$Q_{all} = A_s f_s \quad (2.1)$$

Dimana

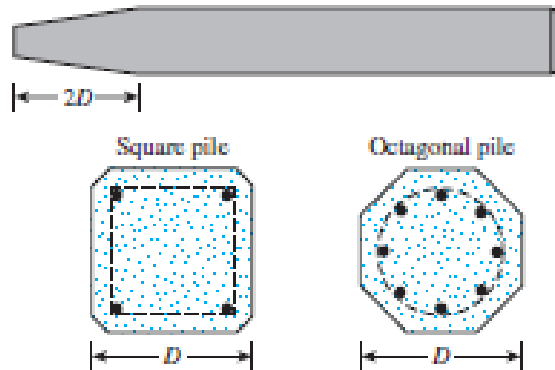
A_s = luas penampang baja

f_s = tegangan ijin baja (0,33-0,5 f_y)

Kelebihan dari pondasi jenis ini adalah memiliki kekuatan yang cukup besar dan dapat masuk kedalam tanah hingga lapisan tanah keras, seperti dense gravel dan soft rock. Kekurangan dari pondasi dalam menggunakan baja adalah sifatnya yang mudah korosi pada lingkungan yang burukurang baik. Untuk itu pondasi jenis ini tidak cocok dipasang pada tanah dengan kandungan organik yang tinggi, seperti tanah rawa, tanah di dekat air payau, atau tanah-tanah yang mengandung alkali. Harga dari pondasi baja juga cukup mahal bila dibandingkan dengan material lain, seperti beton. Selain itu tiang baja mungkin saja rusak atau mengalami defleksi pada saat pelaksanaan pemancangannya.

b. Pondasi dalam tiang beton

Pondasi dalam tiang beton dibagi menjadi 2 yakni *Precast reinforced concrete pile* atau tiang pancang *precast* (gambar 2.3) dan *cast-in-situ pile* atau pondasi beton *cast-in-situ*. Karena tegangan tarik beton adalah kecil, sedangkan berat sendirinya besar, maka untuk menahan tarik tiang beton ini perlu diberi penulangan untuk menahan momen lentur yang terjadi pada saat pengangkatan dan pemancangan.



Gambar 2. 3. Penampang profil pondasi tiang beton precast
(sumber: *Principles of Foundation Engineering*, Braja M. Das)

Kelebihan *cast in situ pile* daripada *precast* salah satunya kedalaman pondasi *cast in situ* dapat menyesuaikan karena beton dicor di tempat. Contoh dari pondasi jenis ini adalah *bore pile*, *caisson* atau pondasi sumuran dan *franki pile*. Sedangkan untuk pondasi beton *precast* pada umumnya yang sering digunakan adalah pondasi *precast* dengan panjang 10 sampai 15 meter. Apabila lebih dari itu maka perlu dilakukan penyambungan. Namun demikian mutu beton *precast pile* lebih dapat dikontrol daripada *cast-in-situ pile* karena dibuat di pabrik dan cenderung lebih cepat, tidak memakan waktu *curing* dan penulangan. Saat ini penampang dari tiang pancang *precast* sendiri sudah bermacam-macam, seperti *spun pile*, *square pile*, dan *octagonal pile*.

Kapasitas ijin (Q_{all}) dari pondasi beton adalah

$$Q_{all} = A_s f_s + A_c f_c \quad (2.2)$$

Dimana A_s = luas penampang baja tulangan

A_c = luas penampang beton

f_s = tegangan ijin baja

f_c = tegangan ijin beton

c. Pondasi dalam tiang kayu

Pondasi dalam tiang kayu merupakan yang tertua dari penggunaan pondasi dalam yang lain. Pondasi jenis ini akan tahan lama bila kondisinya terendam air seluruhnya, dibanding bila kondisinya basah kering yang berganti-ganti. Menurut *The American Society of Civil Engineers' Manual of Practice*, No. 17 (1959) pondasi kayu dibagi menjadi 3 kelas.

1. Pondasi kayu Kelas A yakni kayu yang menahan *heavy loads* dengan diameter minimum 356 mm
2. Pondasi kayu Kelas B yakni kayu yang menahan *medium loads* dengan diameter minimum 305 sampai 330 mm
3. Pondasi kayu Kelas C yakni kayu yang digunakan untuk beban sementara dengan diameter minimum 305 mm.

Pada pemakaian tiang pancang dari kayu biasanya beban maksimum untuk 1 tiang pondasi tidak lebih dari 25 sampai 30 ton dengan diameter ujung tiang minimum 150 mm.

Kapasitas ijin (Q_{all}) dari pondasi kayu adalah

$$Q_{all} = A_p f_w \quad (2.3)$$

Dimana A_p = luas penampang pondasi
 f_w = tegangan ijin kayu

2.4.2. Metode pelaksanaan pondasi dalam

Mekanisme pelaksanaan pondasi dalam jenis tiang pancang pada umumnya dipukul menggunakan palu (*hammer drivers*) atau digetar menggunakan alat vibro (*vibratory drivers*).

a. *Hammer pile dirving*

Prinsip kerja *hammer pile driving* adalah memasukkan pondasi ke dalam tanah dengan dipukul menggunakan palu dengan spesifikasi berat, tinggi jatuh, dan jumlah pukulan tertentu. Pada beberapa kasus tertentu untuk mengurangi efek dari pukulan palu terhadap tiang pondasi, digunakan bantalan peredam pada kepala tiang agar kepala tiang tidak rusak. *Hammer pile driving* sendiri terdiri dari 3 macam; *drop hammer*, *single-acting hammer*, dan *double-acting hammer* (gambar 2.4).



Gambar 2. 4. Drop hammer (a) dan double acting hammer (b)
(sumber: //google.com)

Drop hammer, *single-acting hammer*, dan *double-acting hammer*, ketiganya memiliki prinsip kerja yang sama. Perbedaannya pada *single-acting hammer*, palu diangkat menggunakan tenaga uap hingga mencapai tinggi jatuh tertentu. Sedangkan pada *double-acting hammer*, tenaga uap yang terdapat pada alatnya selain untuk mengangkat palu, juga berfungsi menekan tiang pondasi ke dalam tanah. Sehingga kecepatan pemancangan oleh *double-acting*

hammer lebih besar daripada *single* maupun *drop hammer*. *Drop hammer* sendiri saat ini sudah jarang digunakan untuk konstruksi besar karena bekerjanya paling lambat dibandingkan dua jenis *hammer driving* yang lain.

b. *Vibratory pile driving*

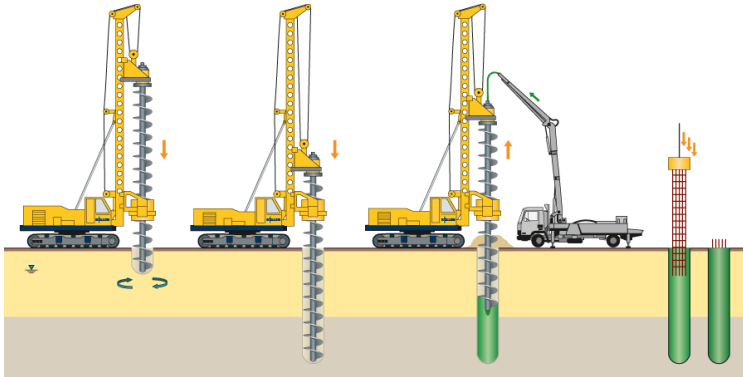


Gambar 2. 5. *Vibratory pile driving*
(sumber: //google.com)

Vibratory pile driving (gambar 2.5) adalah cara memasukkan pondasi ke dalam tanah dengan menggetarkan tanah di lokasi pemancangan sehingga tanah di lokasi menjadi lebih lepas (*loose*) sehingga mudah untuk menekan pondasi ke dalam tanah. Kelebihan dari menggunakan metode ini adalah tingkat penetrasi yang tinggi, mengurangi kebisingan, dan kemungkinan kesalahan letak pemancangan (*mislacement*). Untuk area konstruksi dengan lingkungan dekat dengan pemukiman penduduk atau gedung-gedung eksisting, pelaksanaan menggunakan vibro dapat menjadi alternatif karena dampak getarannya tidak sebesar dampak pukulan pada *hammer pile driving*.

Saat ini sudah banyak teknologi yang dikembangkan untuk pelaksanaan pondasi dalam. Seperti *jetting*, yaitu ketika terdapat lapisan tanah keras yang tipis dibawah lapisan tanah lunak di lokasi yang akan dilakukan pemancangan. Dengan metode *jetting* ketika alat sudah menyentuh tanah keras, dimasukkan air melalui pipa ke kedalaman tersebut dengan tujuan agar dapat melepaskan lapisan tanah keras sehingga tiang pondasi dapat masuk ke lapisan yang lebih dalam. Selain itu ada juga *Hydraulic Static Pile Driver* (HSPD), yaitu cara memasukkan tiang pondasi ke dalam tanah dengan sistem dongkrak hidraulik yang diberi beban berupa *counterweight*. Sistem ini tidak menimbulkan getaran dan gaya tekan dongkrak hidrauliknya dapat dibaca melalui manometer.

Sementara untuk tiang pondasi jenis *cast-in-situ* pelaksanaannya tidak lepas dari pengeboran (gambar 2.6). Menggunakan mata bor jenis tertentu, lokasi dibor sesuai dengan kedalaman yang dibutuhkan. Setelah dibor, lubang bor kemudian dibersihkan, dilanjutkan dengan instalasi tulangan. Setelah selesai baru dimulai proses pengecoran pada bore pile tersebut. Untuk mencegah tercemarnya material beton dengan lumpur limbah, sudah banyak dikembangkan pelaksanaan bore pile seperti memasang casing terlebih dahulu pada lubang bor. Kunci dari pelaksanaan bore pile adalah mutu betonnya agar selalu dapat dikontrol dan pemasangan tulangannya harus sesuai dengan perencanaan,



Gambar 2. 6. Pelaksanaan tiang pondasi cast in situ
(sumber://google.com)

Pemilihan metode pelaksanaan pondasi dalam di lapangan didasarkan pada kondisi tanah setempat dan waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan pelaksanaan pondasi dalam. Selain itu pemilihan metode juga didasarkan pada lingkungan di sekitar area konstruksi. Pelaksanaan pondasi dalam diharapkan tidak mengganggu dan merusak area sekitar lokasi.

2.4.3. Mekanisme transfer beban

a. *Point bearing pile (End bearing pile)*

Tiang pondasi dengan tahanan ujung (*point bearing pile/end bearing pile*) meneruskan beban melalui ujung tiang pondasi ke lapisan tanah keras. Sebagai pedoman untuk dapat disebut sebagai lapisan pendukung yang baik adalah apabila (Sardjono, 1971):

- Lapisan non-kohefif dengan harga N-SPT > 35
- Lapisan kohefif dengan harga kuat tekan bebas (unconfined compression strength) (q_u) 3 sampai 4 kg/cm^2
- Untuk hasil sondir, harga perlawanan konus di sekitar $S > 150 \text{ kg/cm}^2$ untuk lapisan kohefif dan $S > 70 \text{ kg/cm}^2$ untuk lapisan non-kohefif.

Yang perlu diperhatikan dalam mekanisme transfer beban dengan tahanan ujung ini adalah apabila dibawah lapisan pendukung terdapat lapisan tanah lunak, sedangkan ketebalan lapisan pendukung tipis. Dalam hal ini penurunan perlu diperhitungkan. Selain itu juga perlu dilakukan cek apakah tahanan ujung masih berlaku atau tidak.

b. *Friction pile*

Pada kasus tertentu seringkali ditemui lapisan pendukung tanah keras yang memenuhi syarat terletak sangat dalam, sehingga tidak memungkinkan atau terlalu mahal bila digunakan pondasi dalam. Sehingga alternatif yang dapat menjawab persoalan tersebut adalah menggunakan tahanan geser (*friction*) antara tiang pondasi dan tanah disekelilingnya sebagai sumber daya dukung. Tahanan ujung tetap memberikan daya dukung walaupun kecil.

Tahanan geser pada pondasi dalam sangat bergantung pada sifat tanah dan lapisannya. Pada tanah berbutir kasar *Friction pile* meneruskan beban ke tanah melalui geseran kulit (*skin friction*). Tiang-tiang pondasi dalam satu grup yang saling berdekatan menyebabkan berkurangnya pori-pori tanah, sehingga tanah diantara dan disekeliling tiang-tiang tersebut menjadi lebih rapat (*compact*). Sedangkan *friction pile* pada tanah berbutir halus, beban juga diteruskan ke tanah melalui geseran kulit. Tetapi pada proses pelaksanaannya tiang-tiang pondasi dalam satu grup tidak menyebabkan tanah diantara tiang-tiang tersebut menjadi *compact*.

Kombinasi dari tahanan ujung (Q_p) dan tahanan geser (Q_s) yang terjadi pada pondasi dalam akan menjadi kapasitas ultimate (Q_u) dari pondasi yang akan menahan seluruh beban dari bangunan di atasnya (*super structure*). Contoh jenis

pondasi dimana tahanan ujung dan tahanan geser dapat diperhitungkan keduanya adalah tiang pancang *precast*.

2.5. Pondasi Dalam dengan Beban Lateral

2.5.1. Beban lateral pada pondasi tiang tegak

Pondasi tiang tegak didesain untuk menerima gaya dominan vertikal. Namun demikian ternyata gaya horizontal yang cukup besar juga terjadi pada tiang pondasi sehingga tiang pondasi harus direncanakan untuk mendukung beban lateral yang terjadi. Besarnya beban lateral yang harus didukung tiang pondasi bergantung pada bagian pondasi yang mengirim gaya horizontal tersebut hingga sampai ke tanah. Gaya horizontal yang terjadi pada tiang pondasi bergantung pada cara penyambungan ujung tiang ke kepala tiang (*pilecap*), kekakuan atau tipe tiang, jenis tanah, dan besar defleksi (Hardiyatmo, 2008).

Cara penyambungan ujung tiang ke kepala tiang pada umumnya terbagi menjadi 2 yakni ujung bebas (*free headed pile*) dan ujung terjepit (*fixed headed pile*). Berdasarkan kekakuannya tiang terbagi menjadi tiang kaku dan tiang tidak kaku. Menurut Tomlinson (1977) tiang kaku atau disebut juga tiang pendek dan tiang tidak kaku (tiang panjang) didefinisikan terkait dengan panjang tiang yang tertanam dalam tanah (L), seperti pada tabel 2.6. Batasan ini digunakan untuk menghitung defleksi tiang akibat gaya horizontal.

Tabel 2. 8. Definisi tiang kaku dan tidak kaku menurut Tomlinson

Tipe Tiang	Modulus tanah (K) bertambah dengan kedalaman	Modulus tanah (K) konstan
Kaku	$L \leq 2T$	$L \leq 2R$
Tidak kaku	$L \geq 4T$	$L \geq 3,5R$

(sumber: Teknik Fondasi 2, Hary Christady Hardiyatmo)

Dimana:

T = Faktor kekakuan untuk tanah yang tidak konstan (lempung terkonsolidasi normal dan tanah granuler)

$$T = \sqrt[5]{EI / n_h} \quad (2.4)$$

E = Modulus elastisitas tiang

I = Momen inersia tiang

n_h = Koefisien variasi modulus (tabel 2.9)

R = Faktor kekakuan untuk modulus tanah konstan (lempung kaku over consolidated)

$$R = \sqrt[4]{EI / K} \quad (2.5)$$

K = Modulus tanah

K = $k_1/1,5$

k_1 = Modulus reaksi subgrade Terzaghi (tabel 2.10)

Tabel 2. 9. Harga koefisien variasi modulus n_h

Tanah	n_h (kN/m ³)	Referensi
Lempung terkonsolidasi normal lunak	166 – 3518	Reese dan Matlock (1956)
Lempung terkonsolidasi normal organik	111 – 277	Peck dan Davisson (1962)
Gambut	55	Davisson (1970)
Loess	8033 – 11080	Bowles (1968)
Pasir kering/lembab	2425 – 19400	Terzaghi (1955)
Pasir terendam air	1386 – 11	Terzaghi (1955)

(sumber: Teknik Fondasi 2, Hary Christady Hardiyatmo)

Tabel 2. 10. Harga koefisien modulus reaksi subgrade menurut Terzaghi

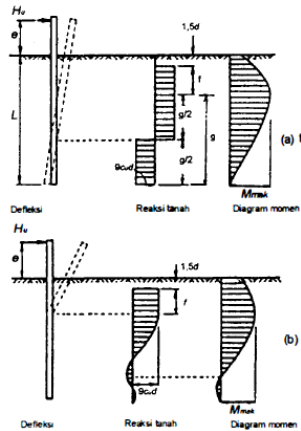
Konsistensi	Kaku	Sangat kaku	Keras
Kohesi undrained (c_u) (kg/cm^2)	1 – 2	2 – 4	> 4
k_1 (kg/cm^3)	1,8 – 3,6	3,6 – 7,2	>7,2
k_1 direkomendasikan (kg/cm^3)	2,7	5,4	>10,8

(sumber: Teknik Fondasi 2, Hary Christady Hardiyatmo)

- a. Menentukan tahanan beban lateral ultimate (H_u) pada tanah kohesif

Untuk tiang pondasi dalam tanah kohesif, Tomlinson (1964) merumuskan sebagai berikut:

- Tiang ujung bebas



Gambar 2. 7. Tiang kaku ujung bebas (a) dan Tiang panjang ujung bebas (b)

Menurut Tomlinson rumusan menghitung gaya horizontal yang diterima tiang pondasi (H_u) untuk tiang dengan ujung bebas sebagai:

$$H_u = \frac{M_u}{(e + z_f)} \quad (2.6)$$

Dimana:

M_u = Momen ultimate tiang pondasi

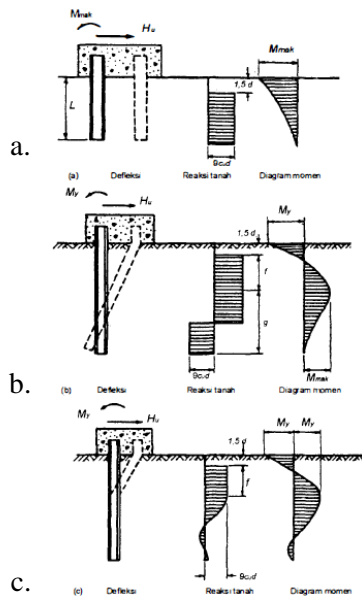
e = Jarak H_u dengan muka tanah

z_f = 1,4 R (Untuk tanah lempung kaku over consolidated)

z_f = 1,8 T (Untuk lempung terkonsolidasi normal dan tanah granuler)

Nilai H_u tahanan dari tiang pondasi harus lebih besar dari H_u aktual akibat beban di atasnya

– Tiang ujung terjepit



Gambar 2. 8. Tiang kaku ujung terjepit (a), tiang sedang ujung terjepit (b), tiang panjang ujung terjepit (c)

Persamaan H_u untuk tiang pondasi dengan ujung terjepit, Tomlinson merumuskannya sebagai berikut:

$$H_u = \frac{2Mu}{(e + Z_f)} \quad (2.7)$$

Dimana:

- Mu = Momen ultimate tiang pondasi
- e = Jarak H_u dengan muka tanah
- z_f = 1,4 R (Untuk tanah lempung kaku over consolidated)
- z_f = 1,8 T (Untuk lempung terkonsolidasi normal dan tanah granuler)

Nilai H_u dari tiang pondasi harus lebih besar dari H_u aktual akibat beban di atasnya

- b. Defleksi tiang vertikal akibat tegangan horizontal
Untuk tiang dengan ujung bebas defleksi dapat dinyatakan sebagai:

$$U = \frac{H(e + z_f)^3}{3E_p I_p} \quad (2.8)$$

Sedangkan defleksi yang terjadi pada ujung jepit dinyatakan sebagai:

$$U = \frac{H(e + z_f)^3}{12E_p I_p} \quad (2.9)$$

Dimana:

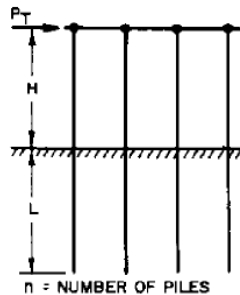
- H = Beban lateral
- E_p = Modulus elastisitas tiang
- I_p = Momen inersia dari penampang tiang
- e = Jarak H_u dengan muka tanah
- z_f = 1,4 R (Untuk tanah lempung kaku over consolidated)

$$z_f = 1,8 T \text{ (Untuk lempung terkonsolidasi normal dan tanah granuler)}$$

2.5.2. Defleksi tiang pondasi

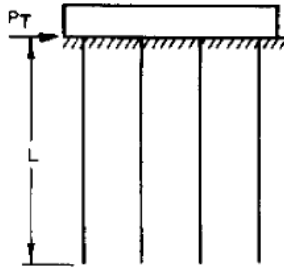
Pondasi tiang mengalami defleksi sebagai akibat dari beban lateral yang bekerja padanya. Menurut NAVFAC DM-7 (1971), defleksi yang terjadi pada tiang pondasi dibedakan menurut letak kepala tiang (*pilecap*) dari pondasi tersebut.

1. Kondisi 1, dimana tiang pondasi dengan kepala tiang yang fleksibel atau terjepit di ujungnya (gambar 2.12)



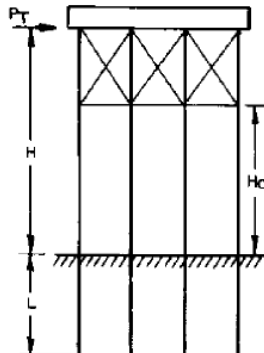
Gambar 2. 9. Tiang pondasi dengan kepala tiang yang fleksibel

2. Kondisi 2, dimana tiang pondasi dengan kepala tiang kaku, menempel diatas permukaan tanah (gambar 2.13)



Gambar 2. 10. Tiang pondasi dengan kepala tiang kaku, menempel diatas permukaan tanah


3. Kondisi 3, dimana tiang pondasi dengan kepala tiang kaku terletak pada ketinggian tertentu (gambar 2.14)




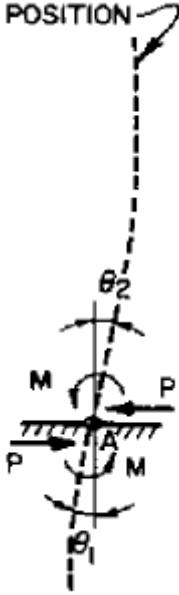
Gambar 2. 11. Tiang pondasi dengan kepala tiang kaku terletak pada ketinggian tertentu

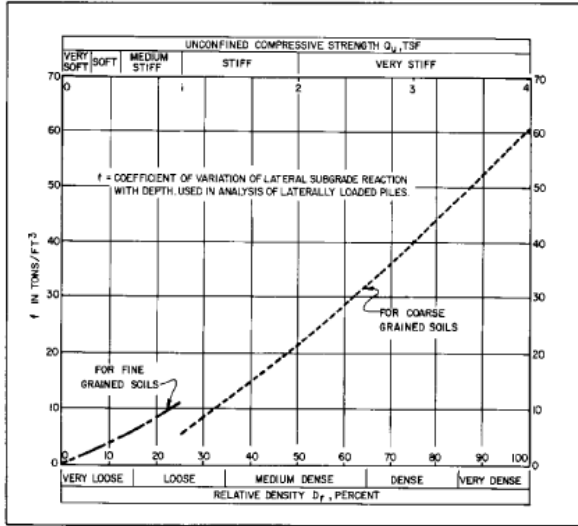
NAVFAC (1971) memberikan prosedur desain yang berbeda untuk ketiga kondisi tersebut. Prosedur-prosedur tersebut dapat dilihat lengkap pada tabel 2.9.

Tabel 2. 11. Prosedur desain untuk 3 kondisi menurut NAVFAC (1971)

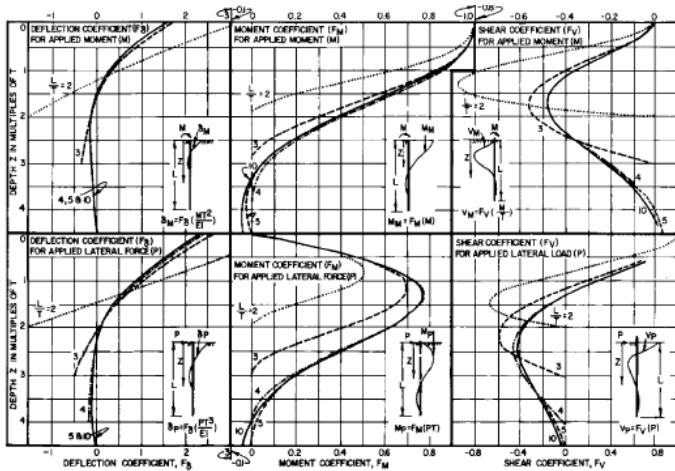
Kondisi	Defleksi tiang	Prosedur desain
Kondisi 1	<p>FOR EACH PILE:</p> $P = \frac{PT}{n}$ $M = PH$  <p>DEFLECTED POSITION</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menghitung faktor kekakuan relatif (T) $T = \left(\frac{EI}{f} \right)^{1/5}$ Dimana nilai f dapat diambil melalui gambar 2.15. Nilai f dalam Lb/in^3 2. Menentukan kurva yang sesuai dengan L/T rencana pada gambar 2.16 3. Menentukan koefisien defleksi (F_δ), koefisien momen (F_M), dan koefisien geser (F_V) berdasarkan gambar 2.16 4. Menghitung defleksi, momen, dan gaya geser pada kedalaman yang ditentukan dengan persamaan pada gambar 2.16

Kondisi 2		<ol style="list-style-type: none"> 1. Menghitung faktor kekakuan relatif, sama dengan langkah pertama kondisi 1 2. Menentukan koefisien defleksi (F_δ), koefisien momen (F_M), dan koefisien geser (F_V) berdasarkan gambar 2.17 3. Menghitung defleksi, momen, dan gaya geser pada kedalaman yang ditentukan dengan persamaan pada gambar 2.17 4. Menghitung gaya geser maksimum. Gaya geser maksimum dianggap terjadi pada ujung atas tiang pancang, besarnya: $P = \frac{PT}{n}$ Dimana: P = Besar gaya geser 1 tiang pancang PT = Besar gaya geser total yang bekerja N = jumlah tiang pancang
-----------	---	---

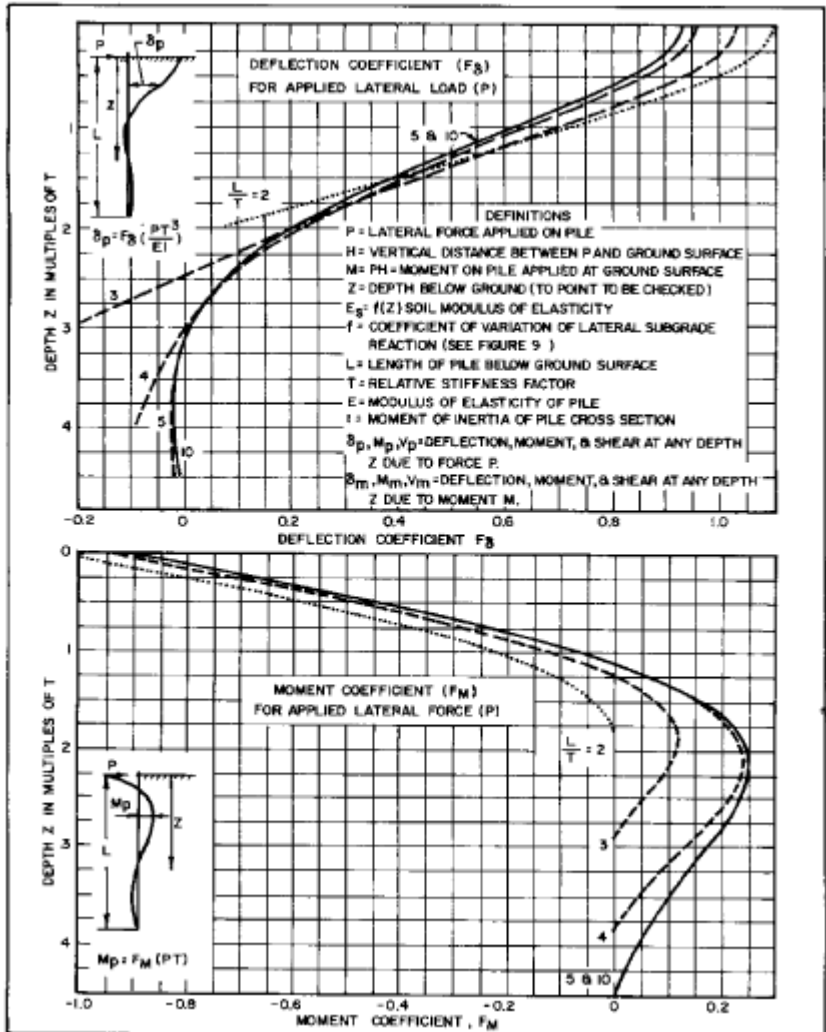
Kondisi 3	<p style="text-align: center;">DEFLECTED POSITION</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pada gambar disamping, asumsikan pada titik A terjadi jepitan dengan momen M 2. Menghitung θ_2 diatas tanah 3. Menghitung θ_1 dari koefisien kemiringan dari gambar 2.18 dimana: $\theta_1 = F_\theta \left(\frac{PT^2}{EI} \right) + F_\theta \left(\frac{MT}{EI} \right)$ 4. Hitung $\theta_1 = \theta_2$ sehingga nilai M dapat ditentukan 5. P dan M diketahui, maka defleksi, momen, dan gaya geser dapat dihitung menggunakan cara yang sama seperti kondisi 1 <p>Catatan: Apabila kondisi tanah dasar tidak datar, P setiap tiang dapat dihitung sebagai I/Ho^3</p>
-----------	---	---



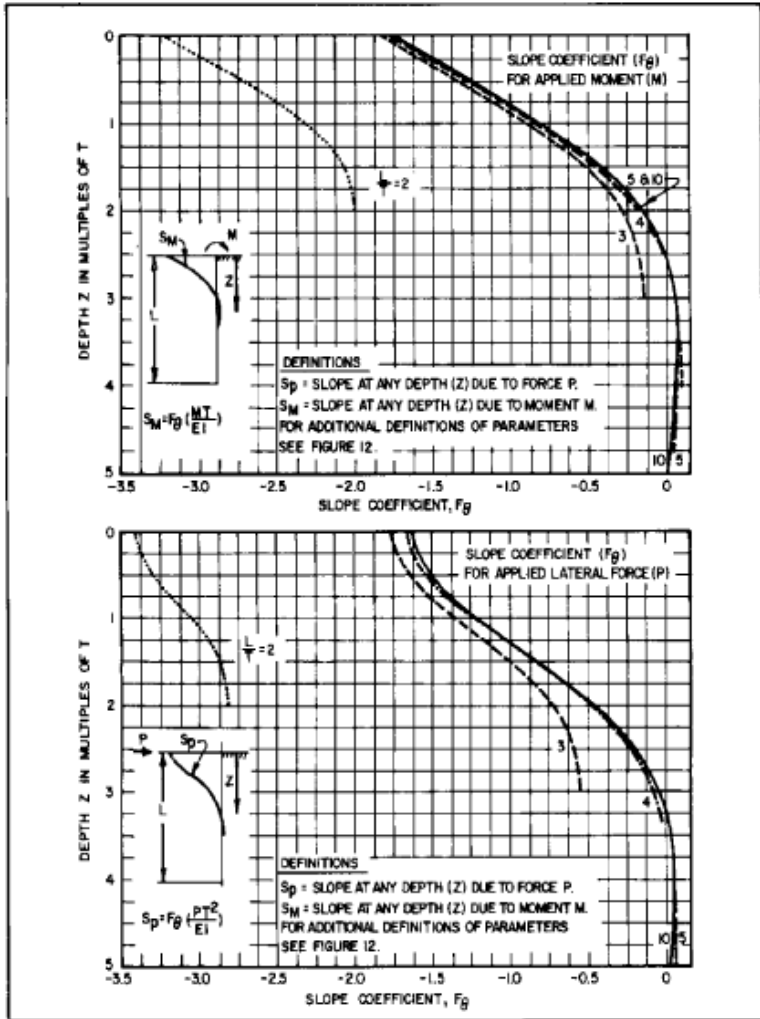
Gambar 2. 12. Koefisien variasi (f)



Gambar 2. 13. Grafik yang digunakan untuk mencari harga dari koefisien koefisien defleksi (F_{δ}), koefisien momen (F_M), dan koefisien geser (F_V) pada kondisi 1



Gambar 2. 14. Besar koefisien defleksi (F_{δ}) dan koefisien momen (F_M) untuk Kondisi 2



Gambar 2. 15. Koefisien kemiringan untuk kondisi 3

2.6. Daya Dukung Pondasi Dalam

Perhitungan daya dukung pondasi dilakukan berdasarkan hasil penyelidikan tanah berupa nilai N-SPT yang telah dilakukan di lapangan. Untuk tanah pasir halus, pasir berlanau, dan pasir berlempung yang berada dibawah muka air tanah serta nilai N-SPT lebih dari 15, N' dikoreksi sebagai berikut:

$$N_1 = 15 + \frac{1}{2}(N - 15) \quad \text{Terzaghi dan Peck (1960)} \quad (2.10)$$

$$N_1 = 0,6N \quad \text{Bazaraa (1967)} \quad (2.11)$$

Dari kedua harga N_1 tersebut dipilih yang terkecil. Sedangkan untuk harga N kurang dari 15 untuk seluruh jenis tanah, tidak perlu dikoreksi. Jadi $N_1 = N$. Setelah mendapatkan hasil N_1 dikoreksi kembali dengan memperhitungkan pengaruh tekanan vertikal efektif pada lapisan tanah (*overburden pressure*).

$$N_2 = \frac{4N_1}{1 + 0,4P_o} \quad \text{bila } P_o \leq 7,5 \text{ Ton/m}^2 \quad (2.12)$$

$$N_2 = \frac{4N_1}{3,25 + 0,1P_o} \quad \text{bila } P_o \geq 7,5 \text{ Ton/m}^2 \quad (2.13)$$

Dimana P_o adalah tekanan tanah vertikal efektif pada kedalaman yang ditinjau. Harga N_2 koreksi harus lebih kecil sama dengan $2N_1$. Bila N_2 koreksi melebihi syarat, maka dapat dibuat $N_2 = 2N_1$

2.6.1. Daya dukung pondasi tiang tunggal

Secara teoritis, kapasitas daya dukung tiang pancang berdasarkan hasil uji SPT dapat dihitung berdasarkan perumusan metode dari Luciano Decourt (1982). Daya dukung ultimate pondasi tiang tunggal dihitung sebagai berikut:

$$Q_u = Q_p + Q_s \quad (2.14)$$

Di mana :

- Q_u = Daya dukung ultimate pondasi dalam
 Q_p = Daya dukung pondasi berdasarkan kapasitas ujung dasar tiang
 Q_s = Daya dukung pondasi berdasarkan kapasitas gesekan dinding/selimut tiang

$$Q_p = \alpha \times q_p \times A_p$$

$$Q_p = \alpha \times (N_p \times K) \times A_p \quad (2.15)$$

Di mana :

- α = Koefisien Dasar Tiang (tabel 2.10)
 q_p = kekuatan pada ujung dasar tiang
 \bar{N}_p = Rata-rata nilai N-SPT sepanjang $4xB$ di atas dan $4xB$ di bawah ujung dasar tiang.
- $$= \sum_{i=1}^n \frac{N_i}{n} \quad (2.16)$$
- B = Diameter Tiang Rencana
 K = Koefisien karakteristik tanah
 = 12 t/m^2 untuk lempung
 = 20 t/m^2 untuk lanau berlempung.
 = 25 t/m^2 untuk lanau berpasir.
 = 40 t/m^2 untuk pasir.
 A_p = Luasan pada ujung dasar tiang

$$Q_s = \beta \times q_s \times A_s$$

$$Q_s = \beta \times \left(\frac{N_s}{3} + 1 \right) \times A_s \quad (2.17)$$

Di mana :

- β = Koefisien Shaft (tabel 2.10)
 q_s = Kekuatan berdasarkan gesekan lateral (t/m^2)
 \bar{N}_s = Rata-rata nilai N-SPT (Sepanjang tiang tertanam),

$$A_s = \begin{array}{l} \text{Dengan batasan: } 3 \leq N \leq 50 \\ \text{Luas selimut tiang tertanam} \\ \text{(Keliling tiang x Panjang Tiang Tertanam)} \end{array}$$

Tabel 2. 12. Koefisien α dan β berdasarkan jenis tanah dan jenis pondasi

Pile/Soil	Clay		Intermediate soil		Sand	
	α	β	A	β	A	β
Driven pile	1	1	1	1	1	1
Bore pile	0,85	0,80	0,60	0,65	0,50	0,50
Injected pile	1	3	1	3	1	3

(sumber: Decourt & Quaresma, 1978 & Decourt et al, 1996)

Selain menggunakan metode Luciano Decourt (1982) kapasitas daya dukung tiang tunggal melalui data tanah berupa N-SPT juga dapat dihitung melalui metode Meyerhoff Bazaraa (1932) melalui persamaan berikut:

$$Q_{ult} = P_{ult} = Cn \times A_{ujung} + \sum Cli \times A_{si} \quad (2.18)$$

Di mana :

- Cn = $40 \bar{N}$
- \bar{N} = Harga rata-rata N_2 4D dibawah ujung sampai 8D diatas ujung tiang
- A_{ujung} = Luasan ujung tiang
- Cli = Hambatan geser selimut tiang pada segmen-i
- Cli = f_{si} , dimana:
 $N/2$ (ton/m²) untuk tanah lempung/lanau
 $N/5$ (ton/m²) untuk tanah pasir
- A_{si} = Luas selimut tiang pada segmen i
(Keliling tiang segmen-i x Panjang Tiang pada segmen-i)

2.6.2. Daya dukung dan efisiensi pondasi tiang grup

Kapasitas daya dukung ultimate kelompok tiang dengan memperhatikan faktor efisiensi dinyatakan oleh persamaan:

$$Q_{grup} = n \times Eff \times Q_u \quad (2.19)$$

Dimana:

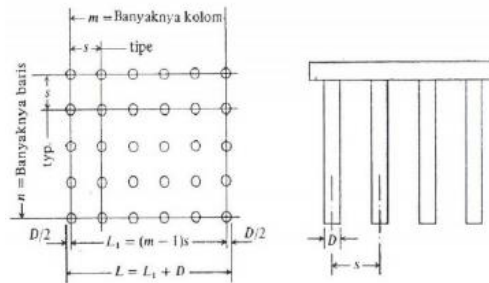
- Eff = Efisiensi kelompok tiang
- n = Jumlah tiang dalam kelompok
- Q_u = Daya dukung ultimate 1 tiang

Efisiensi pondasi tiang grup yang disarankan oleh Converse-Labarre Formula adalah

$$Eff = 1 - \theta \frac{(n' - 1)m + (m - 1)n'}{90mn'} \quad (2.20)$$

Dimana:

- Eff = Efisiensi kelompok tiang
- m = Jumlah baris tiang
- n' = Jumlah tiang dalam 1 baris
- θ = Arc tg d/s , dalam derajat
- s = Jarak pusat ke pusat tiang (gambar 2.18)
- d = Diameter tiang



Gambar 2.16. Jarak antara pusat ke pusat tiang (*sumber: Teknik Fondasi 2, Hary Christady Hardiyatmo*)

Persamaan daya dukung diatas merupakan daya dukung ultimate tiang grup untuk jarak antar tiang sekitar 2,25 kali diameternya atau lebih. Sedangkan untuk daya dukung tiang grup dengan konfigurasi jarak antar tiang sangat rapat maka berlaku kapasitas tiang yang berkaitan dengan keruntuhan blok.

Pada umumnya keruntuhan blok terjadi bila rasio jarak antar tiang dibagi diameternya kurang dari 2. Terzaghi dan Peck (1948) merumuskan daya dukung tiang grup akibat keruntuhan blok sebagai berikut:

$$Q_{grup} = 2D(B + L)c + 1,3c_h N_c BL \quad (2.21)$$

Dimana:

- D = Kedalaman tiang dibawah permukaan tanah
- B = Lebar kelompok tiang dihitung dari tepi-tepi tiang
- L = Panjang kelompok tiang
- c = Kohesi tanah di sekeliling kelompok tiang
- c_h = Kohesi tanah pada dasar tiang
- N_c = Faktor kapasitas dukung

Dalam hitungan kapasitas tiang grup maka dipilih yang terkecil dari perhitungan Q_{grup} diatas atau kapasitas tiang tunggal dikali jumlah tiang (nQ_u)

2.6.3. Penentuan daya dukung yang diijinkan

Daya dukung yang diijinkan (Q_{allowable}, Q_{all}) untuk pondasi dalam satu tiang adalah

$$Q_{all} = \frac{Q_u}{SF} \quad (2.22)$$

Dimana Q_u adalah daya dukung 1 tiang dan SF adalah faktor keamanan. Faktor keamanan diambil sebesar 3. Daya dukung yang diijinkan nantinya dibandingkan dengan gaya yang bekerja pada 1 tiang

dalam tiang grup akibat beban luar (beban vertikal dan momen)

$$P_{\max, \min} = \frac{\sum V}{n} \pm \frac{M_y x}{\sum x^2} + \frac{M_x y}{\sum y^2} \quad (2.23)$$

Dimana:

- $P_{\max, \min}$ = Beban vertikal pada masing-masing tiang
 n = Jumlah tiang
 x, y = Jarak-jarak tiang terhadap sumbu x, y maksimum
 $\sum V$ = Jumlah beban vertikal yang bekerja pada pusat kelompok tiang
 M_x, M_y = Momen terhadap sumbu x, y

Apabila P_{\max} terjadi $< Q_{\text{allowable}}$ maka pondasi tiang dikatakan mampu memikul beban rencana

2.7. Analisa penurunan pondasi tiang grup dan pondasi tiang tunggal

2.7.1 Penurunan elastis pondasi tiang tunggal (*Immediate settlement*)

Menurut Das (2006) total penurunan yang terjadi (s_e) akibat beban yang bekerja secara vertikal (Q_w) adalah

$$s_e = s_{e(1)} + s_{e(2)} + s_{e(3)} \quad (2.24)$$

Dimana:

- $s_{e(1)}$ = Penurunan elastis tiang
 $s_{e(2)}$ = Penurunan akibat kapasitas ujung tiang pondasi
 $s_{e(3)}$ = Penurunan akibat kapasitas gesek di sepanjang tiang pondasi

$$s_{e(1)} = \frac{(Q_{wp} + \xi Q_{ws})L}{A_p E_p} \quad (2.25)$$

Dimana:

- Q_{wp} = Kapasitas ujung tiang pondasi saat beban kerja
- Q_{ws} = Kapasitas gesek di sepanjang tiang pondasi saat beban kerja
- L = Panjang tiang
- A_p = Luas permukaan penampang tiang pondasi
- E_p = Modulus elastisitas bahan taing pondasi

$$s_{e(2)} = \frac{q_{wp} D}{E_s} (1 - \mu_s^2) I_{wp} \quad (2.26)$$

Dimana:

- q_{wp} = Q_{wp}/A_p
- D = Diameter tiang
- E_s = Modulus elastisitas tanah dibawah ujung tiang
- μ_s = Poisson's ratio tanah
- I_{wp} = Faktor influens (0,85)

Vesic (1977) juga menyarankan rumus empiris untuk mengetahui besarnya $s_{e(2)}$

$$s_{e(2)} = \frac{Q_{wp} C_p}{D q_p} \quad (2.27)$$

Dimana C_p adalah koefisien empiris (tabel 2.12)

Tabel 2. 13. Koefisien nilai empiris C_p menurut Vesic (1977)

Type of soil	Driven pile	Bored Pile
Sand (dense to loose)	0,02-0,04	0,09-0,18
Clay (stiff to soft)	0,02-0,03	0,03-0,06
Silt (dense to loose)	0,03-0,05	0,09-0,12

$$s_{e(3)} = \left(\frac{Q_{ws}}{pL} \right) \frac{D}{E_s} (1 - \mu_s^2) I_{ws} \quad (2.28)$$

Dimana:

$$\begin{aligned} P &= \text{keliling tiang} \\ L &= \text{Panjang tiang tertanam} \\ I_{ws} &= \text{Faktor influens (Vesic, 1977)} \\ &= 2 + 0,35 \sqrt{\frac{L}{D}} \end{aligned} \quad (2.29)$$

Perlu dicatat bahwa Q_{ws}/pL pada persamaan diatas merupakan nilai f rata-rata di sepanjang tiang. Vesic (1977) merumuskan persamaan yang lebih sederhana untuk menghitung $s_{e(3)}$ yaitu:

$$s_{e(3)} = \frac{Q_{ws} C_s}{q_p L} \quad (2.30)$$

Dimana:

$$\begin{aligned} C_s &= \text{Koefisien empiris} \\ &= (0,93 + 0,16 \sqrt{L/D}) C_p \\ C_p &= \text{Koefisien empiris yang dapat diambil menurut tabel 2.10} \end{aligned} \quad (2.31)$$

2.7.2 Penurunan elastis pondasi tiang grup (*Immediate settlement*)

Vesic (1969) merumuskan penurunan elastis pondasi tiang grup adalah:

$$s_{g(e)} = \sqrt{\frac{B_g}{D}} s_e \quad (2.32)$$

Dimana:

$S_{g(e)}$	=	Penurunan elastis tiang grup
B_g	=	Lebar tiang grup
D	=	Diameter pondasi tiang tunggal
s_e	=	Penurunan elastis tiang tunggal

2.7.3 Penurunan pondasi akibat Rangkak (*Creep*)

Beberapa tes dilakukan terhadap pondasi tiang terkait perilaku penurunannya terhadap waktu. Hasilnya pondasi tiang yang menerima beban diatas 1/3 kali beban ultimate, penurunannya bertambah seiring bertambahnya waktu, bahkan lama setelah konsolidasi selesai (Murayama dan Shibata, 1960). Menurut Poulos dan Davis (1980) dalam kasus tanah tertentu dengan variasi *creep-response* linier terhadap log waktu, persamaan penurunan pondasi akibat rangkak didapat sebagai berikut:

$$s_s = \frac{c\alpha}{1+ep} Hc \log \frac{t_p + \Delta t}{t_p} \quad (2.33)$$

Dimana:

S_s	=	Penurunan sekunder akibat rangkak
t_p	=	Waktu ketika konsolidasi primer selesai
Δt	=	Pertambahan waktu
t_2	=	$t_p + \Delta t$

2.8. Pengujian Integritas Tiang

Syarat suatu struktur pondasi agar dapat memikul beban bangunan adalah tidak boleh mengalami keruntuhan daya dukung dan kegagalan struktur. Keruntuhan daya dukung dalam arti pondasi tidak mengalami penurunan yang dapat membahayakan struktur yang dipikulnya. Sedangkan kegagalan struktur berarti pondasi yang digunakan untuk mentransfer beban bangunan harus cukup kuat dan tidak mengalami kerusakan bahan, atau dikenal dengan keutuhan (integritas) bahan.

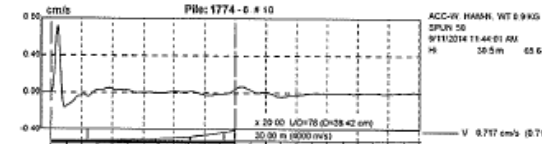
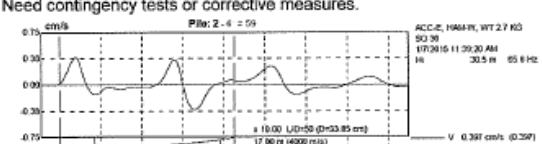
Pile Integrity Testing (PIT) adalah teknik uji keutuhan tiang yang bersifat non-destructive. Pengujian dilakukan dengan memukul kepala tiang menggunakan hammer. Kemudian accelometer yang dipasang pada kepala tiang akan membaca gelombang tekan (compression wave) yang bergerak akibat pukulan hammer yang bergerak dari kepala ke ujung tiang. PIT mengevaluasi data gaya dan kecepatan gelombang untuk ditarik kesimpulan mengenai kondisi tiang uji. Apabila kecepatan gelombang pada pembacaan cenderung konstan, maka dapat dikatakan material uji homogen. Namun apabila mendapat gangguan seperti retakan, kualitas beton yang kurang baik, atau pembesaran/pengecilan tiang maka gelombang akan dipantulkan kembali ke kepala tiang. Seluruh pantulan gelombang akan ditangkap oleh accelometer dan ditampilkan dalam peralatan PIT-FV, S/N 3816 CA yang diproduksi dan dikembangkan oleh Pile Dynamic, Inc., USA.

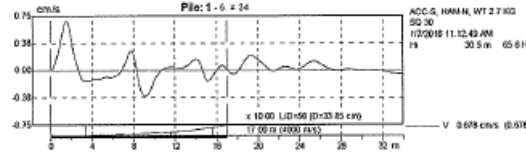
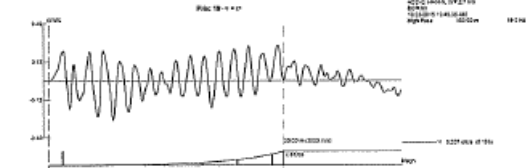
2.8.1 Metode Analisis PIT

Sinyal bacaan dari gelombang dapat dipandang sebagai dua bentuk, yakni time domain dan frequency domain. Time domain merupakan analisis sinyal berdasarkan variasi waktu. Sedangkan frequency domain merupakan analisis sinyal

berdasarkan variasi waktu. Pada pengujian ini bacaan sinyal yang digunakan adalah variasi waktu/time domain.

Untuk diplotkan pada grafik kecepatan gelombang dan panjang, waktu/time perlu dikalikan dengan cepat rambat gelombang pada beton. Kecepatan rambat gelombang (wave speed) berkisar antara 3200 hingga 4420 m/sec. Pada pengujian diambil sebesar 4000 m/sec untuk tiang pracetak. Hasil pengujian berupa grafik velocity kemudian diperiksa untuk mendeteksi pantulan yang cukup besar sebagai indikasi perubahan impedansi tiang. Apabila terdeteksi pantulan gelombang positif sebelum pantulan pada ujung tiang, hal tersebut mengindikasikan terjadi pengurangan impedansi tiang. Pencocokan (signal matching) menggunakan program PIT-W, dari Pile Dynamic, Inc, USA. Kriteria hasil evaluasi pengujian integritas tiang sesuai dengan usulan GRL Engineers, Inc., USA sebagai berikut:

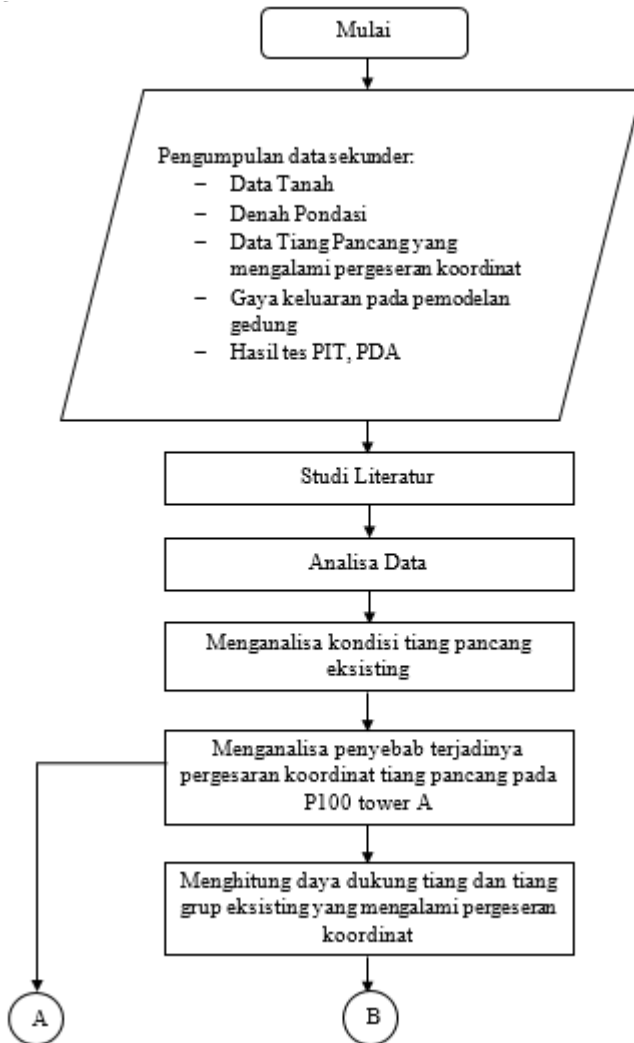
Kategori	Keterangan
A - Good Pile	<p>Clear toe response, no obvious defect, sound shaft.</p> 
B - Bad Pile	<p>Clear identification of serious defect, no toe signal. Need contingency tests or corrective measures.</p> 

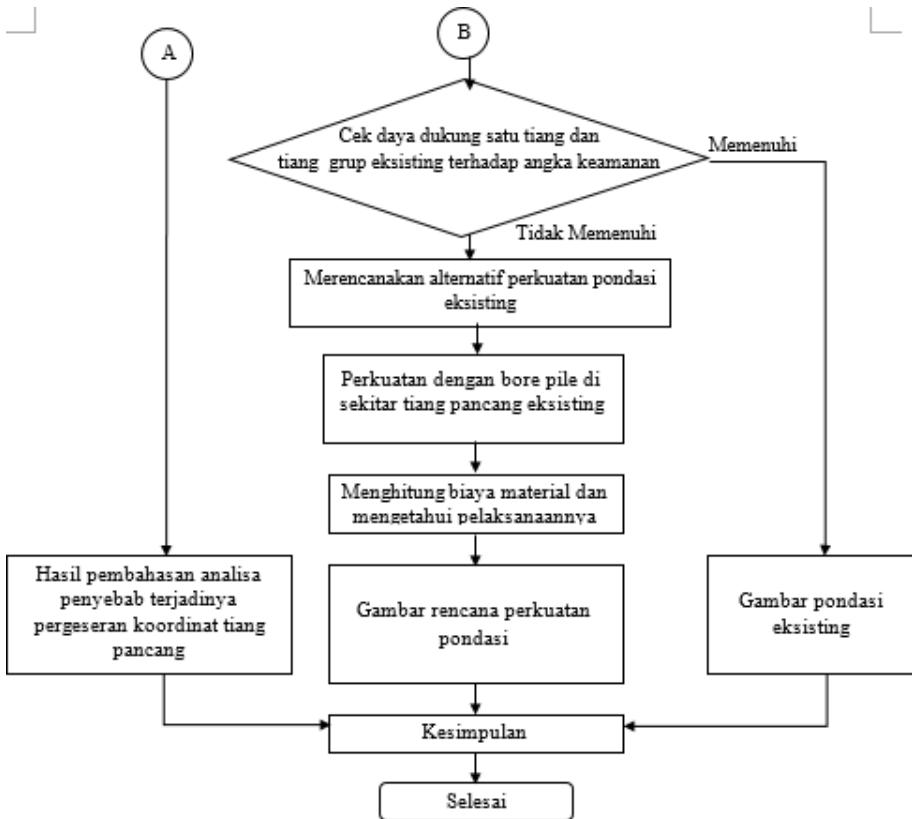
Kategori	Keterangan
C - Possible Defect	<p>Re-test, other tests, reduce capacity or replace.</p> 
D - Inconclusive Data	<p>Poor pile top quality, or no reflections due to strong soil. Fix pile top & re-test, will give information for upperpile shaft, which is a reason to accept pile.</p> 

Gambar 2. 17. Kriteria hasil evaluasi uji integritas tiang
(sumber: Laporan PIT Test Testana Engineering)

BAB III. BAGAN ALIR

3.1. Bagan Alir Tahapan Perencanaan





Gambar 3. 1. Diagram alir pengerjaan tugas akhir

3.2. Rincian Tahapan Perencanaan

Dari bagan alir diatas, maka dapat dijabarkan rincian tahapan pengerjaan tugas akhir sebagai berikut.

1. Mengumpulkan data sekunder
Pengumpulan data sekunder bertujuan untuk mengetahui data-data yang akan digunakan untuk

keperluan pengerjaan tugas akhir. Data-data sekunder yang ada antara lain:

- Data tanah Apartemen Puncak MERR Surabaya (Lampiran 1)
- Denah pondasi Apartemen Puncak MERR Surabaya
- Data tiang pancang yang mengalami pergeseran koordinat
- Gaya keluaran pada permodelan gedung Apartemen Puncak MERR Surabaya
- Hasil tes pondasi eksisting di lapangan yakni PIT dan PDA

2. Melakukan Studi Literatur

Studi literatur yang dilakukan antara lain mempelajari buku-buku pustaka, jurnal, studi penelitian terdahulu, maupun peraturan-peraturan yang dapat digunakan untuk perhitungan pondasi, seperti:

- Principles of Foundation Engineering, Braja M. Das
- Teknik Pondasi jilid 1 dan 2, Hary Christady Hardiyatmo
- Foundation and Earth Structures Design Manual vol. 7.02, NAVFAC
- Pile Foundation Analysis and Design, Puolos and Davis

3. Menganalisa data

Menganalisa dan mengolah data sekunder yang diperlukan, seperti:

- Menganalisa data tanah dan melakukan korelasi terkait parameter tanah yang diperlukan untuk perhitungan daya dukung pondasi.

- Mengetahui jarak antar tiang eksisting dan jarak tiang grup terhadap tiang grup disekitarnya dari denah pondasi
 - Mengetahui jarak tiang pancang yang mengalami pergeseran koordinat dari koordinat eksisting
 - Mengetahui gaya keluaran pada pemodelan gedung untuk keperluan perhitungan daya dukung pondasi
4. Menganalisa penyebab terjadinya pergeseran koordinat tiang pancang pada P100 tower A Apartemen Puncak MERR

Untuk mengetahui penyebab terjadinya pergeseran koordinat tiang pancang, maka perlu diketahui jenis dan sifat tanah di sekitar lokasi. Kemudian jarak antar lokasi pemancangan di tower B dengan lokasi terjadinya tiang yang mengalami pergeseran koordinat di tower A perlu diketahui. Selain itu interval waktu pemancangan antar tiang juga dapat menjadi faktor yang mempengaruhi pergeseran koordinat tiang pancang.

5. Menghitung daya dukung tiang dan tiang grup eksisting yang mengalami pergeseran koordinat

Dalam perhitungan daya dukung tiang grup eksisting maka perumusan yang digunakan merupakan rumus-rumus daya dukung tiang. Faktor-faktor yang mempengaruhi daya dukung tiang antara lain jenis tanah, kedalaman tiang, gaya/beban dari gedung yang dipikul pondasi, dan eksentrisitas tiang yang mengalami pergeseran terhadap koordinat tiang awal. Pada tahap ini juga diketahui apakah tiang yang mengalami pergeseran masih dapat digunakan untuk memikul beban atau tidak.

6. Melakukan cek terhadap daya dukung satu tiang dan tiang grup eksisting terhadap angka keamanan

Dari perhitungan daya dukung tiang dan tiang grup maka dapat dilakukan cek terhadap angka keamanan yang diisyaratkan. Apabila dari hasil cek daya dukung memenuhi syarat, maka dilakukan penggambaran pondasi eksisting. Namun apabila tidak memenuhi persyaratan maka dilakukan perencanaan alternatif perkuatan pondasi eksisting

7. Merencanakan alternatif perkuatan pondasi eksisting

Perencanaan perkuatan pondasi eksisting dengan bore pile di sekitar tiang pancang eksisting. Dalam hal ini yang perlu diperhatikan adalah jarak bore pile baru/perkuatan terhadap tiang pancang eksisting. Keluaran dari perhitungan ini adalah pola/denah alternatif perkuatan, diameter tiang pancang/bore pile yang digunakan, dan jarak antar tiang.

8. Menghitung biaya material dan mengetahui pelaksanaannya

Pada tahap ini alternatif perkuatan dihitung biaya materialnya dan diketahui pelaksanaannya di lapangan

9. Menggambar hasil perencanaan perkuatan pondasi

Pada tahap ini dilakukan penggambaran terhadap hasil perencanaan perkuatan pondasi yang dipilih.

10. Menyimpulkan hasil analisa penyebab terjadinya pergeseran koordinat tiang pancang dan daya dukung tiang pancang yang mengalami pergeseran

Kesimpulan dari tugas akhir ini adalah mengetahui penyebab terjadinya pergeseran koordinat tiang pancang dan mengetahui daya dukung tiang pancang yang mengalami pergeseran.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

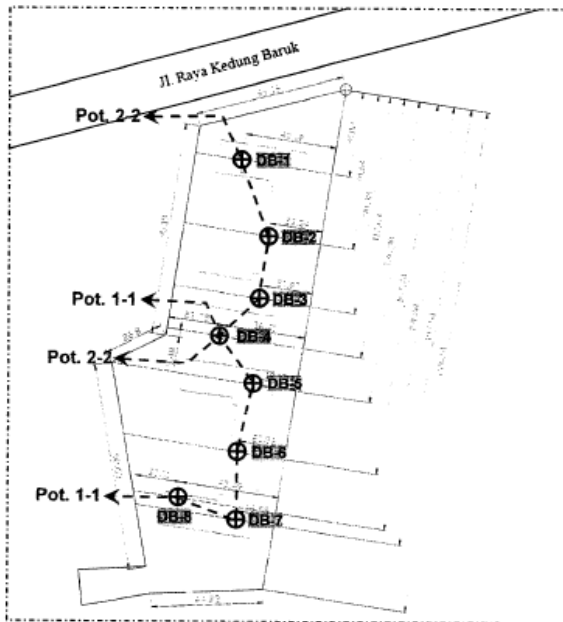
BAB IV ANALISA DATA TANAH DAN PENYEBAB PERGESERAN

4.1. Analisa Data Tanah

Data tanah yang digunakan berdasar tes tanah yang dilakukan di lokasi Apartemen Puncak MERR Surabaya.

4.1.1. Hasil pengujian SPT

Tes tanah yang dilakukan di lokasi proyek adalah *Standard Penetration Test* (SPT). Berdasarkan hasil tes tanah yang dilakukan di lokasi proyek, terdapat 8 titik bor dalam. Lokasi titik pengeboran dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

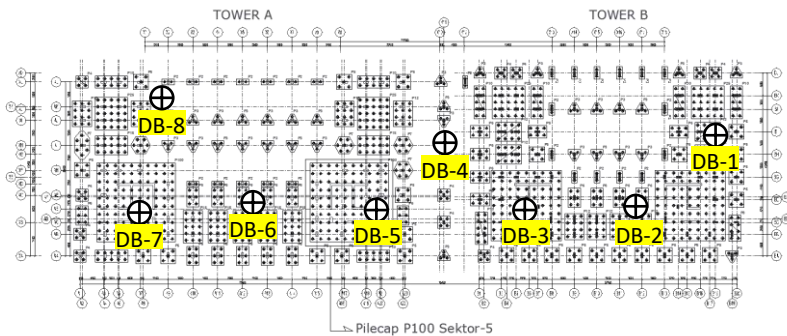


Gambar 4. 1. Lokasi titik-titik tes SPT

Tes tanah dilakukan hingga kedalaman 60 meter dengan keluaran berupa deskripsi tanah, konsistensi, tingkat kepadatan (*relative*

density), dan nilai dari N-SPT. Secara lengkap hasil SPT dapat dilihat pada Lampiran 1.

Dari kedelapan titik pengeboran dilakukan plotting terhadap denah pondasi sehingga dapat diketahui titik pengeboran yang bersesuaian dengan lokasi studi.

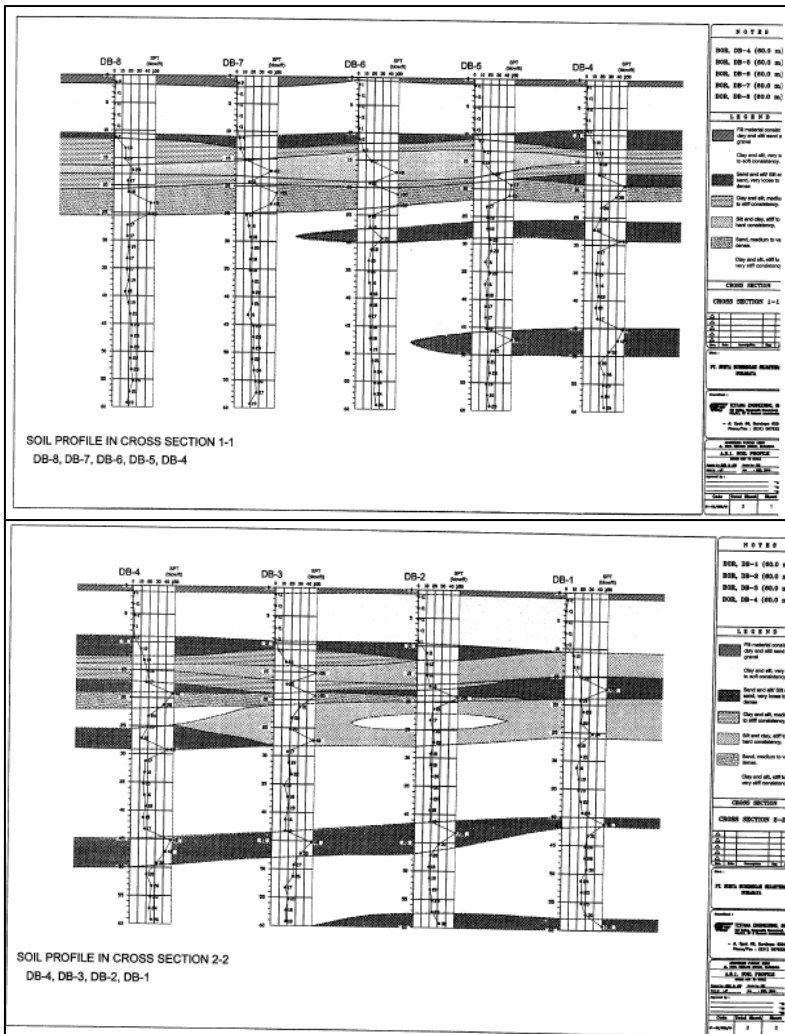


Gambar 4. 2. Plot titik pengeboran dengan lokasi studi

Pada saat tiang pancang pada pilecap P100 sektor 5 mengalami pergeseran (Area DB-5), P100 Tower B (Area DB-3) sedang melakukan proses pemancangan spun pile dengan alat Hydraulic Static Pile Driver (HSPD). Karena area lokasi studi berada diantara DB-3, DB-4, dan DB-5 maka data tanah yang digunakan untuk perhitungan selanjutnya adalah data tanah dari ketiga lokasi SPT tersebut.

4.1.2. Penggabungan data SPT

Untuk mengetahui konsistensi dari lapisan-lapisan tanah tersebut maka dibuat stratigrafi tanah, penggabungan dari 8 titik pengeboran SPT.



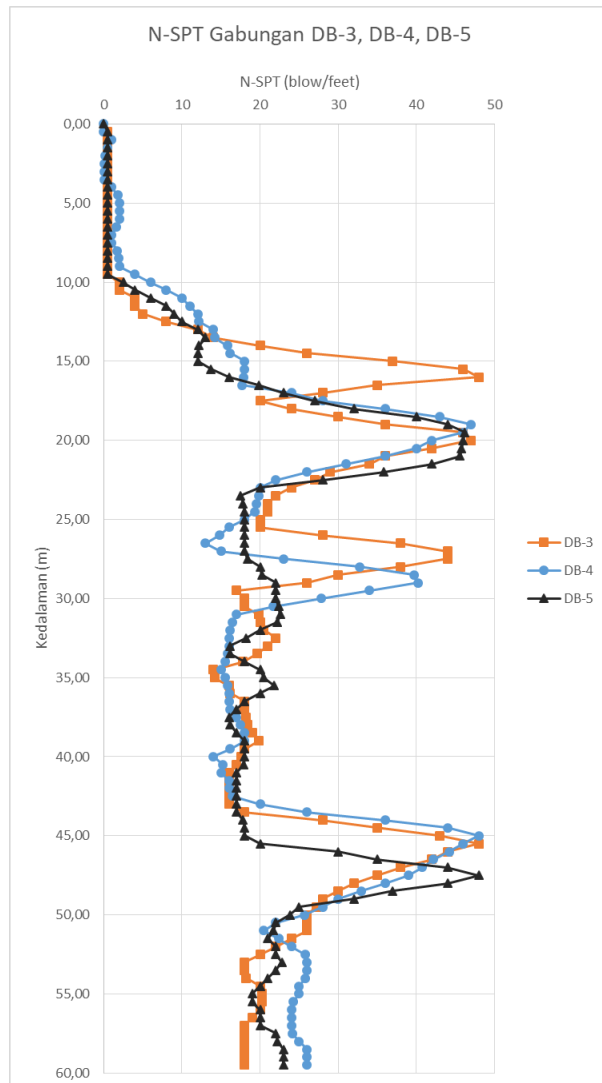
Gambar 4. 3. Stratigrafi tanah hasil tes tanah SPT

Dari stratigafi tanah (Gambar 4.5) dapat diketahui bahwa lapisan tanah dengan kedalaman 0 – 12 meter merupakan tanah lempung, sedikit berpasir dengan nilai N-SPT dibawah 10 dan konsistensi tanahnya sangat lunak hingga lunak. Pada kedalaman 12 – 30 meter terdiri atas lapisan tanah lanau berlempung dengan konsistensi sedang hingga keras dan lanau berpasir/pasir berlanau dengan tingkat kepadatan sedang hingga sangat padat. Sedangkan pada kedalaman 30 – 60 meter didominasi oleh lapisan tanah lempung berlanau dengan konsistensi kaku hingga amat kaku.

Selanjutnya setelah mengetahui stratigrafi tanah, dilakukan perbandingan data borlog pada 3 titik (DB-3, DB-4, dan DB-5) untuk mengetahui 90% data tanah yang paling kritis. Penggabungan data N-SPT 3 titik dapat dilihat pada Gambar 4.4. Dari data tersebut dipilih satu data SPT dengan data tanah terendah kedua, yaitu data tanah DB-5. Data tanah inilah yang akan dijadikan dasar dalam perhitungan analisa daya dukung pondasi selanjutnya.

4.1.3. Penentuan parameter tanah

Untuk keperluan perhitungan daya dukung pondasi dalam dibutuhkan data pelengkap yaitu berat jenis tanah jenuh (γ_{sat}) untuk mengetahui pengaruh tekanan vertikal efektif pada lapisan tanah. Pada data tanah proyek Apartemen Puncak MERR ini tidak memiliki parameter-parameter tanah hasil tes laboratorium. Sehingga berat jenis tanah jenuh diperoleh dengan cara pendekatan melalui hasil N-SPT dan konsistensi tanah dengan tabel korelasi parameter tanah menurut Bowles (1984) untuk tanah kohesif (tabel 2.2) dan menurut Teng (1962) untuk tanah non-kohesif (tabel 2.3). Hasil korelasi parameter tanah pada DB-5 dapat dilihat pada tabel 4.1



Gambar 4. 4. Grafik penggabungan data N-SPT tiga titik (DB-3, DB-4, DB-5)

Tabel 4.1. Korelasi N-SPT dan parameter tanah (γ_{sat})

Kedalaman (m)			H	N-SPT	Tipe Tanah	Konsistensi	Relative density	γ_{sat} (T/m ³)
Dari		Sampai	(m)	(blow/ft)				
0,00	-	1,00	1,00		Fill Material			
1,00	-	5,00	4,00	0,50	Lempung dan lanau	Very soft		1,40
5,00	-	10,00	5,00	0,50	Lempung dan lanau	Very soft		1,40
10,00	-	11,00	1,00	4,50	Pasir dan lempung	Soft		1,45
11,00	-	13,00	2,00	9,88	Lempung dan lanau	Medium		1,66
13,00	-	15,50	2,50	12,82	Lanau dan lempung	Stiff		1,74
15,50	-	16,50	1,00	19,70	Lanau dan lempung	Stiff		1,88
16,50	-	18,00	1,50	27,00	Lanau dan lempung	Very stiff		2,10
18,00	-	19,00	1,00	40,60	Lempung dan lanau	Very stiff		2,60
19,00	-	23,00	4,00	41,90	Pasir		Dense	2,10
23,00	-	26,00	3,00	18,22	Lanau dan lempung	Very stiff		1,84
26,00	-	29,00	3,00	18,77	Lanau dan pasir		Medium	1,87
29,00	-	31,50	2,50	22,20	Lanau dan lempung	Very stiff		1,95
31,50	-	36,50	5,00	19,30	Lempung dan lanau	Very stiff		1,86
36,50	-	41,00	4,50	17,34	Lempung dan lanau	Very stiff		1,81
41,00	-	46,00	5,00	17,58	Lempung dan lanau	Very stiff		1,84
46,00	-	50,00	4,00	36,88	Lanau dan pasir		Dense	2,13
50,00	-	55,00	5,00	21,83	Lempung dan lanau	Very stiff		1,96
55,00	-	57,50	2,50	19,60	Lempung dan lanau	Very stiff		1,90
57,50	-	60,00	2,50	22,64	Lempung dan lanau	Very stiff		1,95

4.1.4. Koreksi terhadap N-SPT

Seperti yang telah dijelaskan pada bab 2 mengenai daya dukung pondasi dalam, N-SPT asli tidak dapat digunakan untuk perhitungan daya dukung. N-SPT asli harus dikoreksi terlebih dahulu terhadap muka air tanah dan overburden pressure.

Koreksi nilai N-SPT berlaku untuk tanah pasir halus, pasir berlanau, dan pasir berlempung di bawah muka air tanah dengan nilai N-SPT > 15. Menurut data tanah DB-5 kedalaman 0 – 10 meter didominasi oleh tanah lempung. Kemudian terdapat jenis tanah pasir pada kedalaman 10 – 11 meter tetapi nilai N-SPT nya < 15, sehingga tidak perlu dilakukan koreksi. Jenis tanah yang harus dilakukan koreksi berada pada kedalaman 19 – 23 meter. Koreksi terhadap N-SPT terhadap muka air tanah (N_1) dihitung berdasarkan rumus 2.25 dan 2.26.

Contoh: pada kedalaman 19 meter nilai N-SPT = 45,8

$$a \quad N_1 = 15 + \frac{1}{2}(N - 15)$$

$$N_1 = 15 + \frac{1}{2}(45,8 - 15) = 30,4$$

$$b \quad N_1 = 0,6N$$

$$N_1 = 0,6(45,8) = 27,48$$

Harga nilai N_1 yang digunakan adalah nilai minimum dari hasil perhitungan N_1 yakni 27,48. Kemudian hasil N_1 dikoreksi lagi terhadap overburden pressure pada lapisan (N_2) dengan rumus 2.27 dan 2.28. Harga N_2 koreksi harus lebih kecil sama dengan $2N_1$. Bila N_2 koreksi melebihi syarat maka dapat dibuat $N_2 = 2N_1$

Contoh: pada kedalaman 19 meter nilai $P_o = 11,670 \text{ Ton/m}^2$, $P_o \geq 7,50 \text{ Ton/m}^2$ maka,

$$N_2 = \frac{4N_1}{3,25 + 0,1P_o}$$

$$N_2 = \frac{4(27,48)}{3,25 + 0,1(11,670)} = 24,89$$

$$2N_1 = 2(27,48) = 54,96$$

$$N_2 < 2N_1, \text{ sehingga } N_{\text{corr}} = N_2 = 24,89$$

Tabel hasil koreksi N-SPT DB-5 Apartemen Puncak MERR surabaya dapat dilihat pada tabel berikut

Tabel 4.2. Hasil perhitungan N koreksi DB-5 (1)

Kedalaman m	N-SPT	N1	γ_{sat} (T/m ³)	N2	2N	N Corr
0,00	0	0	1,40	0,00		0,00
0,50	0,5	0,5	1,40	2,00	1,00	1,00
1,00	0,5	0,5	1,40	2,00	1,00	1,00
1,50	0,5	0,5	1,40	2,00	1,00	1,00
2,00	0,5	0,5	1,40	2,00	1,00	1,00
2,50	0,5	0,5	1,40	1,85	1,00	1,00
3,00	0,5	0,5	1,40	1,71	1,00	1,00
3,50	0,5	0,5	1,40	1,60	1,00	1,00
4,00	0,5	0,5	1,40	1,50	1,00	1,00
4,50	0,5	0,5	1,40	1,41	1,00	1,00
5,00	0,5	0,5	1,40	1,33	1,00	1,00
5,50	0,5	0,5	1,40	1,26	1,00	1,00
6,00	0,5	0,5	1,40	1,20	1,00	1,00
6,50	0,5	0,5	1,40	1,14	1,00	1,00
7,00	0,5	0,5	1,40	1,09	1,00	1,00
7,50	0,5	0,5	1,40	1,04	1,00	1,00
8,00	0,5	0,5	1,40	1,00	1,00	1,00
8,50	0,5	0,5	1,40	0,96	1,00	0,96
9,00	0,5	0,5	1,40	0,92	1,00	0,92
9,50	0,5	0,5	1,40	0,88	1,00	0,88
10,00	3	3	1,40	5,12	6,00	5,12
10,50	6	6	1,50	9,80	12,00	9,80
11,00	8	8	1,65	12,39	16,00	12,39
11,50	9	9	1,65	13,25	18,00	13,25
12,00	10,5	10,5	1,65	14,74	21,00	14,74
12,50	12	12	1,68	16,05	24,00	16,05
13,00	13,8	13,8	1,75	17,56	27,60	17,56
13,50	13	13	1,75	15,77	26,00	15,77
14,00	12,8	12,8	1,75	14,83	25,60	14,83
14,50	12,5	12,5	1,75	13,87	25,00	13,87
15,00	12	12	1,68	12,81	24,00	12,81

Tabel 4.3. Hasil perhitungan N koreksi DB-5 (2)

Kedalaman m	N-SPT	N1	γ_{sat} (T/m ³)	N2	2N	N Corr
15,50	17,4	17,4	1,80	17,80	34,80	17,80
16,00	22	22	1,95	21,86	44,00	21,86
16,50	25	25	2,00	24,53	50,00	24,53
17,00	27	27	2,10	26,13	54,00	26,13
17,50	29	29	2,20	27,66	58,00	27,66
18,00	37,2	37,2	2,50	34,85	74,40	34,85
18,50	44	44	2,70	40,40	88,00	40,40
19,00	45,8	27,48	2,20	24,89	54,96	24,89
19,50	46,2	27,72	2,20	24,76	55,44	24,76
20,00	46	27,6	2,20	24,32	55,20	24,32
20,50	45,8	27,48	2,20	23,90	54,96	23,90
21,00	45,6	27,36	2,20	23,48	54,72	23,48
21,50	42	25,2	2,00	21,39	50,40	21,39
22,00	35,8	21,48	1,90	18,06	42,96	18,06
22,50	28	16,8	1,88	13,99	33,60	13,99
23,00	20	20	1,90	16,50	40,00	16,50
23,50	17,5	17,5	1,80	14,31	35,00	14,31
24,00	17,8	17,8	1,80	14,44	35,60	14,44
24,50	18	18	1,85	14,47	36,00	14,47
25,00	18	18	1,85	14,35	36,00	14,35
25,50	18	18	1,85	14,23	36,00	14,23
26,00	18	18	1,85	14,10	36,00	14,10
26,50	18	18	1,85	13,98	36,00	13,98
27,00	18	18	1,85	13,87	36,00	13,87
27,50	18,4	18,4	1,85	14,06	36,80	14,06
28,00	20	20	1,90	15,15	40,00	15,15
28,50	20,2	20,2	1,90	15,17	40,40	15,17
29,00	22	22	1,95	16,37	44,00	16,37
29,50	22	22	1,95	16,22	44,00	16,22
30,00	22	22	1,95	16,08	44,00	16,08

Tabel 4.4. Hasil perhitungan N koreksi DB-5 (3)

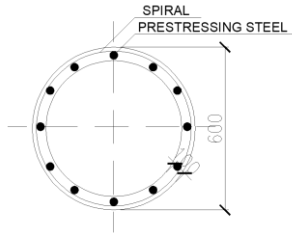
Kedalaman m	N-SPT	N1	γ_{sat} (T/m ³)	N2	2N	N Corr
30,50	22,4	22,4	1,95	16,23	44,80	16,23
31,00	22,6	22,6	1,95	16,23	45,20	16,23
31,50	22,2	22,2	1,95	15,80	44,40	15,80
32,00	20	20	1,90	14,12	40,00	14,12
32,50	18,2	18,2	1,85	12,75	36,40	12,75
33,00	16,1	16,1	1,70	11,21	32,20	11,21
33,50	16,2	16,2	1,70	11,21	32,40	11,21
34,00	18	18	1,85	12,36	36,00	12,36
34,50	20	20	1,90	13,63	40,00	13,63
35,00	20,5	20,5	1,90	13,86	41,00	13,86
35,50	21,8	21,8	1,95	14,62	43,60	14,62
36,00	20	20	1,90	13,31	40,00	13,31
36,50	18	18	1,85	11,89	36,00	11,89
37,00	17	17	1,80	11,16	34,00	11,16
37,50	16	16	1,70	10,44	32,00	10,44
38,00	16,2	16,2	1,70	10,51	32,40	10,51
38,50	17	17	1,80	10,95	34,00	10,95
39,00	18	18	1,85	11,52	36,00	11,52
39,50	18	18	1,85	11,44	36,00	11,44
40,00	18	18	1,85	11,36	36,00	11,36
40,50	17,9	17,9	1,85	11,22	35,80	11,22
41,00	17	17	1,83	10,59	34,00	10,59
41,50	17	17	1,83	10,52	34,00	10,52
42,00	17	17	1,83	10,45	34,00	10,45
42,50	17	17	1,83	10,38	34,00	10,38
43,00	17	17	1,83	10,31	34,00	10,31
43,50	17	17	1,83	10,25	34,00	10,25
44,00	17,8	17,8	1,85	10,66	35,60	10,66
44,50	18	18	1,85	10,71	36,00	10,71
45,00	18	18	1,85	10,64	36,00	10,64

Tabel 4.5. Hasil perhitungan N koreksi DB-5 (4)

Kedalaman m	N-SPT	N1	γ_{sat} (T/m ³)	N2	2N	N Corr
45,50	20	20	1,90	11,74	40,00	11,74
46,00	30	30	2,10	17,47	60,00	17,47
46,50	35	35	2,10	20,22	70,00	20,22
47,00	44	44	2,20	25,19	88,00	25,19
47,50	48	48	2,20	27,25	96,00	27,25
48,00	44	44	2,20	24,76	88,00	24,76
48,50	37	37	2,10	20,66	74,00	20,66
49,00	32	32	2,10	17,73	64,00	17,73
49,50	25	25	2,00	13,75	50,00	13,75
50,00	23,8	23,8	2,00	13,00	47,60	13,00
50,50	22	22	1,95	11,94	44,00	11,94
51,00	21,7	21,7	1,95	11,70	43,40	11,70
51,50	21	21	1,95	11,25	42,00	11,25
52,00	22	22	1,95	11,71	44,00	11,71
52,50	22	22	1,95	11,63	44,00	11,63
53,00	22,8	22,8	2,00	11,98	45,60	11,98
53,50	22	22	1,95	11,48	44,00	11,48
54,00	21	21	1,95	10,89	42,00	10,89
54,50	20	20	1,90	10,31	40,00	10,31
55,00	19	19	1,90	9,74	38,00	9,74
55,50	19	19	1,90	9,68	38,00	9,68
56,00	20	20	1,90	10,13	40,00	10,13
56,50	20	20	1,90	10,07	40,00	10,07
57,00	20	20	1,90	10,01	40,00	10,01
57,50	22	22	1,95	10,95	44,00	10,95
58,00	22,2	22,2	1,95	10,98	44,40	10,98
58,50	23	23	1,95	11,31	46,00	11,31
59,00	23	23	1,95	11,24	46,00	11,24
59,50	23	23	1,95	11,18	46,00	11,18

4.2. Spesifikasi tiang pancang eksisting

Tiang pancang yang telah terpasang di lapangan pada proyek Apartemen Puncak MERR ini adalah sebagai berikut:



Gambar 4. 5. Sket Spunpile eksisting D=0,60 m

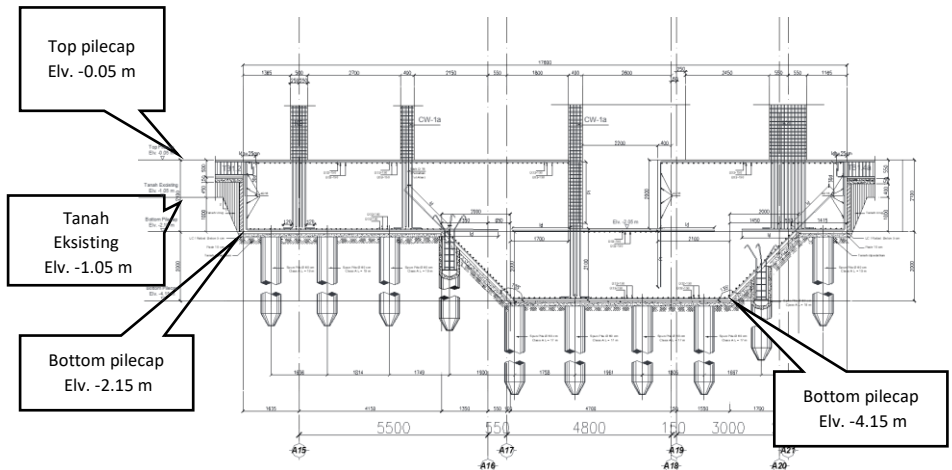
Tabel 4. 6. Spesifikasi spunpile eksisting

Tiang Pancang Eksisting P100 Sektor 5		
1.	Tipe Tiang Pancang	Prestressed Concrete Spunpile
2.	Diameter	600 mm
3.	Ketebalan dinding	100 mm
4.	Kelas	A1
5.	Luas permukaan	1579,80 cm ²
6.	Inersia penampang	510508,81 cm ⁴
7.	F ^{'c}	52 Mpa
8.	Mcrack	17 Ton.m
9.	Multimate	25,50 Ton.m
10.	Allowable compression	252,70 Ton
11.	Decompression tension	54,56 Ton
12.	Panjang	17 – 19 meter

Untuk di area galian -2.15 meter, panjang tiang pancang 19 meter. Sedangkan untuk area galian -4.15 meter, panjang tiang pancang 17 meter sehingga secara keseluruhan dasar tiang berada di kedalaman -21,15 meter.

4.3. Perhitungan daya dukung pondasi eksisting

Pada sub bab 4.1.4 telah diperoleh nilai N-SPT hasil koreksi (N_{corr}). Dari N_{corr} tersebut dipergunakan untuk menghitung daya dukung. Pada data tanah DB-5 diketahui muka air tanah berada pada kedalaman -1,50 meter dibawah muka tanah. Akan tetapi pada kasus P100 sektor 5 Apartemen Puncak MERR, daya dukung yang akan ditinjau adalah daya dukung tiang pancang eksisting dimana terdapat galian sedalam -2.15 meter dan -4.15 meter sebagai dasar dari pilecap (gambar 4.6). Sehingga perhitungan daya dukung pondasi eksisting selanjutnya akan dimulai dari -2.15 meter.



Gambar 4. 6. Potongan melintang area P100 sektor 5

Metode Meyerhoff & Bazaraa

1. Menghitung daya dukung ultimate

$$Q_{ult} = Cn \times A_{ujung} + \sum C_{li} \times A_{si}$$

Contoh perhitungan

Diketahui:

Diameter tiang pancang spunpile eksisting = 0,60 m

Pada kedalaman 19 meter, $N_{corr} = 24,89$

$$C_n = 40 \bar{N}$$

\bar{N} = Harga rata-rata N_{corr} 4D dibawah ujung sampai 8D diatas ujung tiang

$$\begin{aligned} 4D + 19 \text{ meter} &= 4(0,6) \text{ meter} + 19 \text{ meter} \\ &= 21,4 \text{ meter} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 19 \text{ meter} - 8D &= 19 \text{ meter} - 8(0,6) \text{ meter} \\ &= 14,2 \text{ meter} \end{aligned}$$

$$\bar{N} = 23,739$$

$$\text{Luas Aujung} = 0,157 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas Asi} = 0,942 \text{ m}^2$$

Kondisi tanah : Pasir

$C_{li} = N_{corr}/5$, untuk tanah pasir

$$C_{li} = 24,89/5 = 4,977$$

Maka besarnya daya dukung ultimate (Qult)

$$Q_{ult} = C_n \times A_{ujung} + \sum C_{li} \times A_{si}$$

$$Q_{ult} = (40 \times 23,79 \times 0,157) + (166,904 + (4,977 \times 0,942))$$

$$Q_{ult} = 268,481 + 171,595$$

$$Q_{ult} = 440,076 \text{ Ton}$$

2. Menghitung daya dukung ijin

Daya dukung ijin tanah diperoleh dengan membagi Qultimate dengan faktor keamanan rencana (SF). Faktor keamanan rencana untuk pondasi dalam memiliki rentang nilai 2,5 sampai 3. Faktor keamanan rencana diambil 2,5 untuk menyamakan persepsi dengan perencanaan kontraktor, sehingga lebih mendekati kondisi eksisting.

$$Q_{all} = \frac{Q_u}{SF}$$

$$Q_{all} = \frac{442,296\text{Ton}}{2,5} = 176,030 \text{ Ton}$$

Perhitungan daya dukung tanah pada setiap kedalaman dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4. 7. Perhitungan daya dukung tanah DB-5 Spunpile D=0,60 m (Metode Meyerhof Bazaraa), area yg di blok menunjukkan galian (1)

Kedalaman m	N-SPT	N Corr	\bar{N}	Qujung (Ton)	ΣR_{si}	Qult (Ton)	Qijin (Ton)
0,00	0	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,50	0,5	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1,00	0,5	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1,50	0,5	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2,00	0,5	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2,50	0,5	1,00	0,500	5,655	0,471	6,126	2,450
3,00	0,5	1,00	0,545	6,169	0,942	7,111	2,845
3,50	0,5	1,00	0,583	6,597	1,414	8,011	3,204
4,00	0,5	1,00	0,615	6,960	1,885	8,845	3,538
4,50	0,5	1,00	0,643	7,271	2,356	9,627	3,851
5,00	0,5	1,00	0,667	7,540	2,827	10,367	4,147
5,50	0,5	1,00	0,733	8,294	3,299	11,592	4,637
6,00	0,5	1,00	0,800	9,045	3,770	12,815	5,126
6,50	0,5	1,00	0,863	9,766	4,241	14,007	5,603
7,00	0,5	1,00	0,925	10,459	4,712	15,171	6,068
7,50	0,5	1,00	0,984	11,126	5,184	16,309	6,524
8,00	0,5	1,00	1,258	14,232	5,653	19,885	7,954
8,50	0,5	0,96	1,845	20,870	6,104	26,973	10,789
9,00	0,5	0,92	2,605	29,460	6,537	35,997	14,399
9,50	0,5	0,88	3,422	38,700	6,954	45,654	18,262
10,00	3	5,12	4,338	49,058	9,366	58,424	23,369
10,50	6	9,80	5,341	60,408	13,986	74,394	29,758
11,00	8	12,39	6,445	72,892	19,826	92,718	37,087
11,50	9	13,25	7,430	84,026	26,073	110,098	44,039
12,00	10,5	14,74	8,352	94,455	33,017	127,472	50,989

Tabel 4. 8. Perhitungan daya dukung tanah DB-5 Spunpile D=0,60 m (Metode Meyerhof Bazaraa) (2)

Kedalaman m	N-SPT	N Corr	\bar{N}	Qujung (Ton)	ΣR_{si}	Qult (Ton)	Qijin (Ton)
12,50	12	16,05	9,209	104,155	40,582	144,738	57,895
13,00	13,8	17,56	9,997	113,063	48,856	161,918	64,767
13,50	13	15,77	11,117	125,733	56,286	182,019	72,808
14,00	12,8	14,83	12,511	141,493	63,275	204,768	81,907
14,50	12,5	13,87	14,085	159,293	69,809	229,103	91,641
15,00	12	12,81	15,768	178,328	75,848	254,176	101,670
15,50	17,4	17,80	17,270	195,322	84,236	279,558	111,823
16,00	22	21,86	18,940	214,205	94,536	308,741	123,497
16,50	25	24,53	20,807	235,324	106,095	341,419	136,568
17,00	27	26,13	21,583	244,094	118,409	362,503	145,001
17,50	29	27,66	22,251	251,652	131,443	383,095	153,238
18,00	37,2	34,85	22,802	257,887	147,864	405,751	162,300
18,50	44	40,40	23,225	262,666	166,904	429,570	171,828
19,00	45,8	24,89	23,739	268,481	171,595	440,076	176,030
19,50	46,2	24,76	24,176	273,427	176,262	449,690	179,876
20,00	46	24,32	24,456	276,588	180,847	457,435	182,974
20,50	45,8	23,90	24,534	277,476	185,351	462,827	185,131
21,00	45,6	23,48	24,447	276,494	189,777	466,271	186,509
21,50	42	21,39	23,945	270,807	193,810	464,616	185,847
22,00	35,8	18,06	23,272	263,200	197,213	460,414	184,165
22,50	28	13,99	22,495	254,411	199,851	454,262	181,705
23,00	20	16,50	21,608	244,375	207,625	452,000	180,800
23,50	17,5	14,31	20,233	228,826	214,371	443,197	177,279
24,00	17,8	14,44	18,479	208,996	221,175	430,172	172,069
24,50	18	14,47	17,753	200,777	227,996	428,773	171,509
25,00	18	14,35	17,026	192,563	234,757	427,321	170,928

Berdasarkan hasil perhitungan daya dukung diatas, didapat besarnya nilai daya dukung ultimate tiang pancang eksisting pada kedalaman 21 meter adalah 461,66 Ton. Dan dengan SF = 2,5, daya dukung ijinnya 186,509 Ton.

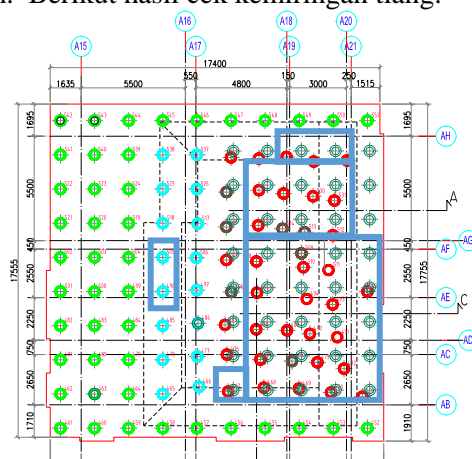
4.4. Analisa Kondisi Tiang Pancang Eksisting

Pondasi P100 Sektor 5 merupakan salah satu pondasi tiang grup di tower A Apartemen Puncak MERR Surabaya yang terdiri dari 100 tiang pancang. Pondasi ini direncanakan mampu menerima beban layan yang akan bekerja di atasnya. Struktur yang bertumpu pada pondasi ini ada 15 kolom, 1 shearwall, dan 1 corewall.

Awal pemancangan P100 sektor 5 berjalan dengan baik. Metode pemancangan yang digunakan menggunakan alat pancang HSPD. Namun pada saat pelaksanaan galian di P100 sektor 5, 40 dari 100 tiang pancangnya mengalami pergeseran koordinat. Untuk itu dilakukan tes 2 pemeriksaan, yakni cek kemiringan tiang dan tes PIT (Pile Integrity Test) pada tiang pancang yang mengalami pergeseran agar dapat diketahui integritas tiang pancang yang bergeser.

4.4.1. Hasil Cek Kemiringan Tiang

Cek kemiringan tiang dilakukan dengan cara mengukur kemiringan tiang yang muncul di permukaan terhadap waterpass setinggi 100 cm. Berikut hasil cek kemiringan tiang:



Gambar 4. 7. Lokasi cek kemiringan tiang pada area yang ditandai

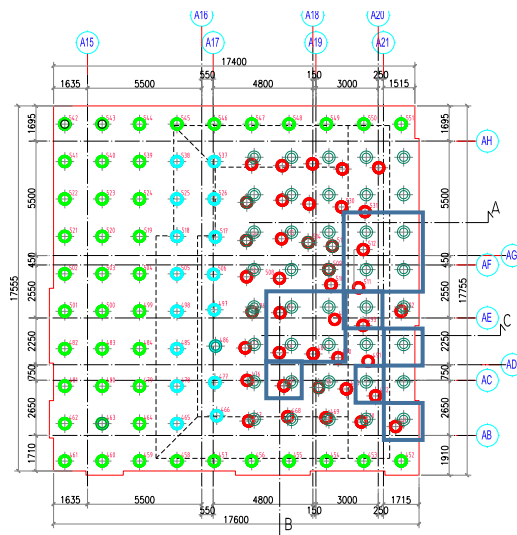
Tabel 4. 9. Hasil cek kemiringan tiang di lapangan (1)

No.	Nomor Titik Pancang	Deviasi (cm)	Kemiringan (°)
1	471	4	2,29
2	472	8	4,57
3	491	7,5	4,29
4	470	4	2,29
5	473	10,5	5,99
6	490	9,5	5,43
7	489	14,5	8,25
8	474	10	5,71
9	469	4	2,29
10	468	5	2,86
11	475	13	7,41
12	467	4	2,29
13	488	12	6,84
14	495	18	10,20
15	494	11	6,28
16	497	7,5	4,29
17	486	7	4,00
18	547	3,5	2,00
16	536	7,5	4,29
17	528	8,5	4,86
18	515	2	1,15
19	508	7	4,00
20	493	13,5	7,69
21	510	16	9,09
22	513	12,5	7,13
23	530	9,5	5,43
24	533	7	4,00
25	534	10,5	5,99
26	529	13	7,41
27	514	14,5	8,25
28	498	1,5	0,86
29	505	0,5	0,29

Menurut Lauw Tjun Nji (2007) toleransi kemiringan yang diberikan terhadap tiang pancang vertikal adalah 1° untuk pemancangan di tanah berpasir dan lempung lunak dan nilai deviasi yang diijinkan adalah 2,5 cm. Dari hasil cek kemiringan diatas diketahui 27 dari 29 tiang pancang uji tidak memenuhi syarat baik secara deviasi maupun kemiringan. Sehingga perlu dilakukan analisa yang mampu mempertimbangkan kelayakan tiang uji yang tidak memenuhi syarat.

4.4.2. Hasil Pengujian Integritas Tiang

Tujuan Tes PIT yang dilakukan pada tiang grup P100 sektor 5 Apartemen Puncak MERR Surabaya adalah untuk memeriksa integritas tiang pancang yang mengalami pergeseran koordinat. Dalam hal ini uji integritas tiang, Pile Integrity Testing (PIT) dilakukan oleh lembaga soil testing & research administration Testana Engineering, Inc Metode yang digunakan adalah metode perwakilan (sampling) terhadap 13 tiang spun pile pracetak diameter $\Phi 60$ cm. Letak titik-titik pengujian PIT ditunjukkan pada gambar 4.8



Gambar 4. 8. Lokasi titik-titik tes PIT pada area yang ditandai

Hasil tes PIT berupa grafik kecepatan vs kedalaman (Lampiran 1) dirangkum dengan rincian sebagai berikut:

Tabel 4. 10. Hasil Tes PIT P100 Sektor 5

No.	No. Tiang	Panjang tiang (m)	Segmen tiang (m)	Hasil Tes
1.	475	18	12+6	B. Bad Pile Signal gelombang yang terpantul mengindikasikan tiang patah pada kedalaman 6 m, pada sambungan antar segmen tiang
2.	495	18	12+6	B. Bad Pile Signal gelombang yang terpantul mengindikasikan tiang patah pada kedalaman 6 m, pada sambungan antar segmen tiang
3.	489	18	12+6	B. Bad Pile Signal gelombang yang terpantul mengindikasikan tiang patah pada kedalaman 6 m, pada sambungan antar segmen tiang
4.	488	18	12+6	B. Bad Pile Signal gelombang yang terpantul mengindikasikan tiang patah pada kedalaman 6 m, pada sambungan antar segmen tiang

No.	No. Tiang	Panjang tiang (m)	Segmen tiang (m)	Hasil Tes
5.	494	18	12+6	B. Bad Pile Signal gelombang yang terpantul mengindikasikan tiang patah pada kedalaman 6 m, pada sambungan antar segmen tiang
6.	493	18	12+6	B. Bad Pile Signal gelombang yang terpantul mengindikasikan tiang patah pada kedalaman 6 m, pada sambungan antar segmen tiang
7.	510	19	12+7	B. Bad Pile Signal gelombang yang terpantul mengindikasikan tiang patah pada kedalaman 7 m, pada sambungan antar segmen tiang
8.	513	19	12+7	B. Bad Pile Signal gelombang yang terpantul mengindikasikan tiang patah pada kedalaman 7 m, pada sambungan antar segmen tiang
9.	512	20	12+8	B. Bad Pile Signal gelombang yang terpantul mengindikasikan tiang patah pada kedalaman

No.	No. Tiang	Panjang tiang (m)	Segmen tiang (m)	Hasil Tes
				8 m, pada sambungan antar segmen tiang
10.	511	20	12+8	B. Bad Pile Signal gelombang yang terpantul mengindikasikan tiang patah pada kedalaman 8 m, pada sambungan antar segmen tiang
11.	471	20	12+8	B. Bad Pile Signal gelombang yang terpantul mengindikasikan tiang patah pada kedalaman 8 m, pada sambungan antar segmen tiang
12.	473	18	12+6	B. Bad Pile Signal gelombang yang terpantul mengindikasikan tiang patah pada kedalaman 6 m, pada sambungan antar segmen tiang
13.	491	20	12+8	B. Bad Pile Signal gelombang yang terpantul mengindikasikan tiang patah pada kedalaman 8 m, pada sambungan antar segmen tiang

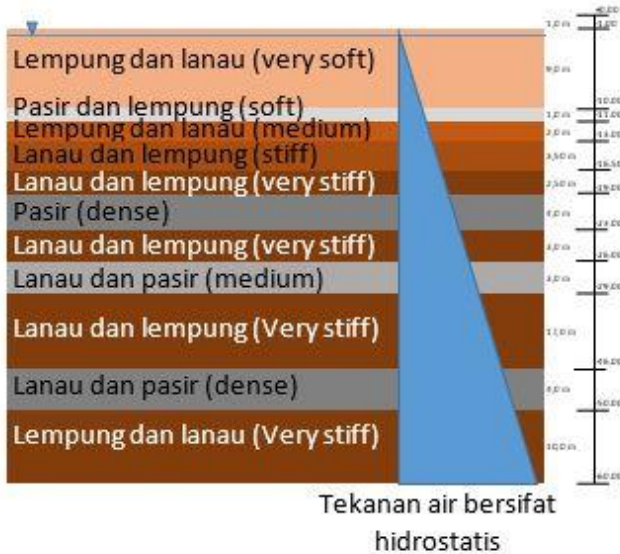
Berdasarkan hasil tes PIT pada P100 sektor 5 diatas seluruh tiang uji menunjukkan hasil *Bad pile*, tiang pancang uji terindikasi patah pada sambungan antar segmen tiang. Padahal seharusnya sambungan pondasi merupakan bagian yang sangat kuat. Untuk mengurangi resiko yang berkaitan dengan daya dukung tiang saat menerima beban layan, 40 tiang pancang yang berpindah koordinat (*unused pile*) tidak lagi digunakan dalam perhitungan pondasi Apartemen Puncak MERR Surabaya.

4.5. Analisa penyebab pergeseran

Tanah merupakan sebuah partikel yang terdiri dari 3 bagian, yakni bagian padat/butiran, pori-pori udara, dan air pori. Pada tanah dengan kondisi tidak jenuh air ketiga komposisi tersebut terdapat dalam massa tanah. Namun pada tanah kondisi jenuh air umumnya hanya terdapat 2 bagian saja, yaitu bagian butiran dan air pori. Pada tanah lempung, air sangat mempengaruhi sifat-sifat tanah, seperti plastisitas, kuat geser, dan tekanan air pori.

Hasil stratigrafi tanah pada lokasi Apartemen Puncak MERR Surabaya menunjukkan bahwa lapisan-lapisan tanahnya didominasi oleh tanah lempung (gambar 4.9). Menurut data lapangan kondisi muka air tanah berada pada kedalaman -1,50 meter dari tanah timbunan. Hal ini menandakan tanah di sekitar lokasi berada pada kondisi jenuh air, karena muka air tanah yang tinggi.

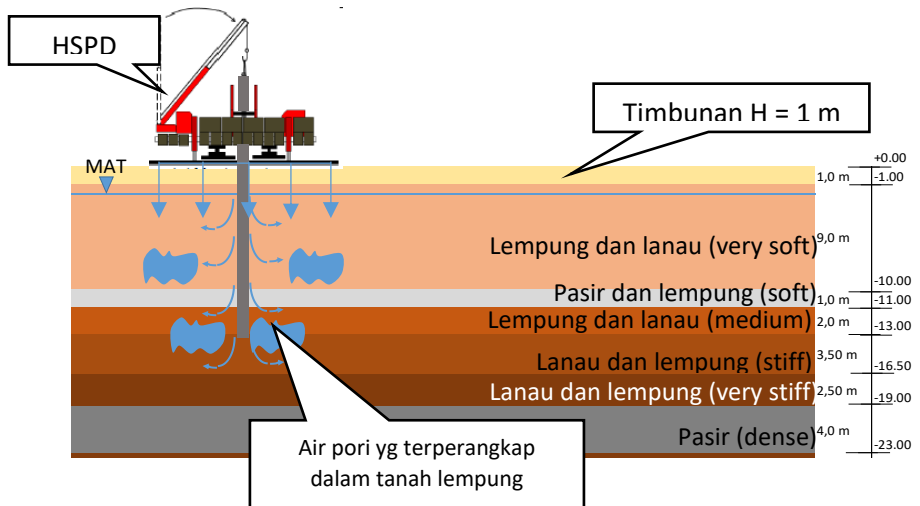
Metode pemancangan yang digunakan pada proyek ini adalah pemancangan tiang menggunakan alat HSPD (*Hydraulic Static Pile Driver*). HSPD merupakan salah satu alat yang termasuk dalam metode instalasi *hydraulic jack in pile* dimana pemancangan dilakukan dengan menekan masuk tiang ke dalam tanah menggunakan beban statis dongkrak hidrolis yang menggunakan imbang berat (*counterweight*) (Jackson, 2008). Kapasitas alat HSPD yang digunakan dalam proyek ini memiliki maksimum gaya tekan 600 Ton dan imbang berat (*counterweight*) 240 Ton.



Gambar 4. 9. Stratigrafi tanah pada P100 Sektor 5

Pada awalnya sebelum dilakukan pemancangan tiang pondasi, tegangan air pori tanah bersifat hidrostatik yang bekerja sama besar ke segala arah (gambar 4.9). Pekerjaan timbunan dilakukan di lokasi proyek dengan ketinggian timbunan 1,0 meter. Selanjutnya pekerjaan pemancangan dilakukan menggunakan alat HSPD. HSPD bergerak dari satu titik pancang ke titik pancang yang lain. Artinya HSPD membebani tanah di lokasi pemancangan namun hanya bersifat sementara saja.

Menurut Hardiyatmo (2006) apabila tanah berbutir halus yang jenuh dibebani, maka tekanan air porinya akan bertambah sebesar tambahan beban. Dalam kasus ini, timbunan sebagai beban tetap tingginya hanya 1 meter. Sedangkan alat pancang merupakan beban sementara yang akan berpindah ke titik lain bila proses pemancangan selesai. Sehingga pengaruhnya terhadap kenaikan tekanan air pori sangat kecil.

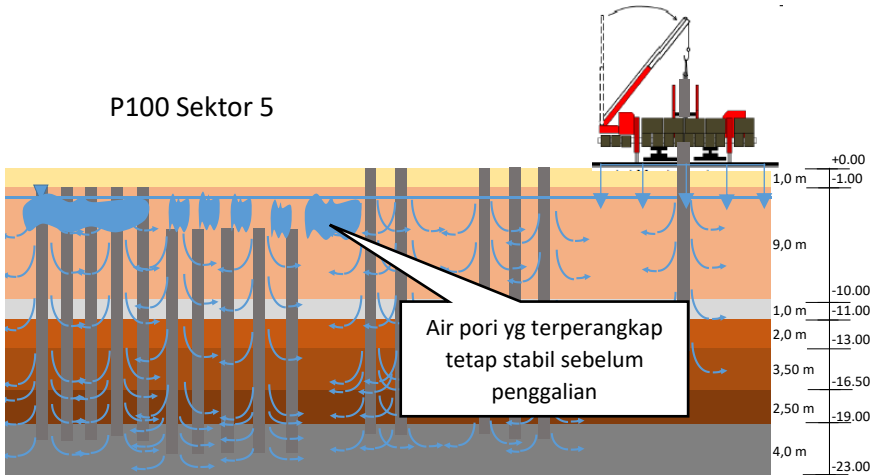


Gambar 4. 10. Proses pemancangan menggunakan HSPD.

Berbeda dengan instalasi tiang pancang. Kedalam tanah kohesif dengan muka air yang tinggi, tiang pancang dimasukkan dengan sistem hidrolik. Tiang pancang ditekan dengan beban tertentu sehingga permukaan dinding tiang mengalami kenaikan air pori. Air pori yang tertekan di dalam tanah akan terjebak dalam tanah kohesif yang memiliki permeabilitas yang kecil (gambar 4.10).

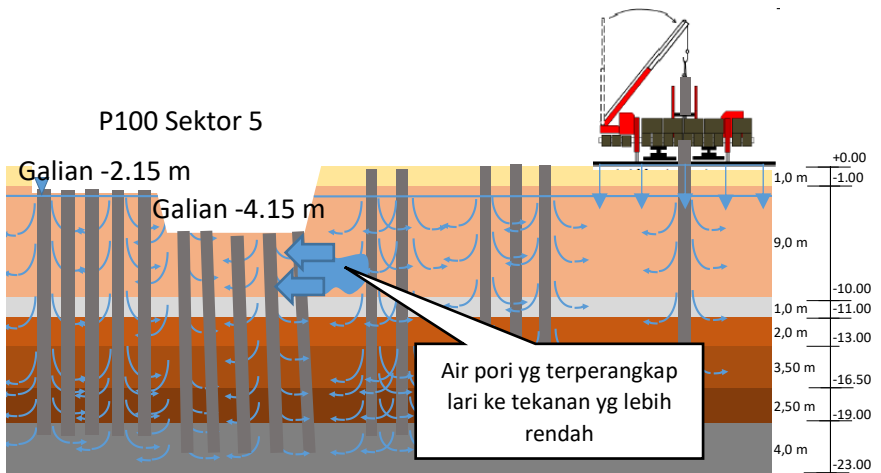
Pada saat P100 sektor 5 belum melakukan penggalan tekanan air pori tanah di sekitar lokasi pemancangan sama-sama dalam kondisi tekanan air pori berlebih (gambar 4.11). Kelebihan tekanan air pori ini sebenarnya akan turun seiring dengan bertambahnya waktu, karena air pori telah mengalir ke lapisan tanah dengan tekanan air pori lebih rendah atau disebut juga penghamburan tekanan air pori (*pore pressure dissipation*). Waktu yang dibutuhkan tergantung pada jenis tanah dan permeabilitasnya. Pada tanah pasir kelebihan tekanan air pori akan langsung dihamburkan

dalam waktu yang relatif cepat karena pasir memiliki permeabilitas yang besar



Gambar 4. 11. P100 Sektor 5 sebelum penggalian

Ketika area P100 sektor 5 digali sedalam 4,15 meter, area galian tersebut seperti kehilangan beban sebesar volume tanah yang digali (gambar 4.12). Karena kedalaman galian berada dibawah muka air tanah, di lokasi penggalian dilakukan dewatering hingga air tanah berada dibawah dasar galian, sehingga tekanan air pori dibawah galian menjadi hidrostatis kembali. Sedangkan di area yang tidak digali, tetap mengalami tekanan air pori berlebih. Tekanan air pori berlebih mengalir ke tekanan yang lebih rendah hingga mendorong tiang pancang-tiang pancang pada galian P100 sektor 5 dan menyebabkan tiang pancang mengalami pergeseran.



Gambar 4. 12. P100 sektor 5 setelah penggalian. Kelebihan tekanan air pori dalam tanah kohesif mendorong tiang pancang di P100 Sektor 5 dimana dilakukan penggalian.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V PEMBAHASAN

5.1. Pemodelan dan Analisa dinamis struktur

Untuk mengetahui gaya-gaya dalam dan reaksi yang bekerja pada pondasi P100 Sektor 5 diperlukan pemodelan struktur dan analisa dinamis terhadap gedung Apartemen Puncak MERR Surabaya. Pada tugas akhir ini, pemodelan struktur merupakan data sekunder yang diperoleh dari pihak kontraktor menggunakan program bantu SAP 2000. Namun demikian tetap dilakukan kontrol desain terhadap beban-beban yang bekerja termasuk beban gempa. Pembebanan gempa dimodelkan melalui mode respon spectrum.

5.1.1. Penentuan titik jepit

Dalam pemodelan gedung menggunakan program SAP 2000, kondisi tiang pancang eksisting pada kedalaman -20 meter dimodelkan sebagai jepit. Karena itu diperlukan perhitungan untuk mengetahui kedalaman titik jepit (Z_f) pada tiang pancang tersebut.

$$Z_f = 1,8T$$
$$T = \sqrt[5]{EI / n_h}$$

Diketahui data-data tiang pancang eksisting spunpile D60 dari tabel 4.6

$$E = 4700 \cdot \sqrt{f'c}$$
$$E = 4700 \cdot \sqrt{42}$$
$$E = 33892,18 \text{ Mpa}$$
$$E = 33892182 \text{ kN/m}^2$$
$$I = 0,005105 \text{ m}^4$$

Koefisien modulus variasi tanah (n_h) diambil menurut tabel 2.8 untuk tanah lempung lunak terkonsolidasi normal sebesar 700 kN/m^3 . Sehingga nilai T dan Z_f dapat dihitung sebagai:

$$T = \sqrt[5]{\frac{(33892182)(0,005105)}{(700)}} = 3,01 \text{ m}$$

$$Z_f = 1,8T = 1,8(3,01) = 5,42 \text{ m dari permukaan tanah.}$$

5.1.2. Pembebanan gempa

Seperti yang diketahui pada sub bab 2.3.1 berdasarkan SNI 1726-2012 pembebanan gempa melalui beberapa tahap dengan tahapan-tahapan sebagai berikut:

1. Menentukan kategori resiko bangunan

Berdasarkan pasal 4.1.2 SNI 1726-2012 penentuan kategori resiko bangunan bergantung pada fungsi dan pemanfaatan bangunan tersebut. Untuk gedung apartemen berdasarkan tabel-1 SNI 1726-2012 masuk dalam kategori resiko II.

2. Menentukan faktor keutamaan gempa (I_e)

Untuk struktur dengan kategori resiko II pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan faktor keutamaan (I_e) yang didapat dari tabel-2 SNI 1726-2012 yakni sebesar 1,0.

Tabel 5. 1. Faktor keutamaan gempa (tabel-2, SNI 1726-2012)

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

3. Menentukan klasifikasi situs

Klasifikasi situs ditinjau dari profil tanah pada lapisan 30 meter paling atas di lokasi studi untuk menentukan kelas

tanah dan menentukan amplifikasi besaran percepatan gempa yang sesuai dengan lokasi studi. Untuk sumber data berupa SPT, \bar{N} dapat dicari menggunakan rumus (2) yang ada pada SNI 1726-2012. Berdasarkan tabel-3 SNI 1726-2012 klasifikasi situs di lokasi studi masuk dalam kategori SE (tanah lunak).

Tabel 5. 2. Klasifikasi situs (tabel-3, SNI 1726-2012)

Kelas situs	\bar{v}_s (m/detik)	\bar{N} atau \bar{N}_{60}	\bar{s}_u (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, $w \geq 40$ persen, dan Kuat geser niralir $s_u < 25$ kPa		
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti Pasal 6.9.1)	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) - Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan Indeks Plastisitas $PI > 75$) Lapisan lempung lunak/setengah tegu dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $s_u < 50$ kPa		

CATATAN: N/A = tidak dapat dipakai

4. Menentukan parameter percepatan terpetakan (S_s , S_1) berdasarkan lokasi proyek

Menurut pasal 6.1 SNI 1726-2012 parameter percepatan batuan dasar pada periode pendek (S_s) dan pada periode 1 detik (S_1) diperoleh berdasarkan peta zonasi gempa.

Untuk lokasi Apartemen Puncak MERR Surabaya, diperoleh nilai $S_s = 0,663$ dan $S_1 = 0,248$.

5. Menentukan koefisien situs (F_a, F_v)

Untuk kelas situs SE dan nilai $S_s = 0,663$ berdasarkan tabel-4 SNI 1726-2012 diperoleh nilai $F_a = 1,380$

Sedangkan untuk kelas situs SE dan nilai $S_1 = 0,248$ berdasarkan tabel-5 SNI 1726-2012 diperoleh nilai $F_v = 3,010$

Tabel 5. 3. Koefisien situs, F_a (tabel-4, SNI 1726-2012)

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada periode pendek, $T=0,2$ detik, S_x				
	$S_x \leq 0,25$	$S_x = 0,5$	$S_x = 0,75$	$S_x = 1,0$	$S_x \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SS ^b				

CATATAN:

- (a) Untuk nilai-nilai antara S_x dapat dilakukan interpolasi linier
 (b) SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 6.10.1

Tabel 5. 4. Koefisien situs, F_v (tabel-5, SNI 1726-2012)

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan pada periode 1 detik, S_1				
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS ^b				

CATATAN :

- (a) Untuk nilai-nilai antara S_1 dapat dilakukan interpolasi linier
 (b) SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 6.10.1

6. Menentukan parameter spektrum respon periode pendek (SMS) dan periode 1 detik (SM1)

$$S_{MS} = F_a S_s \quad (\text{rumus (5) SNI 1726-2012})$$

$$S_{MS} = (1,38)(0,663) = 0,915$$

$$S_{M1} = F_v S_1 \quad (\text{rumus (6) SNI 1726-2012})$$

$$S_{M1} = (3,01)(0,248) = 0,746$$

7. Menentukan parameter percepatan spektral periode pendek (SDS) dan periode 1 detik (SD1)

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \quad (\text{rumus (7) SNI 1726-2012})$$

$$S_{DS} = \frac{2}{3} (0,915) = 0,61$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \quad (\text{rumus (8) SNI 1726-2012})$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} (0,746) = 0,50$$

8. Menentukan grafik spektrum respon desain

Prosedur pembuatan grafik spektrum respon desain diatur dalam pasal 6.4 SNI 1726-2012.

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

$$T_0 = 0,2 \frac{0,5}{0,61} = 0,16$$

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

$$T_s = \frac{0,5}{0,61} = 0,82$$

- Untuk periode yang lebih kecil dari T_0 spektrum respon percepatan desain, S_a harus diambil dari persamaan:

$$S_a = S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right)$$

Maka untuk $T=0$,

$$S_a = 0,61 \left(0,4 + 0,6 \frac{0}{0,16} \right) = 0,24$$

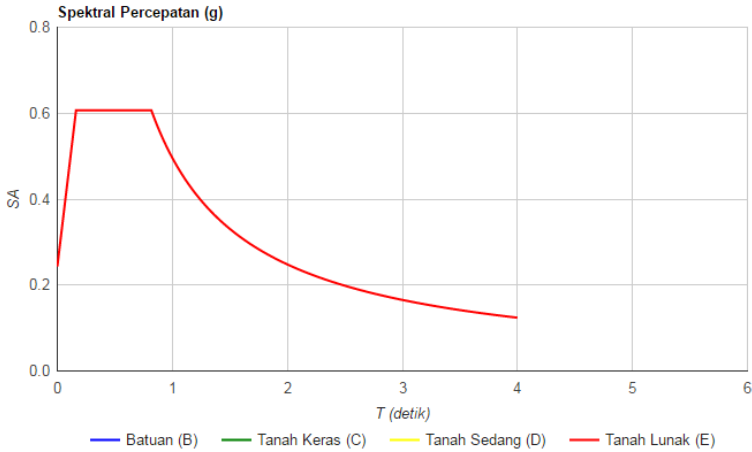
- Untuk $T \geq T_0$ dan $T \leq T_s$, spektrum percepatan desain, S_a , sama dengan S_{DS}
- Untuk $T > T_s$, spektrum percepatan desain, S_a , diambil berdasarkan persamaan:

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T}$$

Dimana: S_{D1} = Parameter respon spektral percepatan desain pada periode 1 detik

T = Periode getar fundamental struktur

Hasil dari perhitungan respon spektrum dapat dilihat pada grafik berikut.



Gambar 5. 3. Spektrum respon desain

9. Menentukan kategori desain seismik berdasarkan periode pendek dan periode 1 detik

Menurut pasal 6.5 untuk S_1 lebih kecil dari 0,75 kategori desain seismik ditentukan sesuai tabel-6 SNI 1726-2012. Untuk kategori resiko II dan $0,50 \leq SDS$ maka kategori risikonya adalah D.

Tabel 5. 5. Kategori desain seismik berdasarkan parameter respon percepatan pada periode pendek (tabel-6, SNI 1726-2012)

Nilai S_{DS}	Kategori resiko	
	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

10. Menentukan koefisien (R, C_d) untuk sistem struktur/sistem penahan gaya gempa berdasarkan kategori desain seismik

Untuk kategori desain seismik D sistem struktur yang direncanakan untuk bangunan ini adalah sistem rangka pemikul momen, dengan Faktor modifikasi respon (R) = 7 dan Faktor pembesaran defleksi untuk dinding geser beton bertulang (C_d) = 5,5

Tabel 5. 6. Sistem penahan gaya gempa (tabel-9, SNI 1726-2012)

Sistem penahan-gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R^a	Faktor kuat-lebih sistem, Ω_0^g	Faktor pembesaran defleksi, C_d^b	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, h_n (m) ^c				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D ^d	E ^d	F ^e
D. Sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus yang mampu menahan paling sedikit 25 persen gaya gempa yang ditetapkan								
1. Rangka baja dengan bresing eksentris	8	2½	4	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka baja dengan bresing konsentris khusus	7	2½	5½	TB	TB	TB	TB	TB
3. Dinding geser beton bertulang khusus	7	2½	5½	TB	TB	TB	TB	TB
4. Dinding geser beton bertulang biasa	6	2½	5	TB	TB	TI	TI	TI
5. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing eksentris	8	2½	4	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing konsentris khusus	6	2½	5	TB	TB	TB	TB	TB
7. Dinding geser pelat baja dan beton komposit	7½	2½	6	TB	TB	TB	TB	TB
8. Dinding geser baja dan beton komposit khusus	7	2½	6	TB	TB	TB	TB	TB
9. Dinding geser baja dan beton komposit biasa	6	2½	5	TB	TB	TI	TI	TI
10. Dinding geser batu bata bertulang khusus	5½	3	5	TB	TB	TB	TB	TB
11. Dinding geser batu bata bertulang menengah	4	3	3½	TB	TB	TI	TI	TI
12. Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	8	2½	5	TB	TB	TB	TB	TB
13. Dinding geser pelat baja khusus	8	2½	6½	TB	TB	TB	TB	TB

5.1.2. Peninjauan terhadap pengaruh beban gempa

Pembebanan respon spectrum pada SAP 2000 menggunakan zona wilayah gempa. Faktor pembesaran bebannya (Load factor) diambil dari formula berikut:

$$LoadFactor = \frac{1}{R} g = \frac{1}{7} (9,80) = 1,40$$

Arah beban gempa yang bekerja pada struktur bangunan terjadi dalam arah yang tidak terduga baik arah x dan y, secara bolak-balik dan periodikal. Untuk mensimulasikan arah pengaruh beban gempa rencana, maka pada arah utama, beban gempa dianggap berpengaruh efektif 100%. Bersamaan dengan itu,

terdapat beban gempa yang tegak lurus dengan arah utama dengan efektifitas sebesar 30%.

$$30\% \times 1,40 = 0,42$$

Sehingga untuk gempa respon spektrum X, 100% efektifitas untuk arah x (load factor = 1,40) dan 30% efektifitas arah y (load factor = 0,42). Sedangkan arah sebaliknya, gempa respon spektrum Y, 100% efektifitas untuk arah y (load factor = 1,40) dan 30% efektifitas arah x (load factor = 0,42).

5.1.3. Kontrol Desain

Hasil analisa struktur harus dikontrol terhadap suatu batasan-batasan tertentu sesuai dengan peraturan gempa yang digunakan dalam perencanaan SNI 03-1726-2012 untuk menentukan kelayakan sistem struktur tersebut. Hal-hal yang dikontrol antara lain:

- Kontrol partisipasi massa
- Kontrol periode getar struktur
- Kontrol nilai akhir respon spektrum
- Kontrol batas simpangan (drift)

Kontrol partisipasi massa

Menurut SNI 1726 pasal 7.9.1, bahwa perhitungan respon dinamik struktur harus sedemikian rupa hingga partisipasi massa ragam terkombinasi paling sedikit sebesar 90% dari massa aktual dari masing-masing arah. Analisis modal menggunakan SAP 2000 diambil sebanyak 50 mode shape untuk menjamin partisipasi massa struktur lebih dari 90%.

Tabel 5. 7. Rasio partisipasi massa Apartemen Puncak MERR
Surabaya

TABLE: Modal Participating Mass Ratios						
OutputCase	StepType	StepNum	Period	SumUX	SumUY	SumUZ
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	3,942072	0,26145	0,03387	2,621E-08
MODAL	Mode	2	3,843543	0,43271	0,38308	0,00000839
MODAL	Mode	3	3,766871	0,53837	0,60665	0,000001625
MODAL	Mode	4	3,64561	0,548	0,611	0,000001635
MODAL	Mode	5	3,40907	0,59845	0,61271	0,000001708
MODAL	Mode	6	3,350676	0,59978	0,61289	0,000001711
MODAL	Mode	7	1,239387	0,61163	0,6395	0,000001739
MODAL	Mode	8	1,202504	0,63884	0,74829	0,000001837
MODAL	Mode	9	1,186484	0,75029	0,7607	0,000001858
MODAL	Mode	10	1,120792	0,75131	0,76074	0,000001929
MODAL	Mode	11	1,054937	0,75246	0,76111	0,000001971
MODAL	Mode	12	1,007271	0,75259	0,76112	0,00000199
MODAL	Mode	13	0,902982	0,75263	0,76112	0,000002582
MODAL	Mode	14	0,716077	0,75272	0,76112	0,000003466
MODAL	Mode	15	0,702815	0,75272	0,76568	0,000003483
MODAL	Mode	16	0,672255	0,75481	0,78461	0,00000529
MODAL	Mode	17	0,648138	0,76362	0,83295	0,0000104
MODAL	Mode	18	0,641886	0,83262	0,83589	0,00001065
MODAL	Mode	19	0,616997	0,83398	0,8361	0,0000108
MODAL	Mode	20	0,60639	0,83444	0,8371	0,00001203
MODAL	Mode	21	0,573478	0,83457	0,83722	0,00001204
MODAL	Mode	22	0,521986	0,83515	0,83722	0,00001206
MODAL	Mode	23	0,485105	0,83515	0,84369	0,00001444
MODAL	Mode	24	0,466922	0,83527	0,85368	0,0000147
MODAL	Mode	25	0,457309	0,83527	0,85368	0,00017
MODAL	Mode	26	0,45104	0,83548	0,85384	0,00017
MODAL	Mode	27	0,439284	0,85403	0,85466	0,00017
MODAL	Mode	28	0,431845	0,87914	0,85668	0,00017
MODAL	Mode	29	0,426058	0,8794	0,87469	0,00017
MODAL	Mode	30	0,423661	0,88164	0,88279	0,00018

Tabel 5. 8 Rasio partisipasi massa Apartemen Puncak MERR Surabaya

TABLE: Modal Participating Mass Ratios						
OutputCase	StepType	StepNum	Period	SumUX	SumUY	SumUZ
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	31	0,414015	0,88192	0,88279	0,00018
MODAL	Mode	32	0,410091	0,88193	0,88306	0,00018
MODAL	Mode	33	0,400735	0,88199	0,8831	0,00018
MODAL	Mode	34	0,393819	0,88214	0,88331	0,00018
MODAL	Mode	35	0,3778	0,88215	0,88331	0,00018
MODAL	Mode	36	0,358833	0,88217	0,88694	0,00018
MODAL	Mode	37	0,354286	0,88217	0,8907	0,00018
MODAL	Mode	38	0,349384	0,88217	0,8908	0,00018
MODAL	Mode	39	0,34349	0,88308	0,8908	0,00018
MODAL	Mode	40	0,333131	0,88329	0,89081	0,00018
MODAL	Mode	41	0,320262	0,89825	0,89081	0,00018
MODAL	Mode	42	0,318178	0,90274	0,89109	0,00018
MODAL	Mode	43	0,312714	0,90382	0,89242	0,00018
MODAL	Mode	44	0,305658	0,90398	0,90107	0,00024
MODAL	Mode	45	0,298793	0,90412	0,90568	0,00034
MODAL	Mode	46	0,284493	0,90412	0,90615	0,00044
MODAL	Mode	47	0,280739	0,90416	0,90624	0,00052
MODAL	Mode	48	0,279724	0,90416	0,90877	0,00516
MODAL	Mode	49	0,275415	0,90416	0,90878	0,34372
MODAL	Mode	50	0,275226	0,90416	0,90878	0,34372

Dari tabel diatas didapat partisipasi massa arah X sebesar 90,3% dan partisipasi massa arah Y sebesar 90,1% pada moda ke 44. Maka dapat disimpulkan analisis struktur yang dilakukan telah memenuhi syarat yang terdapat pada SNI 1726-2012.

Kontrol periode getar struktur

Nilai waktu getar alami struktur, T (dalam satuan detik) dibatasi oleh waktu getar alami fundamental untuk mencegah penggunaan struktur yang terlalu fleksibel. Sehingga:

Ta batas bawah $\leq T \leq$ Ta batas atas

Dimana Ta adalah perioda fundamental pendekatan. Pada pasal 7.8.2 SNI 1726-2012 ditentukan batas bawah perioda fundamental pendekatan (Ta) sebagai:

$$T_a = C_t h_n^x$$

Dimana: C_t = parameter pendekatan tipe struktur bangunan (rangka beton pemikul momen, $C_t = 0,0466$)

h_n = ketinggian struktur (117,80 m)

x = parameter pendekatan tipe struktur bangunan (rangka beton pemikul momen, $x = 0,9$)

Tabel 5. 9. Koefisien batas atas pada perioda yang dihitung (tabel-14, SNI 1726-2012)

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 5. 10. Nilai parameter perioda pendekatan C_t dan x (tabel-15, SNI 1726-2012)

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

Batas bawah perioda fundamental struktur pendekatan (T_a)

$$T_a = 0,0466 \times (117,80)^{0,9} = 3,41 \text{ detik}$$

Dengan batas atas perioda fundamental struktur sebesar

$$T_{aatas} = C_u \times T_a$$

Nilai C_u didapat dari tabel-14 SNI 1726-2012. Berdasarkan nilai $S_{D1} = 0,5$ maka nilai $C_u = 1,4$.

Batas atas perioda fundamental struktur pendekatan (T_a)

$$T_{aatas} = 1,4 \times 3,41 = 4,77 \text{ detik}$$

Diperoleh dari hasil keluaran pemodelan program SAP 2000 pada tabel 5.7 perioda fundamental struktur yang dihasilkan pada step pertama adalah $T = 3,94$ detik.

T_a batas bawah $\leq T \leq T_a$ batas atas

$$3,41 \text{ detik} \leq 3,94 \text{ detik} \leq 4,77 \text{ detik} \quad (\text{Ok})$$

Kontrol nilai akhir respon spektrum

Kontrol ini untuk melihat apakah gaya gempa yang dimasukkan menggunakan respon spektrum sudah sesuai dengan yang diisyaratkan oleh SNI 1726-2012.

Dari pemodelan struktur didapatkan periode getar, $T = 3,94$ detik.

Untuk menentukan koefisien C_s dengan persamaan berikut:

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,61}{\left(\frac{7}{1}\right)} = 0,087$$

Tetapi tidak perlu melebihi:

$$C_s \text{ max} = \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,5}{3,94 \left(\frac{7}{1}\right)} = 0,018$$

dan harus tidak kurang dari:

$$C_s \min = 0,044 S_{DS} \times I_e \geq 0,01$$

$$C_s \min = 0,044(0,61) \times (1) \geq 0,01$$

$$C_s \min = 0,027 \geq 0,01$$

Sehingga C_s pakai: 0,027

Tabel 5. 11. Berat total struktur pemodelan Apartemen Puncak MERR

TABLE: Base Reactions				
OutputCase	CaseType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ
Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf
1D+1L	Combination	7,488E-08	-8,674E-09	177788361,3

Untuk berat total struktur (W_t) adalah 177788361,3 kg, maka:

$$\begin{aligned} V_{\text{statik}} &= C_s W_t \\ &= 0,027 (177788361,3 \text{ kg}) \\ &= 4800285,76 \text{ kg} \end{aligned}$$

Dari hasil analisis menggunakan program SAP 2000 didapatkan nilai gaya geser dasar (base shear) sebagai berikut:

Tabel 5. 12. Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa

TABLE: Base Reactions		
OutputCase	GlobalFX	GlobalFY
Text	Kgf	Kgf
QUAKE X	1932889,63	585283,46
QUAKE Y	584592,9	1935210,22

Kontrol:

- Untuk gempa arah X :

$$V_{\text{dinamik}} \geq 85\% \times V_{\text{statik}}$$

$$1932889,63 \text{ kg} > 85\% \times 4800285,76 \text{ kg}$$

$$1932889,63 \text{ kg} < 4080242,90 \text{ kg (Not OK)}$$

- Untuk gempa arah Y :

$$V_{\text{dinamik}} \geq 85\% \times V_{\text{statik}}$$

$$1935210,22 \text{ kg} > 85\% \times 4800285,76 \text{ kg}$$

$$1935210,22 \text{ kg} < 4080242,90 \text{ kg (Not OK)}$$

Dari kontrol di atas, analisis gedung Apartemen Puncak MERR Surabaya masih belum memenuhi syarat nilai akhir respon. Pada SNI 1726-2012 Pasal 7.9.4.2 dijelaskan apabila gaya geser dasar hasil analisis kurang dari 85%, maka harus diperbesar dengan faktor skala $0.85 \times \frac{C_s \times W}{V}$.

Untuk arah X :

$$0.85 \times \frac{C_s \times W}{V_x} = 0.85 \times \frac{0.027 \times 177788361,3}{1932889,63} = 2,098$$

Untuk arah Y :

$$0.85 \times \frac{C_s \times W}{V_y} = 0.85 \times \frac{0.027 \times 177788361,3}{1935210,22} = 2,096$$

Setelah dikali faktor skala di atas didapatkan gaya geser dasar sebagai berikut :

Tabel 5. 13. Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa Setelah Dikalikan dengan Faktor Skala

TABLE: Base Reactions		
OutputCase	GlobalFX	GlobalFY
Text	Kgf	Kgf
QUAKE X	4082304,50	1228099,86
QUAKE Y	1225120,91	4082335,71

Kontrol :

- Untuk gempa arah X :

$$V_{\text{dinamik}} \geq 85\% \times V_{\text{statik}}$$

$$4082304,50 \text{ kg} > 85\% \times 4800285,76 \text{ kg}$$

$$4082304,50 \text{ kg} > 4080242,90 \text{ kg (OK)}$$

- Untuk gempa arah Y :

$$V_{\text{dinamik}} \geq 85\% \times V_{\text{statik}}$$

$$4082335,71 \text{ kg} > 85\% \times 4800285,76 \text{ kg}$$

$$4082335,71 \text{ kg} > 4080242,90 \text{ kg (OK)}$$

Dari kontrol di atas dapat disimpulkan bahwa analisis struktur gedung Apartemen Puncak MERR Surabaya memenuhi persyaratan SNI 03-1726-2012 Pasal 7.8.

Kontrol batas simpangan antar lantai

Berdasarkan pasal 7.9.3 SNI 1726-2012 Simpangan antar lantai tingkat (Δ), akibat gempa yang ditinjau dengan analisa elastis tidak boleh melebihi simpangan antar lantai tingkat ijin (Δ_a).

Perhitungan Δ_i untuk tingkat 1 :

$$\Delta_1 = C_d \times \delta_{e1} / I$$

Perhitungan Δ_i untuk tingkat 2 :

$$\Delta_2 = (\delta_{e2} - \delta_{e1}) \times C_d / I$$

Dimana :

δ_{e1} = Simpangan yang dihitung akibat beban gempa tingkat 1

δ_{e2} = Simpangan yang dihitung akibat beban gempa tingkat 2

C_d = Faktor pembesaran defleksi (5,5)

I_e = Faktor keutamaan gedung (1)

Dari tabel-16 SNI 1726-2012 untuk sistem struktur yang lain simpangan antar tingkat ijinnya adalah :

$$\Delta_a = 0.020 \times h_{sx}$$

Dimana h_{sx} = Tinggi tingkat dibawah tingkat x

Contoh perhitungan:

Untuk tinggi tingkat 3,5 m, simpangan ijinnya adalah

$$\Delta_a = 0.020 \times 3,5 \text{ m} = 0.07 \text{ m} = 70 \text{ mm}$$

Dari analisis akibat beban lateral (beban gempa) dengan program SAP 2000, diperoleh nilai simpangan yang terjadi pada struktur yaitu sebagai berikut :

Tabel 5. 14. Kontrol simpangan antar lantai akibat beban gempa arah X

Lantai	Elevasi (m)	Tinggi antar tingkat (m)	δe (mm)	δxe (mm)	δx (mm)	δa (mm)	KET
Lantai P1	0,00	3,50	0,00	2,10	11,57	70	OK
Lantai P2	3,50	3,00	2,10	2,66	14,65	60	OK
Lantai P3	6,50	3,00	4,77	2,88	15,82	60	OK
Lantai P4	9,50	3,00	7,64	3,08	16,94	60	OK
Lantai P5	12,50	3,00	10,72	3,10	17,06	60	OK
Lantai P6	15,50	3,00	13,83	2,63	14,44	60	OK
Lantai P7	18,50	3,60	16,45	4,51	24,79	72	OK
Lantai 1	22,10	2,90	20,96	4,42	24,28	58	OK
Lantai 2	25,00	2,90	25,37	5,15	28,32	58	OK
Lantai 3	27,90	2,90	30,52	5,52	30,35	58	OK
Lantai 4	30,80	2,90	36,04	5,73	31,52	58	OK
Lantai 5	33,70	2,90	41,77	5,86	32,20	58	OK
Lantai 6	36,60	2,90	47,63	5,93	32,64	58	OK
Lantai 7	39,50	2,90	53,56	5,99	32,93	58	OK
Lantai 8	42,40	2,90	59,55	6,02	33,12	58	OK
Lantai 9	45,30	2,90	65,57	6,04	33,24	58	OK
Lantai 10	48,20	2,90	71,61	6,05	33,26	58	OK
Lantai 11	51,10	2,90	77,66	6,05	33,27	58	OK
Lantai 12	54,00	2,90	83,71	6,15	33,81	58	OK
Lantai 13	56,90	2,90	89,86	6,13	33,70	58	OK
Lantai 14	59,80	2,90	95,99	6,10	33,58	58	OK
Lantai 15	62,70	2,90	102,09	6,10	33,55	58	OK
Lantai 16	65,60	2,90	108,19	6,08	33,43	58	OK
Lantai 17	68,50	2,90	114,27	6,04	33,21	58	OK
Lantai 18	71,40	2,90	120,31	5,99	32,95	58	OK
Lantai 19	74,30	2,90	126,30	5,93	32,64	58	OK
Lantai 20	77,20	2,90	132,23	5,87	32,28	58	OK
Lantai 21	80,10	2,90	138,10	5,80	31,89	58	OK
Lantai 22	83,00	2,90	143,90	5,73	31,50	58	OK
Lantai 23	85,90	2,90	149,63	5,70	31,37	58	OK
Lantai 24	88,80	2,90	155,33	5,60	30,82	58	OK
Lantai 25	91,70	2,90	160,93	5,50	30,24	58	OK
Lantai 26	94,60	2,90	166,43	5,39	29,63	58	OK
Lantai 27	97,50	2,90	171,82	5,27	28,99	58	OK
Lantai 28	100,40	2,90	177,09	5,14	28,26	58	OK
Lantai 29	103,30	2,90	182,23	4,99	27,46	58	OK
Lantai 30	106,20	2,90	187,22	4,82	26,49	58	OK
Lantai 31	109,10	2,90	192,04	4,60	25,28	58	OK
Lantai 32	112,00	2,90	196,63	4,32	23,75	58	OK
Lantai 33	114,9	2,90	200,95	4,00	22,01	58	OK
Lantai DAK	117,8	3,40	204,95	5,21	28,64	68	OK

Tabel 5. 15. Kontrol simpangan antar lantai akibat beban gempa arah Y

Lantai	Elevasi (m)	Tinggi antar tingkat (m)	δe (mm)	δx_e (mm)	δx (mm)	δa (mm)	KET
Lantai P1	0,00	3,50	0,00	0,66	3,64	70	OK
Lantai P2	3,50	3,00	0,66	0,84	4,64	60	OK
Lantai P3	6,50	3,00	1,50	0,90	4,93	60	OK
Lantai P4	9,50	3,00	2,40	0,96	5,30	60	OK
Lantai P5	12,50	3,00	3,36	0,97	5,34	60	OK
Lantai P6	15,50	3,00	4,33	0,81	4,43	60	OK
Lantai P7	18,50	3,00	5,14	1,43	7,85	60	OK
Lantai 1	22,10	3,00	6,57	1,50	8,24	60	OK
Lantai 2	25,00	3,00	8,07	1,79	9,85	60	OK
Lantai 3	27,90	5,00	9,86	1,94	10,68	100	OK
Lantai 4	30,80	4,00	11,80	1,98	10,90	80	OK
Lantai 5	33,70	3,00	13,78	1,96	10,79	60	OK
Lantai 6	36,60	3,00	15,74	1,92	10,53	60	OK
Lantai 7	39,50	3,00	17,66	1,86	10,25	60	OK
Lantai 8	42,40	2,90	19,52	1,82	9,98	58	OK
Lantai 9	45,30	3,50	21,33	1,78	9,80	70	OK
Lantai 10	48,20	3,54	23,12	1,76	9,67	70,77	OK
Lantai 11	51,10	3,58	24,87	1,75	9,64	71,54	OK
Lantai 12	54,00	3,62	26,63	1,78	9,80	72,31	OK
Lantai 13	56,90	3,65	28,41	1,78	9,80	73,08	OK
Lantai 14	59,80	3,69	30,19	1,78	9,81	73,85	OK
Lantai 15	62,70	3,73	31,97	1,79	9,82	74,62	OK
Lantai 16	65,60	3,77	33,76	1,79	9,83	75,38	OK
Lantai 17	68,50	3,81	35,54	1,78	9,81	76,15	OK
Lantai 18	71,40	3,85	37,33	1,78	9,77	76,92	OK
Lantai 19	74,30	3,88	39,10	1,76	9,70	77,69	OK
Lantai 20	77,20	3,92	40,87	1,75	9,62	78,46	OK
Lantai 21	80,10	3,96	42,62	1,73	9,52	79,23	OK
Lantai 22	83,00	2,90	44,35	1,71	9,43	58	OK
Lantai 23	85,90	4,00	46,06	1,71	9,41	80	OK
Lantai 24	88,80	4,04	47,77	1,68	9,26	80,77	OK
Lantai 25	91,70	4,08	49,46	1,66	9,12	81,54	OK
Lantai 26	94,60	4,12	51,11	1,63	8,97	82,31	OK
Lantai 27	97,50	4,15	52,74	1,60	8,81	83,08	OK
Lantai 28	100,40	4,19	54,35	1,57	8,63	83,85	OK
Lantai 29	103,30	4,23	55,91	1,53	8,41	84,62	OK
Lantai 30	106,20	4,27	57,44	1,48	8,11	85,38	OK
Lantai 31	109,10	4,31	58,92	1,42	7,79	86,15	OK
Lantai 32	112,00	4,35	60,34	1,40	7,71	86,92	OK
Lantai 33	114,90	4,38	61,74	1,31	7,18	87,69	OK
Lantai DAK	117,80	4,42	63,04	1,73	9,49	88,46	OK

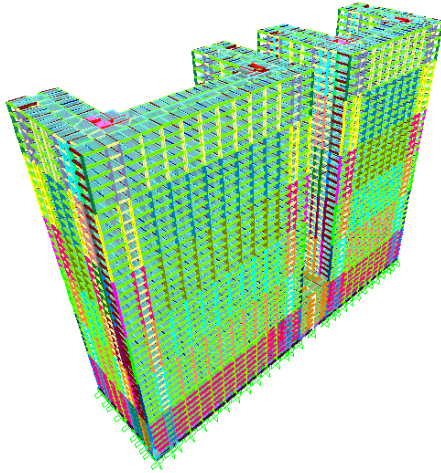
Dari hasil kontrol tabel di atas maka analisis struktur Gedung Apartemen Puncak MERR memenuhi persyaratan sesuai dengan SNI 03-1726-2012 Pasal 7.9.3 dan Pasal 7.12.1.

5.2. Gaya reaksi di perletakan bangunan

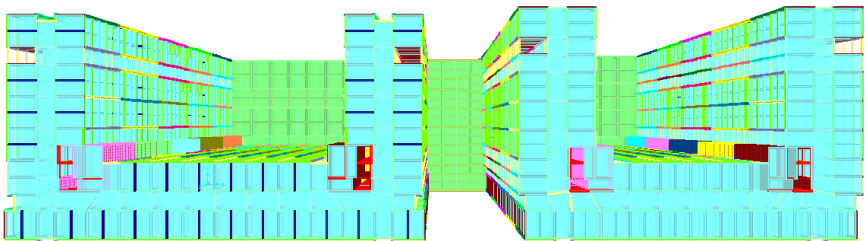
Setelah melalui tahap pemodelan dan kontrol desain, keluaran gaya reaksi perletakan didapatkan dari joint-joint yang termasuk dalam P100 sektor 5 (gambar 5.6). Kombinasi-kombinasi pembebanan yang digunakan dalam melakukan cek daya dukung pondasi maupun perhitungan perencanaan perkuatan (apabila dibutuhkan) adalah berdasarkan kombinasi beban layan yang tercantum dalam sub bab 2.3.2. Nilai yang digunakan pada keluaran gaya dari joint reaction adalah F_z , M_x , dan M_y . Untuk mencari kondisi terkritis, dilakukan pemeriksaan terhadap 2 kondisi beban layan, yakni:

- **Kondisi 1** dimana keluaran gaya yang diambil adalah kombinasi beban 1D + 1L saja sebagai beban layan tetap yang bekerja pada gedung.
- **Kondisi 2** dimana keluaran gaya yang diambil adalah kombinasi beban dengan F_z maksimum pada setiap joint (termasuk kombinasi dengan beban gempa).

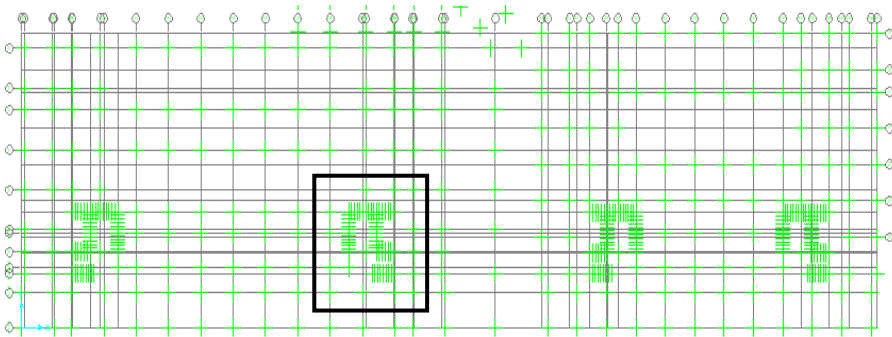
Dalam hal ini perlu diketahui bahwa beban gempa bukan merupakan beban tetap yang bekerja pada gedung, beban gempa bekerja sesaat saja dalam waktu tertentu. Kemudian menggunakan metode tegangan ijin berlebih, berdasarkan tabel 2.7, untuk kombinasi beban gempa nilai tegangan berlebih yang diperbolehkan adalah 50%, sehingga kenaikan daya dukung ijin yang diperbolehkan menjadi 150%. Sedangkan untuk kombinasi beban layan tetap (1D+1L) nilai tegangan berlebih yang diperbolehkan adalah 0%, daya dukung ijin yang diperbolehkan adalah 100% (tidak terdapat kenaikan). Untuk itulah perlu dilakukan cek terhadap 2 kondisi diatas.



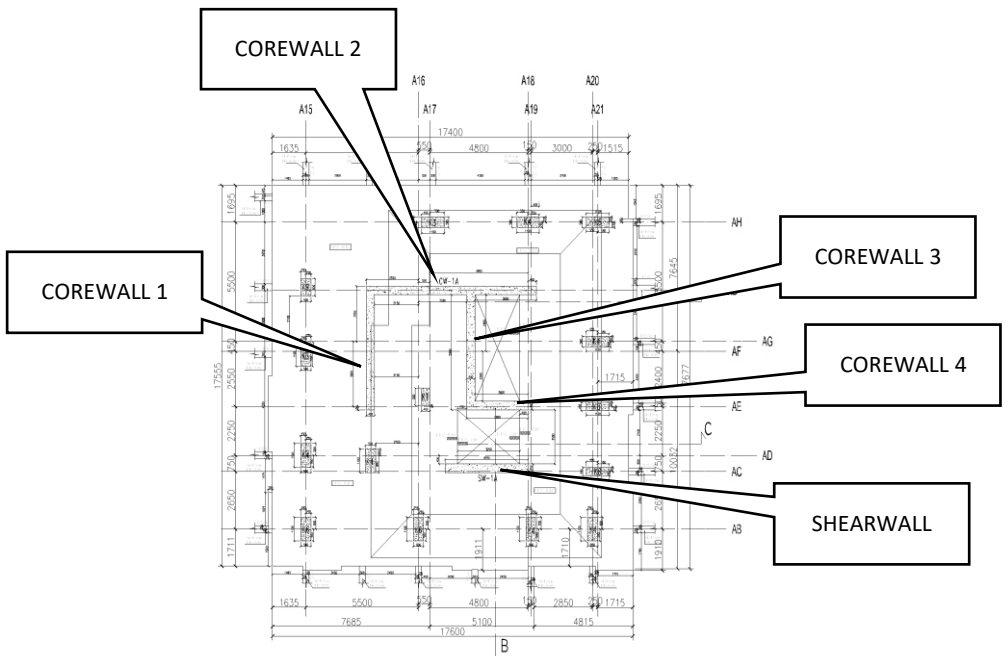
Gambar 5 4. Tampak Isometri pemodelan struktur Apartemen Puncak MERR Surabaya



Gambar 5 5. Tampak atas pemodelan struktur Apartemen Puncak MERR Surabaya



Gambar 5 6. Joint-joint pada pemodelan gedung. Joint untuk P100 Sektor 5 pada area yang ditandai



Gambar 5 7. As grid kolom P100 Sektor 5

Tabel 5. 16. Output gaya-gaya pada pemodelan SAP 2000 untuk area P100 sektor 5, Kondisi 1 (1)

No	AS-GRID KOLOM	JOINT OUTPUT	KOMBINASI BEBAN	Fz	Mx	My	Station joint	
				Tonf	Tonf-m	Tonf-m	X (m)	Y (m)
1	AH-A21	67879	Ijin D+L	797,123	-0,235	1,185	15,885	15,86
2	AH-A18	67880	Ijin D+L	707,118	-3,504	-0,140	12,485	15,86
3	AH-A17	67881	Ijin D+L	657,978	-3,462	0,997	7,685	15,86
4	AG-A21	67882	Ijin D+L	726,623	-0,538	1,485	15,885	10,36
5	AE-A21	67883	Ijin D+L	519,685	0,031	3,264	15,885	7,36
6	AC-A21	67884	Ijin D+L	518,515	0,055	2,946	15,885	4,36
7	AB-A20	67886	Ijin D+L	729,734	0,610	2,210	15,635	1,71
8	AB-A19	67888	Ijin D+L	708,753	2,030	-0,875	12,635	1,71
9	AB-A16	67890	Ijin D+L	781,643	0,819	-1,605	7,135	1,71
10	AB-A15	67892	Ijin D+L	810,475	0,673	0,018	1,635	1,71
11	AD-A15	67894	Ijin D+L	608,871	0,985	-5,861	1,635	5,11
12	AF-A15	67895	Ijin D+L	747,230	0,128	-2,430	1,635	9,91
13	XD-A15	67908	Ijin D+L	377,996	-2,723	-2,546	1,635	12,86
14	AE-A17	67947	Ijin D+L	142,647	-0,494	-0,395	7,685	7,36
15	AD	67991	Ijin D+L	667,964	2,409	-1,193	4,785	5,11
16	DINDING SHEARWALL	6123	Ijin D+L	104,441	-21,863	-17,857	12,43	4,364
		6144	Ijin D+L	94,475	-14,878	14,097	8,38	4,364
		50355	Ijin D+L	121,486	0,142	-0,516	11,9241	4,364
		50369	Ijin D+L	116,383	0,086	-0,243	11,4178	4,364
		50377	Ijin D+L	115,917	0,052	-0,152	10,9115	4,364
		50385	Ijin D+L	115,842	0,036	0,011	10,4025	4,364
		50393	Ijin D+L	115,971	0,037	0,148	9,8989	4,364
		50401	Ijin D+L	116,518	0,054	0,264	9,3926	4,364
50409	Ijin D+L	121,806	0,088	0,510	8,8863	4,364		
17	COREWALL I	6145	Ijin D+L	103,498	-25,386	-14,501	4,785	7,36
		6249	Ijin D+L	115,424	-0,767	15,593	4,785	9,91
		40609	Ijin D+L	108,727	-0,612	0,271	4,785	7,785
		40623	Ijin D+L	101,213	-0,306	0,149	4,785	8,21
		40631	Ijin D+L	99,223	-0,357	0,053	4,785	8,635
		40639	Ijin D+L	97,963	-0,134	-0,014	4,785	9,06
		40647	Ijin D+L	97,014	-0,178	-0,048	4,785	9,485
		40661	Ijin D+L	110,130	-0,025	0,038	4,785	10,40033
		40669	Ijin D+L	109,105	0,100	0,219	4,785	10,89233
		40677	Ijin D+L	108,245	0,159	0,541	4,785	11,38433
		40685	Ijin D+L	108,107	0,262	1,163	4,785	11,876
		40693	Ijin D+L	113,528	0,364	2,415	4,785	12,36833
6139	Ijin D+L	151,795	25,625	12,369	4,785	12,86		

Tabel 5. 17. Output gaya-gaya pada pemodelan SAP 2000 untuk area P100 sektor 5, Kondisi 1 (2)

No	AS- GRID KOLOM	JOINT OUTPUT	KOMBINASI BEBAN	Fz	Mx	My	Station joint	
				Tonf	Tonf-m	Tonf-m	X (m)	Y (m)
18	COREWALL 2	6142	Ijin D+L	118,430	7,384	0,728	7,755	12,860
		43748	Ijin D+L	104,026	0,072	0,173	7,260	12,860
		43750	Ijin D+L	103,925	0,164	0,220	6,765	12,860
		43752	Ijin D+L	103,979	0,423	0,307	6,270	12,860
		43754	Ijin D+L	104,701	0,974	0,375	5,775	12,860
		43756	Ijin D+L	110,994	2,066	0,489	5,296	12,860
		43845	Ijin D+L	98,573	1,514	0,005	9,240	12,860
		43847	Ijin D+L	97,262	0,739	0,022	8,745	12,860
		43849	Ijin D+L	97,009	0,316	0,068	8,250	12,860
		6138	Ijin D+L	97,303	13,990	-15,669	12,960	12,860
		6168	Ijin D+L	165,287	2,310	1,790	9,735	12,860
		43794	Ijin D+L	114,928	-0,225	-0,631	12,485	12,860
		43796	Ijin D+L	108,581	0,057	-0,295	11,885	12,860
		43798	Ijin D+L	107,708	0,354	-0,343	11,348	12,860
43800	Ijin D+L	107,731	0,803	-0,136	10,810	12,860		
43802	Ijin D+L	109,071	1,627	-0,182	10,273	12,860		
19	COREWALL 3	6169	Ijin D+L	163,592	-1,669	21,920	9,735	7,352
		47636	Ijin D+L	121,199	-0,501	1,889	9,735	7,852
		47650	Ijin D+L	113,778	-0,364	0,884	9,735	8,352
		47658	Ijin D+L	111,615	-0,265	0,415	9,735	8,860
		47666	Ijin D+L	110,137	-0,183	0,193	9,735	9,352
		47674	Ijin D+L	108,951	-0,103	0,065	9,735	9,860
		47682	Ijin D+L	107,864	-0,033	-0,017	9,735	10,360
		47690	Ijin D+L	106,823	0,043	-0,074	9,735	10,860
		47698	Ijin D+L	105,850	0,123	-0,118	9,735	11,360
		47706	Ijin D+L	105,003	0,204	-0,163	9,735	11,860
47714	Ijin D+L	106,096	0,350	-0,238	9,735	12,360		
20	COREWALL 4	6122	Ijin D+L	86,397	3,731	-17,838	12,965	7,352
		52530	Ijin D+L	116,296	-0,231	-0,467	12,423	7,364
		52544	Ijin D+L	112,925	-0,443	-0,120	11,885	7,364
		52552	Ijin D+L	113,501	-0,715	-0,089	11,340	7,364
		52560	Ijin D+L	115,003	-1,266	0,149	10,810	7,364
		52568	Ijin D+L	121,627	-2,512	0,232	10,273	7,364

Tabel 5. 18. Output gaya-gaya pada pemodelan SAP 2000 untuk area P100 sektor 5, Kondisi 2 (1)

No	AS-GRID KOLOM	JOINT OUTPUT	KOMBINASI BEBAN	Fz	Mx	My	Station joint	
				Tonf	Tonf-m	Tonf-m	X (m)	Y (m)
1	AH-A21	67879	Ijin D+0.75L+0.7EX	819,594	0,227	4,344	15,885	15,860
2	AH-A18	67880	Ijin D+0.75L+0.7EY	772,507	-1,328	1,086	12,485	15,860
3	AH-A17	67881	Ijin D+0.75L+0.7EY	749,631	-1,223	2,266	7,685	15,860
4	AG-A21	67882	Ijin D+0.75L+0.7EY	731,967	0,984	2,547	15,885	10,360
5	AE-A21	67883	Ijin D+0.75L+0.7EX	540,089	0,247	6,917	15,885	7,360
6	AC-A21	67884	Ijin D+0.75L+0.7EX	544,187	0,267	6,467	15,885	4,360
7	AB-A20	67886	Ijin D+0.75L+0.7EX	774,221	1,572	3,943	15,635	1,710
8	AB-A19	67888	Ijin D+0.75L+0.7EY	740,923	5,083	0,064	12,635	1,710
9	AB-A16	67890	Ijin D+0.75L+0.7EY	782,220	3,366	-0,981	7,135	1,710
10	AB-A15	67892	Ijin D+0.75L+0.7EY	834,008	2,638	0,618	1,635	1,710
11	AD-A15	67894	Ijin D+0.75L+0.7EX	676,867	1,595	-2,856	1,635	5,110
12	AF-A15	67895	Ijin D+0.75L+0.7EX	772,140	0,803	-1,419	1,635	9,910
13	XD-A15	67908	Ijin D+0.75L+0.7EY	419,449	2,155	-1,793	1,635	12,860
14	AE-A17	67947	Ijin D+0.75L+0.7EY	168,942	0,073	-0,294	7,685	7,360
15	AD	67991	Ijin D+0.75L+0.7EY	727,221	5,180	-0,788	4,785	5,110
16	DINDING SHEARWALL	6123	Ijin D+0.75L+0.7EX	136,536	-19,981	-16,047	12,430	4,364
		6144	Ijin D+0.75L+0.7EX	126,902	-13,691	13,959	8,380	4,364
		50355	Ijin D+0.7EX	167,456	0,733	-0,110	11,924	4,364
		50369	Ijin D+0.75L+0.7EX	140,744	0,517	0,250	11,418	4,364
		50377	Ijin D+0.75L+0.7EX	125,917	0,451	0,075	10,912	4,364
		50385	Ijin D+0.75L+0.7EY	121,413	1,251	0,157	10,403	4,364
		50393	Ijin D+0.75L+0.7EX	125,436	0,415	0,371	9,899	4,364
		50401	Ijin D+0.75L+0.7EX	140,221	0,438	0,730	9,393	4,364
50409	Ijin D+0.7EX	166,709	0,575	0,777	8,886	4,364		
17	COREWALL I	6145	Ijin D+0.7EY	160,091	-18,460	-7,892	4,785	7,360
		6249	Ijin D+0.75L+0.7EX	146,355	-0,458	17,286	4,785	9,910
		40609	Ijin D+0.7EY	192,432	0,057	0,599	4,785	7,785
		40623	Ijin D+0.7EY	159,993	0,585	0,521	4,785	8,210
		40631	Ijin D+0.7EY	141,866	0,236	0,446	4,785	8,635
		40639	Ijin D+0.7EY	127,389	0,671	0,396	4,785	9,060
		40647	Ijin D+0.7EX	124,913	0,068	1,306	4,785	9,485
		40661	Ijin D+0.7EX	146,627	0,228	1,642	4,785	10,400
		40669	Ijin D+0.7EX	149,335	0,388	1,865	4,785	10,892
		40677	Ijin D+0.7EX	153,629	0,397	2,326	4,785	11,384
		40685	Ijin D+0.7EX	160,842	0,507	3,383	4,785	11,876
		40693	Ijin D+0.7EX	179,730	0,600	5,838	4,785	12,368
6139	Ijin D+0.7EX	231,333	17,483	12,283	4,785	12,860		

Tabel 5. 19. . Output gaya-gaya pada pemodelan SAP 2000 untuk area P100 sektor 5, Kondisi 2 (2)

No	AS-GRID KOLOM	JOINT OUTPUT	KOMBINASI BEBAN	Fz	Mx	My	Station joint	
				Tonf	Tonf-m	Tonf-m	X (m)	Y (m)
18	COREWALL 2	6142	Ijin D+0.75L+0.7EY	154,796	10,601	0,979	7,755	12,860
		43748	Ijin D+0.7EY	145,025	1,839	0,412	7,260	12,860
		43750	Ijin D+0.7EY	146,368	1,926	0,471	6,765	12,860
		43752	Ijin D+0.7EY	149,302	2,270	0,535	6,270	12,860
		43754	Ijin D+0.7EY	154,982	3,155	0,603	5,775	12,860
		43756	Ijin D+0.7EX	172,261	3,247	1,355	5,296	12,860
		43845	Ijin D+0.7EY	144,446	4,391	0,254	9,240	12,860
		43847	Ijin D+0.7EY	138,192	2,901	0,262	8,745	12,860
		43849	Ijin D+0.7EY	135,778	2,145	0,302	8,250	12,860
		6138	Ijin D+0.7EX	162,684	13,886	-10,292	12,960	12,860
		6168	Ijin D+0.7EY	249,272	6,241	2,801	9,735	12,860
		43794	Ijin D+0.7EX	212,221	0,429	0,231	12,485	12,860
		43796	Ijin D+0.7EX	177,102	0,655	0,614	11,885	12,860
		43798	Ijin D+0.7EX	158,091	0,934	0,420	11,348	12,860
		43800	Ijin D+0.7EY	151,669	2,943	0,238	10,810	12,860
		43802	Ijin D+0.7EY	158,655	4,590	0,233	10,273	12,860
19	COREWALL 3	6169	Ijin D+0.7EY	248,666	1,418	24,800	9,735	7,352
		47636	Ijin D+0.7EY	178,756	0,513	2,488	9,735	7,852
		47650	Ijin D+0.7EY	151,376	0,559	1,282	9,735	8,352
		47658	Ijin D+0.75L+0.7EY	136,547	0,400	0,689	9,735	8,860
		47666	Ijin D+0.75L+0.7EY	125,405	0,479	0,447	9,735	9,352
		47674	Ijin D+0.75L+0.7EY	115,378	0,550	0,318	9,735	9,860
		47682	Ijin D+0.75L+0.7EX	112,091	0,243	0,845	9,735	10,360
		47690	Ijin D+0.75L+0.7EX	112,635	0,305	0,849	9,735	10,860
		47698	Ijin D+0.75L+0.7EY	119,938	0,764	0,208	9,735	11,360
		47706	Ijin D+0.75L+0.7EY	129,094	0,816	0,268	9,735	11,860
		47714	Ijin D+0.7EY	145,910	1,184	0,719	9,735	12,360
20	COREWALL 4	6122	Ijin D+0.7EX	143,779	2,682	-13,046	12,965	7,352
		52530	Ijin D+0.7EX	201,214	0,450	0,138	12,423	7,364
		52544	Ijin D+0.7EX	169,035	0,259	0,612	11,885	7,364
		52552	Ijin D+0.7EY	167,128	1,406	0,206	11,340	7,364
		52560	Ijin D+0.7EY	172,213	1,336	0,387	10,810	7,364
		52568	Ijin D+0.7EY	188,154	1,560	0,433	10,273	7,364

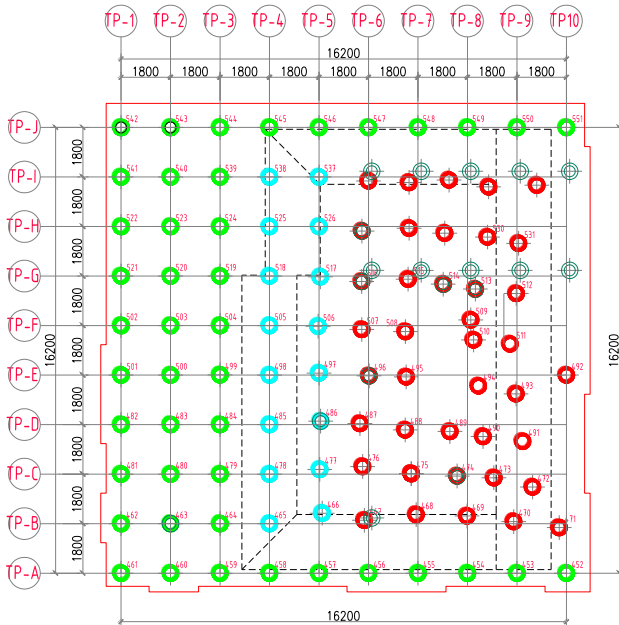
5.3. Perhitungan daya dukung tiang pancang (*used*) terhadap beban rencana

Setelah diketahui bahwa 40 dari 100 tiang pancang tidak lagi digunakan pada P100 sektor 5, maka perlu dilakukan pemeriksaan

daya dukung terhadap 60 tiang pancang yang masih dapat digunakan (*Used*) terhadap beban rencana.

a. Mencari titik berat tiang pancang yang masih dapat digunakan (*used*)

Karena bentuk tiang pancang yang masih dapat digunakan (*used*) tidak simetris, maka perlu dicari titik berat tiang pancang tersebut untuk menentukan letak pusat gaya.



Gambar 5.8. Untuk memudahkan perhitungan, Titik-titik tiang pancang *used* (hijau, biru) diberi As bantu

Diketahui luas permukaan (A) untuk spunpile diameter 60 cm adalah $0,157 \text{ m}^2$. Perhitungan titik berat tiang pancang arah y mengacu pada As TP-A (gambar 5.8).

Contoh perhitungan:

- Untuk As TP-A

Jarak tiang pancang As TP-A ke As TP-A (y) = 0 m

Jumlah tiang pancang As TP-A (n) = 10

$$A_{\text{spunpile}} = 0,157 \text{ m}^2$$

$$\text{Maka } n \times y \times A_{\text{spunpile}} = 10 (0 \text{ m}) (0,157 \text{ m}^2) = 0 \text{ m}^3$$

– Untuk As TP-B

Jarak tiang pancang As TP-B ke As TP-A (y) = 1,80 m

Jumlah tiang pancang As TP-B (n) = 5

$$A_{\text{spunpile}} = 0,157 \text{ m}^2$$

$$\text{Maka } = 5 (1,80 \text{ m}) (0,157 \text{ m}^2) = 1,414 \text{ m}^3$$

Begitu seterusnya hingga As TP-J. Rekapitulasi perhitungannya sebagai berikut:

Tabel 5. 20. Rekapitulasi perhitungan titik berat tiang pancang (*used*) arah y

As TP	n	Jarak TP ke As TP-A (y) (m)	n.A.(y) (m^3)
TP-A	10	0	0,000
TP-B	5	1,8	1,414
TP-C	5	3,6	2,827
TP-D	5	5,4	4,241
TP-E	5	7,2	5,655
TP-F	5	9	7,069
TP-G	5	10,8	8,482
TP-H	5	12,6	9,896
TP-I	5	14,4	11,310
TP-J	10	16,2	25,447
TOTAL	60		76,341

Titik berat arah y dapat dicari dengan:

$$\bar{y} = \frac{A_1 y_1 + A_2 y_2 + \dots + A_i y_i}{\sum A} = \frac{76,34 \text{ m}^3}{60 \times 0,157 \text{ m}^2} = 8,10 \text{ m dari As TP-A}$$

Perhitungan titik berat tiang pancang arah x mengacu pada As TP-1 (gambar 5.8). Cara perhitungannya sama seperti mencari titik berat tiang pancang arah y. rekapitulasi perhitungannya sebagai berikut:

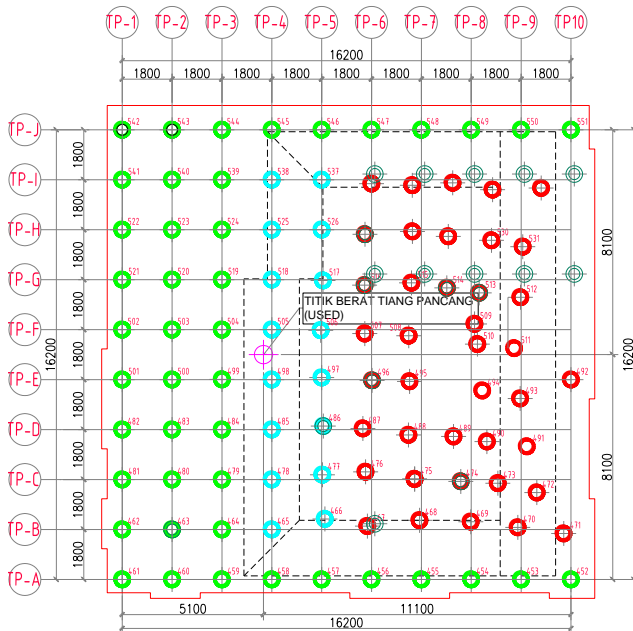
Tabel 5. 21. Rekapitulasi perhitungan titik berat tiang pancang (*used*) arah x

As TP	n	jarak TP ke As TP-1 (x) (m)	n.A.(x) (m ³)
TP-1	10	0	0,000
TP-2	10	1,8	2,827
TP-3	10	3,6	5,655
TP-4	10	5,4	8,482
TP-5	10	7,2	11,310
TP-6	2	9	2,827
TP-7	2	10,8	3,393
TP-8	2	12,6	3,958
TP-9	2	14,4	4,524
TP-10	2	16,2	5,089
TOTAL	60		48,066

Titik berat arah x dapat dicari dengan:

$$\bar{x} = \frac{A_1x_1 + A_2x_2 + \dots + A_nx_n}{\sum A} = \frac{48,066m^3}{60 \times 0,157m^2} = 5,10 \text{ m dari As TP-1}$$

Sehingga titik berat tiang pancang (*used*) seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 5 9. Titik berat tiang pancang (used)

Perhitungan $\sum x^2$:

Tabel 5. 22. Perhitungan $\sum x^2$ (1)

As TP	n	jarak TP ke titik berat TP (x) (m)	$\sum x^2$ (m ²)
TP-1	10	7,864	6184,25
TP-2	10	6,064	3677,21
TP-3	10	4,264	1818,17
TP-4	10	2,464	607,13
TP-5	10	0,664	44,09
TP-6	2	1,17	5,48
TP-7	2	2,97	35,28

Tabel 5. 23. Perhitungan $\sum x^2$ (2)

As TP	n	jarak TP ke titik berat TP (x) (m)	$\sum x^2$ (m ²)
TP-8	2	4,77	91,01
TP-9	2	6,57	172,66
TP-10	2	8,37	280,23
TOTAL	60		12915,51

Perhitungan $\sum y^2$:Tabel 5. 24. Perhitungan $\sum y^2$

As TP	n	Jarak TP ke titik berat TP (y) (m)	$\sum y^2$ (m ²)
TP-A	10	8,1	6561,00
TP-B	5	6,3	992,25
TP-C	5	4,5	506,25
TP-D	5	2,7	182,25
TP-E	5	0,9	20,25
TP-F	5	0,9	20,25
TP-G	5	2,7	182,25
TP-H	5	4,5	506,25
TP-I	5	6,3	992,25
TP-J	10	8,1	6561,00
TOTAL	60		16524,00

b. Menghitung gaya aksial yang bekerja pada 1 tiang

Untuk perhitungan momen, selain M_x dan M_y hasil keluaran dari SAP juga diperhitungkan momen arah X dan Y dari eksentrisitas kolom terhadap titik berat tiang pancang (*used*).

Contoh:

As grid kolom AH-A21 (joint 67879)

$F_z = 797,123 \text{ Ton}$

$M_x = -0,235 \text{ Ton-m}$

$M_y = 1,185 \text{ Ton-m}$

Station joint: Sb. X = 15,885 m

Sb. Y = 15,860 m

Karena station joint merupakan jarak joint dari tepi pilecap, maka titik berat tiang pancang (*used*):

Sb. X = \bar{x} + jarak As TP-1 ke tepi pilecap

= 5,10 m + 0,54 m = 5,64 m

Sb. Y = \bar{y} + jarak As TP-A ke tepi pilecap

= 5,10 m + 0,48 m = 8,58 m

Sehingga,

jarak joint terhadap titik berat tiang pancang (*used*):

Sb. X = 5,64 m – 15,885 m = -10,245m

Sb. Y = 15,860 – 8,58 m = 7,280 m

Untuk perhitungan momen:

$\Delta M_y = F_z (\text{Jarak arah X}) + M_{y\text{SAP}}$

= 797,123 T (-10,245m) + 1,185 Ton-m

= -8165,339 Ton-m

$\Delta M_x = F_z (\text{Jarak arah Y}) + M_{x\text{SAP}}$

= 797,123 T (7,280 m) + (-0,235) Ton-m

= 5802,819 Ton-m

Nilai positif dan negatif pada momen menunjukkan arah momen tersebut bekerja. Berikut rekapitulasi hasil perhitungannya untuk Kondisi 1.

Tabel 5. 25. Rekapitulasi perhitungan momen untuk Kondisi 1 (1)

No	AS- GRID KOLOM	KOMBINASI BEBAN	Fz	Mx	My	Jarak joint thd titik berat tiang		ΔMy	ΔMx
			Tonf	Tonf-m	Tonf-m	X (m)	Y (m)	Ton-m	Ton-m
1	AH-A21	Ijin D+L	797,123	-0,235	1,185	-10,245	7,280	-8165,339	5802,819
2	AH-A18	Ijin D+L	707,118	-3,504	-0,140	-6,845	7,280	-4840,361	5144,313
3	AH-A17	Ijin D+L	657,978	-3,462	0,997	-2,045	7,280	-1344,568	4786,617
4	AG-A21	Ijin D+L	726,623	-0,538	1,485	-10,245	1,780	-7442,766	1292,851
5	AE-A21	Ijin D+L	519,685	0,031	3,264	-10,245	-1,220	-5320,909	-633,985
6	AC-A21	Ijin D+L	518,515	0,055	2,946	-10,245	-4,220	-5309,239	-2188,078
7	AB-A20	Ijin D+L	729,734	0,610	2,210	-9,995	-6,870	-7291,478	-5012,660
8	AB-A19	Ijin D+L	708,753	2,030	-0,875	-6,995	-6,870	-4958,605	-4867,105
9	AB-A16	Ijin D+L	781,643	0,819	-1,605	-1,495	-6,870	-1170,161	-5369,069
10	AB-A15	Ijin D+L	810,475	0,673	0,018	4,005	-6,870	3245,968	-5567,287
11	AD-A15	Ijin D+L	608,871	0,985	-5,861	4,005	-3,470	2432,666	-2111,796
12	AF-A15	Ijin D+L	747,230	0,128	-2,430	4,005	1,330	2990,224	993,943
13	XD-A15	Ijin D+L	377,996	-2,723	-2,546	4,005	4,280	1511,327	1615,099
14	AE-A17	Ijin D+L	142,647	-0,494	-0,395	-2,045	-1,220	-292,107	-174,522
15	AD	Ijin D+L	667,964	2,409	-1,193	0,855	-3,470	569,916	-2315,428
16	DINDING SHEARWALL	Ijin D+L	104,441	-21,863	-17,857	-6,790	-4,216	-727,012	-462,187
		Ijin D+L	94,475	-14,878	14,097	-2,740	-4,216	-244,764	-413,184
		Ijin D+L	121,486	0,142	-0,516	-6,284	-4,216	-763,946	-512,043
		Ijin D+L	116,383	0,086	-0,243	-5,778	-4,216	-672,678	-490,582
		Ijin D+L	115,917	0,052	-0,152	-5,272	-4,216	-611,211	-488,656
		Ijin D+L	115,842	0,036	0,011	-4,763	-4,216	-551,687	-488,355
		Ijin D+L	115,971	0,037	0,148	-4,259	-4,216	-493,760	-488,897
		Ijin D+L	116,518	0,054	0,264	-3,753	-4,216	-436,981	-491,186
17	COREWALL 1	Ijin D+L	103,498	-25,386	-14,501	0,855	-1,220	73,990	-151,654
		Ijin D+L	115,424	-0,767	15,593	0,855	1,330	114,281	152,747
		Ijin D+L	108,727	-0,612	0,271	0,855	-0,795	93,232	-87,049
		Ijin D+L	101,213	-0,306	0,149	0,855	-0,370	86,686	-37,755
		Ijin D+L	99,223	-0,357	0,053	0,855	0,055	84,889	5,100
		Ijin D+L	97,963	-0,134	-0,014	0,855	0,480	83,745	46,888
		Ijin D+L	97,014	-0,178	-0,048	0,855	0,905	82,899	87,619
		Ijin D+L	110,130	-0,025	0,038	0,855	1,820	94,199	200,448
		Ijin D+L	109,105	0,100	0,219	0,855	2,312	93,503	252,387
		Ijin D+L	108,245	0,159	0,541	0,855	2,804	93,090	303,713
		Ijin D+L	108,107	0,262	1,163	0,855	3,296	93,594	356,581
		Ijin D+L	113,528	0,364	2,415	0,855	3,788	99,481	430,444
		Ijin D+L	151,795	25,625	12,369	0,855	4,280	142,154	675,308

Tabel 5. 26. Rekapitulasi perhitungan momen untuk Kondisi 1 (2)

No	AS-GRID KOLOM	KOMBINASI BEBAN	Fz	Mx	My	Jarak joint thd titik berat tiang		ΔMy	ΔMx
			Tonf	Tonf-m	Tonf-m	X (m)	Y (m)	Ton-m	Ton-m
18	COREWALL 2	Ijin D+L	118,430	7,384	0,728	-2,115	4,280	-249,751	514,264
		Ijin D+L	104,026	0,072	0,173	-1,620	4,280	-168,349	445,302
		Ijin D+L	103,925	0,164	0,220	-1,125	4,280	-116,696	444,963
		Ijin D+L	103,979	0,423	0,307	-0,630	4,280	-65,199	445,453
		Ijin D+L	104,701	0,974	0,375	-0,135	4,280	-13,759	449,093
		Ijin D+L	110,994	2,066	0,489	0,344	4,280	38,678	477,119
		Ijin D+L	98,573	1,514	0,005	-3,600	4,280	-354,858	423,406
	COREWALL 2	Ijin D+L	97,262	0,739	0,022	-3,105	4,280	-301,976	417,021
		Ijin D+L	97,009	0,316	0,068	-2,610	4,280	-253,126	415,515
		Ijin D+L	97,303	13,990	-15,669	-7,320	4,280	-727,926	430,446
		Ijin D+L	165,287	2,310	1,790	-4,095	4,280	-675,058	709,736
		Ijin D+L	114,928	-0,225	-0,631	-6,845	4,280	-787,311	491,666
		Ijin D+L	108,581	0,057	-0,295	-6,245	4,280	-678,384	464,784
		Ijin D+L	107,708	0,354	-0,343	-5,708	4,280	-615,088	461,345
19	COREWALL 3	Ijin D+L	107,731	0,803	-0,136	-5,170	4,280	-557,107	461,893
		Ijin D+L	109,071	1,627	-0,182	-4,633	4,280	-505,451	468,449
		Ijin D+L	163,592	-1,669	21,920	-4,095	-1,228	-647,990	-202,560
		Ijin D+L	121,199	-0,501	1,889	-4,095	-0,728	-494,420	-88,734
		Ijin D+L	113,778	-0,364	0,884	-4,095	-0,228	-465,037	-26,305
		Ijin D+L	111,615	-0,265	0,415	-4,095	0,280	-456,648	30,987
		Ijin D+L	110,137	-0,183	0,193	-4,095	0,772	-450,818	84,843
		Ijin D+L	108,951	-0,103	0,065	-4,095	1,280	-446,088	139,354
		Ijin D+L	107,864	-0,033	-0,017	-4,095	1,780	-441,719	191,964
		Ijin D+L	106,823	0,043	-0,074	-4,095	2,280	-437,514	243,599
		Ijin D+L	105,850	0,123	-0,118	-4,095	2,780	-433,574	294,386
		Ijin D+L	105,003	0,204	-0,163	-4,095	3,280	-430,150	344,615
		Ijin D+L	106,096	0,350	-0,238	-4,095	3,780	-434,700	401,392
		20	COREWALL 4	Ijin D+L	86,397	3,731	-17,838	-7,325	-1,228
Ijin D+L	116,296			-0,231	-0,467	-6,783	-1,216	-789,242	-141,646
Ijin D+L	112,925			-0,443	-0,120	-6,245	-1,216	-705,337	-137,760
Ijin D+L	113,501			-0,715	-0,089	-5,700	-1,216	-647,046	-138,733
Ijin D+L	115,003			-1,266	0,149	-5,170	-1,216	-594,415	-141,110
Ijin D+L	121,627			-2,512	0,232	-4,633	-1,216	-563,204	-150,410

Total gaya yang bekerja pada pondasi untuk Kondisi 1:

$$\sum Fz = 15625,32 \text{ Ton}$$

$$\sum \Delta Mx = -2596,03 \text{ Ton-m}$$

$$\sum \Delta My = -54166,6 \text{ Ton-m}$$

Maka gaya yang bekerja pada 1 tiang pondasi:

$$P_{\max, \min} = \frac{\sum V}{n} \pm \frac{M_y \cdot x}{\sum x^2} + \frac{M_x \cdot y}{\sum y^2}$$

$$P_{\max} = \frac{15625,32}{60} + \frac{-2596,03 \times 8,1}{16524} + \frac{-54166,6 \times 11,1}{12915,51}$$

$$P_{\max} = 212,597 \text{ Ton}$$

$$P_{\min} = \frac{15625,32}{60} - \frac{-2596,03 \times 8,1}{16524} - \frac{-54166,6 \times 11,1}{12915,51}$$

$$P_{\min} = 308,25 \text{ Ton}$$

Dimana:

- $P_{\max, \min}$ = Beban vertikal pada masing-masing tiang
- n = Jumlah tiang
- x, y = Jarak-jarak tiang terhadap sumbu x, y maksimum
- $\sum V$ = Jumlah beban vertikal yang bekerja pada pusat kelompok tiang
- M_x, M_y = Momen terhadap sumbu x, y
- $\sum x^2$ = Jumlah dari jarak kuadrat masing-masing tiang terhadap sumbu X (tabel 5.22)
- $\sum y^2$ = Jumlah dari jarak kuadrat masing-masing tiang terhadap sumbu Y (tabel 5.24)

Sedangkan untuk Kondisi 2 rekapitulasi perhitungannya adalah sebagai berikut:

Tabel 5. 27. Rekapitulasi perhitungan momen untuk Kondisi 2 (1)

No	AS- GRID KOLOM	KOMBINASI BEBAN	Fz	Mx	My	Jarak joint thd titik berat tiang		ΔMy	ΔMx
			Tonf	Tonf-m	Tonf-m	X (m)	Y (m)	Ton-m	Ton-m
1	AH-A21	Ijin D+0.75L+0.7EX	819,594	0,227	4,344	-10,245	7,280	-8392,393	5966,869
2	AH-A18	Ijin D+0.75L+0.7EY	772,507	-1,328	1,086	-6,845	7,280	-5286,724	5622,523
3	AH-A17	Ijin D+0.75L+0.7EY	749,631	-1,223	2,266	-2,045	7,280	-1530,729	5456,087
4	AG-A21	Ijin D+0.75L+0.7EY	731,967	0,984	2,547	-10,245	1,780	-7496,457	1303,885
5	AE-A21	Ijin D+0.75L+0.7EX	540,089	0,247	6,917	-10,245	-1,220	-5526,294	-658,662
6	AC-A21	Ijin D+0.75L+0.7EX	544,187	0,267	6,467	-10,245	-4,220	-5568,732	-2296,204
7	AB-A20	Ijin D+0.75L+0.7EX	774,221	1,572	3,943	-9,995	-6,870	-7734,393	-5317,325
8	AB-A19	Ijin D+0.75L+0.7EY	740,923	5,083	0,064	-6,995	-6,870	-5182,690	-5085,056
9	AB-A16	Ijin D+0.75L+0.7EY	782,220	3,366	-0,981	-1,495	-6,870	-1170,400	-5370,485
10	AB-A15	Ijin D+0.75L+0.7EY	834,008	2,638	0,618	4,005	-6,870	3340,818	-5726,995
11	AD-A15	Ijin D+0.75L+0.7EX	676,867	1,595	-2,856	4,005	-3,470	2707,995	-2347,132
12	AF-A15	Ijin D+0.75L+0.7EX	772,140	0,803	-1,419	4,005	1,330	3091,002	1027,750
13	XD-A15	Ijin D+0.75L+0.7EY	419,449	2,155	-1,793	4,005	4,280	1678,100	1797,396
14	AE-A17	Ijin D+0.75L+0.7EY	168,942	0,073	-0,294	-2,045	-1,220	-345,781	-206,037
15	AD	Ijin D+0.75L+0.7EY	727,221	5,180	-0,788	0,855	-3,470	620,986	-2518,277
16	DINDING SHEARWALL	Ijin D+0.75L+0.7EX	136,536	-19,981	-16,047	-6,790	-4,216	-943,125	-595,616
		Ijin D+0.75L+0.7EX	126,902	-13,691	13,959	-2,740	-4,216	-333,752	-548,709
		Ijin D+0.7EX	167,456	0,733	-0,110	-6,284	-4,216	-1052,417	-705,260
		Ijin D+0.75L+0.7EX	140,744	0,517	0,250	-5,778	-4,216	-812,943	-592,861
		Ijin D+0.75L+0.7EX	125,917	0,451	0,075	-5,272	-4,216	-663,694	-530,413
		Ijin D+0.75L+0.7EY	121,413	1,251	0,157	-4,763	-4,216	-578,073	-510,627
		Ijin D+0.75L+0.7EX	125,436	0,415	0,371	-4,259	-4,216	-533,849	-528,424
		Ijin D+0.75L+0.7EX	140,221	0,438	0,730	-3,753	-4,216	-525,463	-590,733
17	COREWALL 1	Ijin D+0.7EY	160,091	-18,460	-7,892	0,855	-1,220	128,986	-213,771
		Ijin D+0.75L+0.7EX	146,355	-0,458	17,286	0,855	1,330	142,419	194,194
		Ijin D+0.7EY	192,432	0,057	0,599	0,855	-0,795	165,128	-152,926
		Ijin D+0.7EY	159,993	0,585	0,521	0,855	-0,370	137,315	-58,613
		Ijin D+0.7EY	141,866	0,236	0,446	0,855	0,055	121,742	8,039
		Ijin D+0.7EY	127,389	0,671	0,396	0,855	0,480	109,313	61,818
		Ijin D+0.7EX	124,913	0,068	1,306	0,855	0,905	108,106	113,114
		Ijin D+0.7EX	146,627	0,228	1,642	0,855	1,820	127,008	267,138
		Ijin D+0.7EX	149,335	0,388	1,865	0,855	2,312	129,546	345,700
		Ijin D+0.7EX	153,629	0,397	2,326	0,855	2,804	133,678	431,222
		Ijin D+0.7EX	160,842	0,507	3,383	0,855	3,296	140,903	530,643
		Ijin D+0.7EX	179,730	0,600	5,838	0,855	3,788	159,508	681,476
Ijin D+0.7EX	231,333	17,483	12,283	0,855	4,280	210,073	1007,590		

Tabel 5. 28. Rekapitulasi perhitungan momen untuk Kondisi 2 (2)

No	AS- GRID KOLOM	KOMBINASI BEBAN	Fz	Mx	My	Jarak joint thd titik berat tiang		ΔMy	ΔMx
			Tonf	Tonf-m	Tonf-m	X (m)	Y (m)	Ton-m	Ton-m
18	COREWALL 2	Ijin D+0.75L+0.7EY	154,796	10,601	0,979	-2,115	4,280	-326,413	673,126
		Ijin D+0.7EY	145,025	1,839	0,412	-1,620	4,280	-234,529	622,548
		Ijin D+0.7EY	146,368	1,926	0,471	-1,125	4,280	-164,192	628,379
		Ijin D+0.7EY	149,302	2,270	0,535	-0,630	4,280	-93,525	641,280
		Ijin D+0.7EY	154,982	3,155	0,603	-0,135	4,280	-20,320	666,476
		Ijin D+0.7EX	172,261	3,247	1,355	0,344	4,280	60,624	740,525
		Ijin D+0.7EY	144,446	4,391	0,254	-3,600	4,280	-519,751	622,619
	COREWALL 2	Ijin D+0.7EY	138,192	2,901	0,262	-3,105	4,280	-428,825	594,363
		Ijin D+0.7EY	135,778	2,145	0,302	-2,610	4,280	-354,078	583,274
		Ijin D+0.7EX	162,684	13,886	-10,292	-7,320	4,280	-1201,135	710,171
		Ijin D+0.7EY	249,272	6,241	2,801	-4,095	4,280	-1017,970	1073,127
		Ijin D+0.7EX	212,221	0,429	0,231	-6,845	4,280	-1452,422	908,735
		Ijin D+0.7EX	177,102	0,655	0,614	-6,245	4,280	-1105,389	758,652
		Ijin D+0.7EX	158,091	0,934	0,420	-5,708	4,280	-901,885	677,564
19	COREWALL 3	Ijin D+0.7EY	151,669	2,943	0,238	-5,170	4,280	-783,889	652,085
		Ijin D+0.7EY	158,655	4,590	0,233	-4,633	4,280	-734,738	683,635
		Ijin D+0.7EY	248,666	1,418	24,800	-4,095	-1,228	-993,486	-303,944
		Ijin D+0.7EY	178,756	0,513	2,488	-4,095	-0,728	-729,517	-129,621
		Ijin D+0.7EY	151,376	0,559	1,282	-4,095	-0,228	-618,602	-33,955
		Ijin D+0.75L+0.7EY	136,547	0,400	0,689	-4,095	0,280	-558,473	38,633
		Ijin D+0.75L+0.7EY	125,405	0,479	0,447	-4,095	0,772	-513,088	97,292
		Ijin D+0.75L+0.7EY	115,378	0,550	0,318	-4,095	1,280	-472,153	148,234
		Ijin D+0.75L+0.7EX	112,091	0,243	0,845	-4,095	1,780	-458,168	199,765
		Ijin D+0.75L+0.7EX	112,635	0,305	0,849	-4,095	2,280	-460,392	257,113
		Ijin D+0.75L+0.7EY	119,938	0,764	0,208	-4,095	2,780	-490,940	334,193
		Ijin D+0.75L+0.7EY	129,094	0,816	0,268	-4,095	3,280	-528,370	424,243
		Ijin D+0.7EY	145,910	1,184	0,719	-4,095	3,780	-596,784	552,724
		20	COREWALL 4	Ijin D+0.7EX	143,779	2,682	-13,046	-7,325	-1,228
Ijin D+0.7EX	201,214			0,450	0,138	-6,783	-1,216	-1364,594	-244,226
Ijin D+0.7EX	169,035			0,259	0,612	-6,245	-1,216	-1055,013	-205,288
Ijin D+0.7EY	167,128			1,406	0,206	-5,700	-1,216	-952,425	-201,822
Ijin D+0.7EY	172,213			1,336	0,387	-5,170	-1,216	-889,953	-208,075
Ijin D+0.7EY	188,154			1,560	0,433	-4,633	-1,216	-871,191	-227,235

Total gaya yang bekerja pada pondasi untuk Kondisi 2:

$$\sum Fz = 18607,99 \text{ Ton}$$

$$\sum \Delta Mx = 1119,83 \text{ Ton-m}$$

$$\sum \Delta My = -62863,51 \text{ Ton-m}$$

Maka gaya yang bekerja pada 1 tiang pondasi:

$$P_{\max, \min} = \frac{\sum V}{n} \pm \frac{M_y x}{\sum x^2} + \frac{M_x y}{\sum y^2}$$

$$P_{\max} = \frac{18607,99}{60} + \frac{1119,83 \times 8,1}{16524} + \frac{-62863,51 \times 11,1}{12915,51}$$

$$P_{\max} = 256,65 \text{ Ton}$$

$$P_{\min} = \frac{18607,99}{60} - \frac{1119,83 \times 8,1}{16524} - \frac{-62863,51 \times 11,1}{12915,51}$$

$$P_{\min} = 363,61 \text{ Ton}$$

c. Menghitung Efisiensi (η) tiang grup eksisting

Perhitungan efisiensi tiang grup menggunakan formula Converse-Labarre

$$\eta = 1 - \theta \frac{(n' - 1)m + (m - 1)n'}{90mn'}$$

Dimana:

- m = Jumlah baris tiang
= 5
- n' = Jumlah tiang dalam 1 baris
= 10
- s = Jarak pusat ke pusat tiang
= 1,80 m
- d = Diameter tiang
= 0,60 m
- θ = Arc Tan (d/s), dalam derajat
= Arc Tan (0,60/1,80)
= 18,43°

$$\eta = 1 - (18,43^\circ) \frac{(10-1)5 + (5-1)10}{90(5)(10)}$$

$$\eta = 0,652$$

d. Menentukan Qijin satu tiang dalam grup

Pada perhitungan daya dukung tiang pancang eksisting sebelumnya diperoleh:

Kedalaman = -21,0 meter

$Q_{ultimate}$ tanah = 466,27 Ton

Q_{ijin} = 186,51 Ton

Dalam pondasi kelompok (grup) nilai Qijin satu tiang dalam grup dipengaruhi oleh efisiensi dari tiang grup tersebut, dimana dalam perhitungan efisiensi terdapat faktor dimensi, jarak antar tiang, dan susunan tiang grup. Sehingga

$$Q_{ijin \text{ 1 tiang dalam grup}} = \eta \times Q_{ijin} = 0,652 \times 186,51 \text{ Ton}$$

$$Q_{ijin \text{ 1 tiang dalam grup}} = 121,56 \text{ Ton}$$

Selanjutnya untuk Kondisi 2 dimana F_z maksimum merupakan kombinasi beban layan dengan beban gempa, dalam menentukan Qijin terdapat nilai tegangan ijin berlebih yang diijinkan sesuai dengan kombinasi beban yang berlaku. Menurut tabel 2.7 untuk kombinasi dimana terdapat beban gempa bekerja, nilai tegangan berlebih yang diperbolehkan untuk kombinasi tersebut sebesar 50% . Maka

$$Q_{ijin \text{ berlebih}} = Q_{ijin \text{ 1 tiang dalam grup}} \times 150\% = 121,56 \text{ Ton} \times 150\%$$

$$Q_{ijin \text{ berlebih}} = 182,34 \text{ Ton}$$

e. Kontrol P_{max} dan P_{min} satu tiang

Gaya aksial maksimum dan minimum yang bekerja pada satu tiang pondasi (P_{max} , P_{min}) dikontrol terhadap batas ijin kemampuan tiang pondasi untuk menahan gaya aksial.

Untuk Kondisi 1

$$\text{Syarat: } P_{\max, \min} < Q_{\text{ijin 1 tiang dalam grup}}$$

$$308,25 \text{ Ton} > 121,56 \text{ Ton} \quad (\text{No Ok})$$

Untuk Kondisi 2

$$\text{Syarat: } P_{\max, \min} < Q_{\text{ijin berlebihan}}$$

$$363,61 \text{ Ton} > 182,34 \text{ Ton} \quad (\text{No Ok})$$

Dari hasil pemeriksaan daya dukung diatas, ternyata 60 tiang pancang (*used*) tidak mampu menerima keseluruhan beban rencana sehingga memerlukan alternatif perkuatan pondasi. Namun demikian 60 tiang pancang (*used*) yang masih dalam kondisi baik tetap dimanfaatkan untuk menerima beban rencana.

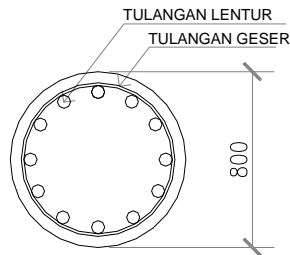
5.4. Perhitungan perkuatan pondasi eksisting

Melihat yang terjadi pada tiang pancang yang mengalami pergeseran, maka perencanaan perkuatan pondasi eksisting sebisa mungkin menghindari kesalahan dan resiko-resiko akibat pelaksanaan. Dalam hal ini alternatif yang digunakan adalah menggunakan bor pile. Alternatif bor pile digunakan karena pemancangan kembali tiang dalam lokasi dapat mengakibatkan kenaikan permukaan tanah di sekitar tiang yang diikuti oleh konsolidasi tanah. Sehingga kemungkinan tiang yang telah dipancang lebih awal terangkat keatas akibat pemancangan tiang yang baru (Hardiyatmo, 2001).

5.4.1. Perhitungan daya dukung tanah di area perkuatan pondasi

a. Merencanakan dimensi borpile

Dimensi borpile tambahan direncanakan lebih besar dari dimensi spun pile eksisting dengan tujuan dapat meminimalisir jumlah tiang yang ditambah, mengingat lahan yang digunakan untuk perkuatan terbatas.



Gambar 5 10. Sketsa bor pile D = 0,80 m

Tabel 5. 29. Spesifikasi borpile rencana

Bor Pile Tambahan P100 Sektor 5		
1.	Tipe	Bor Pile
2.	Diameter	800 mm
3.	Mutu beton (f'c)	30 MPa 305,91 kg/cm ²
4.	Luas permukaan	5026,55 cm ²
5.	Keliling permukaan	251,33 cm

Perhitungan daya dukung berdasarkan kekuatan bahan

$$P_{ult} = \sigma_{bahan} \times Ap$$

$$P_{ult} = (305,91 \text{ Kg/cm}^2) (5026,55 \text{ cm}^2)$$

$$P_{ult} = 1537671,911 \text{ kg}$$

$$P_{ult} = 1537,672 \text{ Ton}$$

$$P_{ijin\ bahan} = \frac{P_{ult}}{SF_{tiang}}$$

$$P_{ijin\ bahan} = 1537,672 \text{ Ton} / 1,5 \text{ (Bor pile)}$$

$$P_{ijin\ bahan} = 1025,1 \text{ Ton}$$

b. Menghitung daya dukung tanah di area perkuatan pondasi

Untuk perkuatan pondasi eksisting, direncanakan akan diletakkan pada area tiang pancang yang mengalami pergeseran, dimana sudah dilakukan galian hingga kedalaman -4.15 m. Sehingga perhitungan daya dukungnya dimulai di kedalaman tersebut.

Metode Meyerhoff Bazaraa

1. Menghitung daya dukung ultimate

$$Q_{ult} = Cn \times A_{ujung} + \sum C_{li} \times A_{si}$$

Contoh perhitungan

Diketahui:

Diameter borpile rencana (D) = 0,80 m

Pada kedalaman 19 meter, Ncorr = 25,37

$Cn = 40 \bar{N}$

\bar{N} = Harga rata-rata Ncorr 4D dibawah ujung sampai 8D diatas ujung tiang

$$4D + 19 \text{ meter} = 4(0,8) \text{ meter} + 19 \text{ meter} \\ = 22,2 \text{ meter}$$

$$19 \text{ meter} - 8D = 19 \text{ meter} - 8(0,8) \text{ meter} \\ = 18,36 \text{ meter}$$

$$\bar{N} = 23,23$$

$$\text{Luas Aujung} = 0,25 \times \pi \times D^2 \\ = 0,25 \times \pi \times (0,8)^2 = 0,503 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas Asi} = 1,257 \text{ m}^2$$

Kondisi tanah : Pasir

$C_{li} = N_{corr}/5$, untuk tanah pasir

$$C_{li} = 25,37/5 = 5,704$$

Maka besarnya daya dukung ultimate (Qult)

$$Q_{ult} = Cn \times A_{ujung} + \sum C_{li} \times A_{si}$$

$$Q_{ult} = (40 \times 23,23 \times 0,503) + (235,723 + (5,704 \times 1,257))$$

$$Q_{ult} = 467,009 + 242,099$$

$$Q_{ult} = 709,108 \text{ Ton}$$

2. Menghitung daya dukung ijin

Daya dukung ijin tanah diperoleh dengan membagi Qultimate dengan faktor keamanan rencana (SF). Sama seperti daya dukung tiang spun pile faktor keamanan rencana diambil 2,5

$$Q_{all} = \frac{Q_u}{SF}$$

$$Q_{all} = \frac{709,108 \text{ Ton}}{2,5} = 283,643 \text{ Ton}$$

Rekapitulasi perhitungan daya dukung tanah dapat dilihat melalui tabel berikut:

Tabel 5. 30. Perhitungan daya dukung tanah DB-5 Borpile D=0,80 m (Metode Meyerhof Bazaraa), area yg di blok menunjukkan galian (1)

Kedalaman m	N-SPT	N Corr	\bar{N}	Qujung (Ton)	$\sum R_{si}$	Qult (Ton)	Qijin (Ton)
0,00	0	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,50	0,5	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1,00	0,5	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1,50	0,5	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2,00	0,5	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2,50	0,5	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3,00	0,5	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3,50	0,5	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
4,00	0,5	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
4,50	0,5	1,00	0,438	8,796	0,628	9,425	3,770
5,00	0,5	1,00	0,471	9,462	1,257	10,718	4,287
5,50	0,5	1,00	0,500	10,053	1,885	11,938	4,775

Tabel 5. 31. Perhitungan daya dukung tanah DB-5 Borpile
D=0,80 m (Metode Meyerhof Bazaraa) (2)

Kedalaman m	N-SPT	N Corr	\bar{N}	Qujung (Ton)	ΣR_{si}	Qult (Ton)	Qijin (Ton)
6,00	0,5	1,00	0,526	10,582	2,513	13,095	5,238
6,50	0,5	1,00	0,550	11,058	3,142	14,200	5,680
7,00	0,5	1,00	0,849	17,066	3,770	20,836	8,334
7,50	0,5	1,00	1,417	28,490	4,398	32,888	13,155
8,00	0,5	1,00	2,129	42,813	5,027	47,840	19,136
8,50	0,5	1,00	2,886	58,020	5,655	63,675	25,470
9,00	0,5	1,00	3,721	74,815	6,283	81,098	32,439
9,50	0,5	1,00	4,625	92,997	6,912	99,908	39,963
10,00	3	5,98	5,608	112,759	10,666	123,426	49,370
10,50	6	11,36	6,486	130,408	17,806	148,215	59,286
11,00	8	14,25	7,308	146,927	26,758	173,685	69,474
11,50	9	15,13	8,022	161,293	36,262	197,556	79,022
12,00	10,5	16,71	8,676	174,439	46,759	221,198	88,479
12,50	12	18,09	9,600	193,011	58,123	251,134	100,454
13,00	13,8	19,66	10,717	215,484	70,475	285,959	114,384
13,50	13	17,56	11,926	239,789	81,505	321,294	128,518
14,00	12,8	16,43	13,210	265,598	91,829	357,428	142,971
14,50	12,5	15,29	14,571	292,967	101,437	394,403	157,761
15,00	12	14,08	16,298	327,697	110,281	437,978	175,191
15,50	17,4	19,47	18,308	368,109	122,517	490,626	196,250
16,00	22	23,35	19,527	392,607	137,191	529,798	211,919
16,50	25	25,18	20,738	416,970	153,010	569,979	227,992
17,00	27	26,67	21,679	435,875	169,769	605,644	242,257
17,50	29	28,22	22,327	448,920	187,502	636,423	254,569
18,00	37,2	35,55	22,811	458,635	209,837	668,472	267,389
18,50	44	41,20	23,143	465,324	235,723	701,048	280,419
19,00	45,8	25,37	23,227	467,009	242,099	709,108	283,643
19,50	46,2	25,23	23,035	463,143	248,441	711,584	284,634
20,00	46	24,78	22,891	460,259	254,669	714,928	285,971
20,50	45,8	24,34	22,742	457,253	260,786	718,039	287,216
21,00	45,6	23,91	22,655	455,502	266,796	722,298	288,919
21,50	42	21,78	22,626	454,931	272,270	727,200	290,880
22,00	35,8	18,38	22,652	455,450	276,890	732,340	292,936
22,50	28	14,24	22,402	450,414	280,469	730,883	292,353

Tabel 5. 32 Perhitungan daya dukung tanah DB-5 Borpile D=0,80 m (Metode Meyerhof Bazaraa)(3)

Kedalaman m	N-SPT	N Corr	\bar{N}	Qujung (Ton)	ΣR_{si}	Qult (Ton)	Qijin (Ton)
23,00	20	16,79	21,951	441,352	291,018	732,369	292,948
23,50	17,5	14,57	21,403	430,334	300,169	730,503	292,201
24,00	17,8	14,69	20,774	417,689	309,399	727,088	290,835
24,50	18	14,72	20,077	403,678	318,649	722,328	288,931
25,00	18	14,59	19,070	383,416	327,818	711,235	284,494
25,50	18	14,47	17,780	357,491	336,907	694,397	277,759
26,00	18	14,34	17,343	348,705	345,917	694,622	277,849
26,50	18	14,22	16,905	339,902	354,849	694,751	277,901
27,00	18	14,10	16,483	331,405	363,706	695,111	278,045
27,50	18,4	14,29	16,090	323,502	372,683	696,184	278,474
28,00	20	15,39	15,718	316,030	382,354	698,384	279,353
28,50	20,2	15,41	15,431	310,264	392,036	702,300	280,920
29,00	22	16,63	15,229	306,195	402,484	708,679	283,472
29,50	22	16,48	15,164	304,892	412,838	717,730	287,092
30,00	22	16,33	14,894	299,453	423,098	722,550	289,020
30,50	22,4	16,48	14,734	296,247	433,451	729,698	291,879
31,00	22,6	16,48	14,627	294,091	443,805	737,896	295,158
31,50	22,2	16,04	14,582	293,191	453,886	747,078	298,831
32,00	20	14,34	14,556	292,657	462,893	755,551	302,220
32,50	18,2	12,94	14,574	293,024	471,027	764,051	305,620
33,00	16,1	11,38	14,532	292,180	478,176	770,356	308,142
33,50	16,2	11,38	14,424	290,013	485,324	775,337	310,135
34,00	18	12,54	14,285	287,216	493,206	780,422	312,169
34,50	20	13,83	14,100	283,494	501,894	785,388	314,155
35,00	20,5	14,06	13,863	278,731	510,729	789,460	315,784
35,50	21,8	14,83	13,648	274,403	520,047	794,450	317,780
36,00	20	13,50	13,400	269,423	528,529	797,952	319,181
36,50	18	12,06	13,156	264,512	536,108	800,620	320,248
37,00	17	11,31	12,915	259,670	543,216	802,886	321,154
37,50	16	10,58	12,659	254,534	549,867	804,401	321,760
38,00	16,2	10,65	12,372	248,751	556,560	805,311	322,124
38,50	17	11,10	12,102	243,331	563,538	806,869	322,748
39,00	18	11,68	11,915	239,560	570,873	810,433	324,173
39,50	18	11,59	11,793	237,116	578,158	815,274	326,110

Tabel 5. 33. Perhitungan daya dukung tanah DB-5 Borpile
D=0,80 m (Metode Meyerhof Bazaraa)(4)

Kedalaman m	N-SPT	N Corr	\bar{N}	Qujung (Ton)	ΣR_{si}	Qult (Ton)	Qijin (Ton)
40,00	18	11,51	11,747	236,179	585,391	821,570	328,628
40,50	17,9	11,37	11,697	235,175	592,535	827,710	331,084
41,00	17	10,73	11,609	233,415	599,274	832,689	333,076
41,50	17	10,65	11,460	230,416	605,968	836,384	334,554
42,00	17	10,58	11,296	227,110	612,618	839,729	335,891
42,50	17	10,51	11,148	224,154	619,224	843,378	337,351
43,00	17	10,45	11,358	228,362	625,787	854,150	341,660
43,50	17	10,38	11,778	236,810	632,308	869,118	347,647
44,00	17,8	10,79	12,487	251,072	639,090	890,162	356,065
44,50	18	10,84	13,337	268,152	645,904	914,056	365,622
45,00	18	10,77	14,057	282,632	652,673	935,305	374,122
45,50	20	11,89	14,547	292,483	660,143	952,626	381,050
46,00	30	17,69	14,860	298,778	671,256	970,034	388,014
46,50	35	20,46	14,976	301,111	684,114	985,226	394,090
47,00	44	25,50	15,058	302,760	700,136	1002,897	401,159
47,50	48	27,57	15,093	303,472	717,462	1020,933	408,373
48,00	44	25,06	15,149	304,586	733,205	1037,791	415,116
48,50	37	20,90	15,185	305,312	746,340	1051,652	420,661
49,00	32	17,94	15,248	306,576	757,610	1064,186	425,674
49,50	25	13,91	15,310	307,832	766,352	1074,185	429,674
50,00	23,8	13,15	15,394	309,505	774,617	1084,121	433,649
50,50	22	12,08	15,455	310,743	782,205	1092,948	437,179
51,00	21,7	11,83	15,466	310,961	789,640	1100,601	440,241
51,50	21	11,38	15,445	310,539	796,788	1107,327	442,931
52,00	22	11,84	15,398	309,604	804,228	1113,832	445,533
52,50	22	11,76	15,293	307,490	811,620	1119,109	447,644
53,00	22,8	12,11	14,921	300,004	819,228	1119,232	447,693
53,50	22	11,61	14,407	289,665	826,522	1116,187	446,475
54,00	21	11,01	13,638	274,204	833,441	1107,645	443,058
54,50	20	10,42	12,812	257,607	839,991	1097,598	439,039
55,00	19	9,84	12,114	243,574	846,176	1089,750	435,900
55,50	19	9,79	11,641	234,048	852,324	1086,373	434,549
56,00	20	10,24	11,312	227,436	858,758	1086,195	434,478
56,50	20	10,18	11,181	224,801	865,155	1089,956	435,982

Tabel 5. 34 Perhitungan daya dukung tanah DB-5 Borpile D=0,80 m (Metode Meyerhof Bazaraa) (5)

Kedalaman m	N-SPT	N Corr	\bar{N}	Qujung (Ton)	ΣR_{si}	Qult (Ton)	Qijin (Ton)
57,00	20	10,12	11,077	222,714	871,514	1094,228	437,691
57,50	22	11,07	11,021	221,597	878,466	1100,063	440,025
58,00	22,2	11,10	10,974	220,636	885,439	1106,075	442,430
58,50	23	11,43	10,948	220,129	892,620	1112,749	445,100
59,00	23	11,36	10,889	218,933	899,758	1118,691	447,476
59,50	23	11,29	10,826	217,676	906,853	1124,529	449,812

c. Menentukan kedalaman tiang

Untuk menentukan kedalaman bor pile digunakan nilai Qijin tanah yang setara dengan Pijin bahan/SF. Diketahui P ijin bahan 1025,1 Ton, maka

$$\frac{P_{i \text{ jinhahan}}}{SF} = \frac{1025,1 \text{ Ton}}{2,5} = 410,05 \text{ Ton}$$

Melalui tabel 5.33 diketahui daya dukung ijin tanah yang setara dengan Pijin bahan/SF berada di kedalaman 48 meter dengan:

$$Q_{ultimate} = 1037,791 \text{ Ton}$$

$$Q_{ijin} = 415,116 \text{ Ton}$$

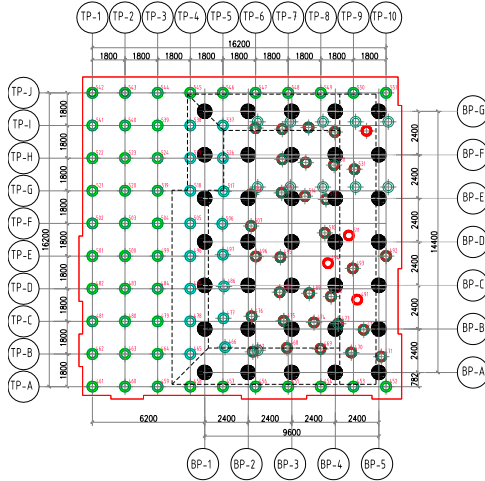
Sehingga panjang tiang bor:

$$= 48 \text{ m} - \text{kedalaman galian } 4 \text{ m} = 44 \text{ meter}$$

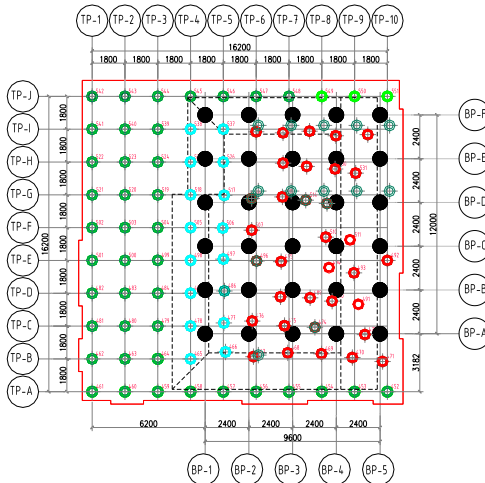
d. Merencanakan jumlah tiang bor dan konfigurasi

Dengan diameter tiang bor yang lebih besar dari tiang pancang eksisting, penambahan tiang bor untuk Kondisi 1 direncanakan sejumlah 35 buah. Sedangkan untuk Kondisi 2 dimana diperbolehkan kenaikan tegangan ijin, direncanakan penambahan borpile sejumlah 30 buah. Jarak antar tiang bor direncanakan 2,4 meter. Mengingat lahan yang dapat

digunakan terbatas maka tiang bor disusun sebisa mungkin tidak menumpuk dengan tiang pancang yang rusak.



Gambar 5 12. Konfigurasi rencana borpile tambahan P100 Sektor 5 untuk Kondisi 1



Gambar 5 11. Konfigurasi rencana borpile tambahan P100 Sektor 5 untuk Kondisi 2

e. Mencari titik berat tiang pancang (*used*) dan borpile tambahan

Diketahui luas permukaan (A) untuk spunpile diameter 60 cm adalah $0,157 \text{ m}^2$. Sedangkan luas permukaan dari borpile diameter 80 cm adalah $0,503 \text{ m}^2$. Perhitungan titik berat tiang pancang arah y mengacu pada As TP-A (gambar 5.11).

Contoh perhitungan:

– Untuk As TP-A

Jarak tiang pancang As TP-A ke As TP-A (y) = 0 m

Jumlah tiang pancang As TP-A (n) = 10

$$A_{\text{spunpile}} = 0,157 \text{ m}^2$$

$$\text{Maka } n \times y \times A_{\text{spunpile}} = 10 (0 \text{ m}) (0,157 \text{ m}^2) = 0 \text{ m}^3$$

– Untuk As BP-A

Jarak tiang bor As BP-A ke As TP-A (y) = 0,782 m

Jumlah tiang pancang As BP-B (n) = 5

$$A_{\text{borpile}} = 0,503 \text{ m}^2$$

$$\text{Maka } = 5 (0,782 \text{ m}) (0,503 \text{ m}^2) = 1,965 \text{ m}^3$$

Begitu seterusnya hingga As TP-J untuk tiang pancang (*used*) dan As BP-G untuk borpile tambahan.

Kondisi 1Tabel 5. 35 Rekapitulasi perhitungan titik berat tiang pancang (*used*) dan borpile tambahan arah y

As TP	n	Jarak pile ke As TP-A (y) (m)	n.A.(y) (m ³)
TP-A	10	0	0,000
TP-B	5	1,8	1,414
TP-C	5	3,6	2,827
TP-D	5	5,4	4,241
TP-E	5	7,2	5,655
TP-F	5	9	7,069
TP-G	5	10,8	8,482
TP-H	5	12,6	9,896
TP-I	5	14,4	11,310
TP-J	10	16,2	25,447
BP-A	5	0,782	1,965
BP-B	5	3,182	7,997
BP-C	5	5,582	14,029
BP-D	5	7,982	20,061
BP-E	5	10,382	26,093
BP-F	5	12,782	32,125
BP-G	5	15,182	38,157
TOTAL	95		216,768

Titik berat arah y dapat dicari dengan:

$$\bar{y} = \frac{A_1 y_1 + A_2 y_2 + \dots + A_i y_i}{\sum A} = \frac{216,768 m^3}{(60 \times 0,157 m^2) + (35 \times 0,503 m^2)}$$

$$\bar{y} = 8,02 \text{ m dari As TP-A}$$

Perhitungan titik berat arah x mengacu pada As TP-1 (gambar 5.11). Cara perhitungannya sama seperti mencari titik berat tiang pancang arah y. Rekapitulasi perhitungannya sebagai berikut:

Tabel 5. 36. Rekapitulasi perhitungan titik berat tiang pancang (used) dan borpile tambahan arah x

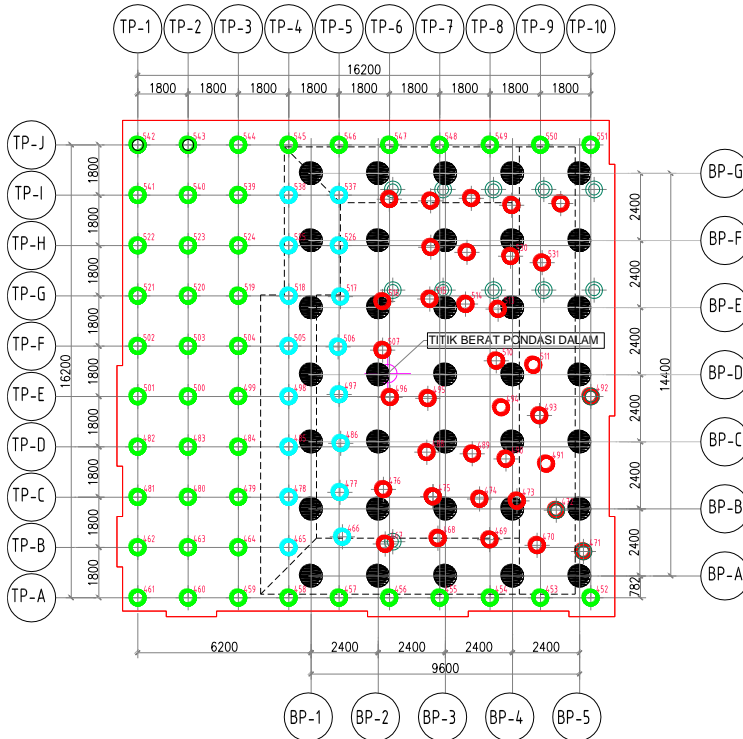
As TP	n	Jarak pile ke As TP-1 (x) (m)	n.A.(x) (m ³)
TP-1	10	0,00	0,000
TP-2	10	1,80	2,827
TP-3	10	3,60	5,655
TP-4	10	5,40	8,482
TP-5	10	7,20	11,310
TP-6	2	9,00	2,827
TP-7	2	10,80	3,393
TP-8	2	12,60	3,958
TP-9	2	14,40	4,524
TP-10	2	16,20	5,089
BP-1	7	6,20	21,815
BP-2	7	8,60	30,260
BP-3	7	11,00	38,704
BP-4	7	13,40	47,149
BP-5	7	15,80	55,594
TOTAL	95		241,589

Titik berat arah x dapat dicari dengan:

$$\bar{x} = \frac{A_1x_1 + A_2x_2 + \dots + A_ix_i}{\sum A} = \frac{241,589m^3}{(60 \times 0,157m^2) + (35 \times 0,503m^2)}$$

$\bar{x} = 8,94$ m dari As TP-1

Sehingga titik berat tiang-tiang pondasi seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 5 13. Titik berat tiang pancang (*used*) dan bor pile tambahan kondisi 1

Perhitungan $\sum x^2$:

Tabel 5. 37. Perhitungan $\sum x^2$ (1)

As TP	n	Jarak pile ke \bar{x} (m)	$\sum x^2$ (m ²)
TP-1	10	8,94	7992,36
TP-2	10	7,14	5097,96

Tabel 5. 38 Perhitungan $\sum x^2$ (2)

As TP	n	Jarak pile ke \bar{x} (m)	$\sum x^2$ (m ²)
TP-3	10	5,34	2851,56
TP-4	10	3,54	1253,16
TP-5	10	1,74	302,76
TP-6	2	0,06	0,01
TP-7	2	1,86	13,84
TP-8	2	3,66	53,58
TP-9	2	5,46	119,25
TP-10	2	7,26	210,83
BP-1	7	2,74	367,87
BP-2	7	0,34	5,66
BP-3	7	2,06	207,94
BP-4	7	4,46	974,69
BP-5	7	6,86	2305,92
TOTAL	95		21757,39

Perhitungan $\sum y^2$:Tabel 5. 39. Perhitungan $\sum y^2$ (1)

As TP	n	Jarak pile ke \bar{y} (m)	$\sum y^2$ (m ²)
TP-A	10	8,02	6432,04
TP-B	5	6,22	967,21
TP-C	5	4,42	488,41
TP-D	5	2,62	171,61
TP-E	5	0,82	16,81
TP-F	5	0,98	24,01

Tabel 5. 40. Perhitungan $\sum y^2$ (2)

As TP	n	Jarak pile ke \bar{y} (m)	$\sum y^2$ (m ²)
TP-G	5	2,78	193,21
TP-H	5	4,58	524,41
TP-I	5	6,38	1017,61
TP-J	10	8,18	6691,24
BP-A	5	7,239	1310,08
BP-B	5	4,839	585,40
BP-C	5	2,439	148,72
BP-D	5	0,039	0,04
BP-E	5	2,361	139,36
BP-F	5	4,761	566,68
BP-G	5	7,161	1282,00
TOTAL	95		20558,83

Kondisi 2Tabel 5. 41 Rekapitulasi perhitungan titik berat tiang pancang (*used*) dan borpile tambahan arah y (1)

As TP	n	Jarak pile ke As TP-A (y) (m)	n.A.(y) (Ton.m)
TP-A	10	0	0,000
TP-B	5	1,8	1,414
TP-C	5	3,6	2,827
TP-D	5	5,4	4,241
TP-E	5	7,2	5,655
TP-F	5	9	7,069
TP-G	5	10,8	8,482
TP-H	5	12,6	9,896

Tabel 5. 42. Rekapitulasi perhitungan titik berat tiang pancang (used) dan borpile tambahan arah y (2)

As TP	n	Jarak pile ke As TP-A (y) (m)	n.A.(y) (Ton.m)
TP-I	5	14,4	11,310
TP-J	10	16,2	25,447
BP-A	5	3,182	7,997
BP-B	5	5,582	14,029
BP-C	5	7,982	20,061
BP-D	5	10,382	26,093
BP-E	5	12,782	32,125
BP-F	5	15,182	38,157
TOTAL	90		214,802

Titik berat arah y dapat dicari dengan:

$$\bar{y} = \frac{A_1x_1 + A_2y_2 + \dots + A_iy_i}{\sum A} = \frac{214,802m^3}{(60 \times 0,157m^2) + (30 \times 0,503m^2)}$$

$$\bar{y} = 8,77 \text{ m dari As TP-A}$$

Perhitungan titik berat arah x mengacu pada As TP-1 (gambar 5.12).

Tabel 5. 43. Rekapitulasi perhitungan titik berat tiang pancang (used) dan borpile tambahan arah x (1)

As TP	n	Jarak pile ke As TP-1 (x) (m)	n.A.(x) (Ton.m)
TP-1	10	0	0,000
TP-2	10	1,8	2,827
TP-3	10	3,6	5,655

Tabel 5. 44. Rekapitulasi perhitungan titik berat tiang pancang (used) dan borpile tambahan arah x (2)

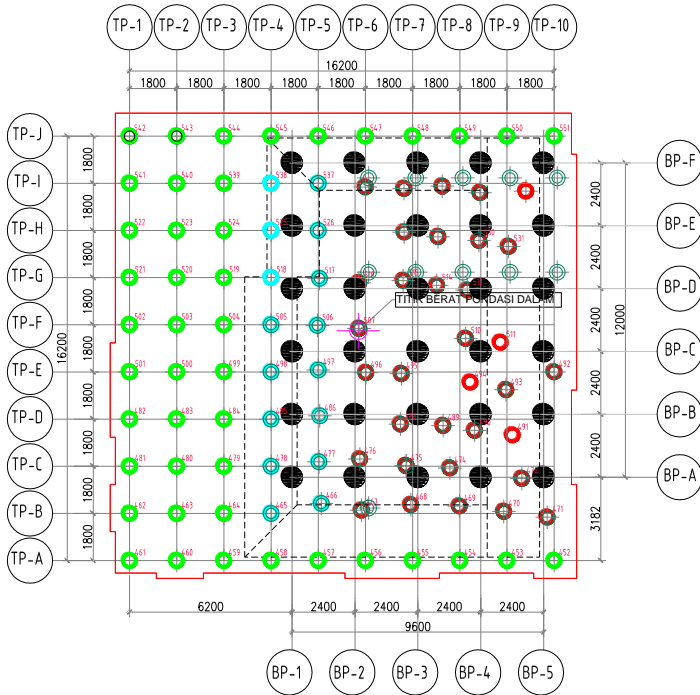
As TP	n	Jarak pile ke As TP-1 (x) (m)	n.A.(x) (Ton.m)
TP-4	10	5,4	8,482
TP-5	10	7,2	11,310
TP-6	2	9	2,827
TP-7	2	10,8	3,393
TP-8	2	12,6	3,958
TP-9	2	14,4	4,524
TP-10	2	16,2	5,089
BP-1	6	6,2	18,699
BP-2	6	8,6	25,937
BP-3	6	11	33,175
BP-4	6	13,4	40,413
BP-5	6	15,8	47,652
TOTAL	90		213,943

Titik berat arah x dapat dicari dengan:

$$\bar{x} = \frac{A_1x_1 + A_2x_2 + \dots + A_ix_i}{\sum A} = \frac{213,943m^3}{(60 \times 0,157m^2) + (35 \times 0,503m^2)}$$

$$\bar{x} = 8,73 \text{ m dari As TP-1}$$

Sehingga titik berat tiang-tiang pondasi seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 5 14. Titik berat tiang pancang (*used*) dan bor pile tambahan kondisi 2

Perhitungan $\sum x^2$:

Tabel 5. 45. Perhitungan $\sum x^2$ (1)

As TP	n	Jarak pile ke \bar{x} (m)	$\sum x^2$ (m ²)
TP-1	10	8,73	7621,29
TP-2	10	6,93	4802,49
TP-3	10	5,13	2631,69
TP-4	10	3,33	1108,89

Tabel 5. 46 Perhitungan $\sum x^2$ (2)

As TP	n	Jarak pile ke \bar{x} (m)	$\sum x^2$ (m ²)
TP-5	10	1,53	234,09
TP-6	2	0,27	0,29
TP-7	2	2,07	17,14
TP-8	2	3,87	59,91
TP-9	2	5,67	128,60
TP-10	2	7,47	223,20
BP-1	6	2,53	230,43
BP-2	6	0,13	0,61
BP-3	6	2,27	185,50
BP-4	6	7,07	1799,46
BP-5	6	9,47	3228,51
TOTAL	90		22272,10

Perhitungan $\sum y^2$:Tabel 5. 47. Perhitungan $\sum y^2$ (1)

As TP	n	Jarak pile ke \bar{y} (m)	$\sum y^2$ (m ²)
TP-A	10	8,77	7691,29
TP-B	5	6,97	1214,52
TP-C	5	5,17	668,22
TP-D	5	3,37	283,92
TP-E	5	1,57	61,62
TP-F	5	0,23	1,32
TP-G	5	2,03	103,02

Tabel 5. 48. Perhitungan $\sum y^2$ (2)

As TP	n	Jarak pile ke \bar{y} (m)	$\sum y^2$ (m ²)
TP-H	5	3,83	366,72
TP-I	5	5,63	792,42
TP-J	10	7,43	5520,49
BP-A	5	5,59	781,20
BP-B	5	3,19	254,40
BP-C	5	0,79	15,60
BP-D	5	1,61	64,80
BP-E	5	4,01	402,00
BP-F	5	6,41	1027,20
TOTAL	90		19248,78

f. Menghitung gaya aksial yang bekerja pada 1 tiang

Pada perhitungan di sub bab 5.3, keseluruhan gaya reaksi di perletakkan diperhitungkan momen arah X dan Y terhadap titik berat tiang pancang (*used*) saja. Setelah direncanakan penambahan bor pile sebagai perkuatan pondasi, maka titik berat tiang pancang sebelumnya berubah menjadi titik berat keseluruhan pondasi (tiang pancang dan tiang bor tambahan) yang telah dihitung pada poin e diatas untuk masing-masing kondisi. Karena station joint merupakan jarak joint dari tepi pilecap, maka titik berat pondasi untuk kondisi 1:

$$\begin{aligned} \text{Sb. X} &= \bar{x} + \text{jarak As TP-1 ke tepi pilecap} \\ &= 8,94 \text{ m} + 0,54 \text{ m} = 9,48 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sb. Y} &= \bar{y} + \text{jarak As TP-A ke tepi pilecap} \\ &= 8,02 \text{ m} + 0,48 \text{ m} = 8,50 \text{ m} \end{aligned}$$

Titik berat pondasi untuk kondisi 2:

$$\begin{aligned} \text{Sb. X} &= \bar{x} + \text{jarak As TP-1 ke tepi pilecap} \\ &= 8,73 \text{ m} + 0,54 \text{ m} = 9,27 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sb. } Y &= \bar{y} + \text{jarak As TP-A ke tepi pilecap} \\ &= 8,77 \text{ m} + 0,48 \text{ m} = 9,25 \text{ m} \end{aligned}$$

Berikut ini adalah rekapitulasi gaya aksial dan perhitungan momen arah X dan Y terhadap titik berat pondasi untuk masing-masing kondisi.

Tabel 5. 49. Rekapitulasi perhitungan momen untuk Kondisi 1 (1)

No	AS-GRID KOLOM	KOMBINASI BEBAN	Fz	Mx	My	Jarak joint thd titik berat pondasi		ΔMy	ΔMx
			Tonf	Tonf-m	Tonf-m	X (m)	Y (m)	Ton-m	Ton-m
1	AH-A21	Ijin D+L	797,123	-0,235	1,185	-6,403	7,357	-5102,907	5864,068
2	AH-A18	Ijin D+L	707,118	-3,504	-0,140	-3,003	7,357	-2123,716	5198,646
3	AH-A17	Ijin D+L	657,978	-3,462	0,997	1,797	7,357	1183,289	4837,174
4	AG-A21	Ijin D+L	726,623	-0,538	1,485	-6,403	1,857	-4651,185	1348,682
5	AE-A21	Ijin D+L	519,685	0,031	3,264	-6,403	-1,143	-3324,353	-594,053
6	AC-A21	Ijin D+L	518,515	0,055	2,946	-6,403	-4,143	-3317,179	-2148,237
7	AB-A20	Ijin D+L	729,734	0,610	2,210	-6,153	-6,793	-4487,945	-4956,590
8	AB-A19	Ijin D+L	708,753	2,030	-0,875	-3,153	-6,793	-2235,675	-4812,647
9	AB-A16	Ijin D+L	781,643	0,819	-1,605	2,347	-6,793	1832,800	-5309,010
10	AB-A15	Ijin D+L	810,475	0,673	0,018	7,847	-6,793	6359,696	-5505,013
11	AD-A15	Ijin D+L	608,871	0,985	-5,861	7,847	-3,393	4771,861	-2065,012
12	AF-A15	Ijin D+L	747,230	0,128	-2,430	7,847	1,407	5860,974	1051,358
13	XD-A15	Ijin D+L	377,996	-2,723	-2,546	7,847	4,357	2963,533	1644,143
14	AE-A17	Ijin D+L	142,647	-0,494	-0,395	1,797	-1,143	255,921	-163,562
15	AD	Ijin D+L	667,964	2,409	-1,193	4,697	-3,393	3136,140	-2264,103
16	DINDING SHEARWALL	Ijin D+L	104,441	-21,863	-17,857	-2,948	-4,139	-325,764	-454,162
		Ijin D+L	94,475	-14,878	14,097	1,102	-4,139	118,195	-405,925
		Ijin D+L	121,486	0,142	-0,516	-2,442	-4,139	-297,214	-502,708
		Ijin D+L	116,383	0,086	-0,243	-1,936	-4,139	-225,553	-481,640
		Ijin D+L	115,917	0,052	-0,152	-1,430	-4,139	-165,873	-479,749
		Ijin D+L	115,842	0,036	0,011	-0,921	-4,139	-106,638	-479,454
		Ijin D+L	115,971	0,037	0,148	-0,417	-4,139	-48,217	-479,986
		Ijin D+L	116,518	0,054	0,264	0,089	-4,139	10,664	-482,233
17	COREWALL 1	Ijin D+L	121,806	0,088	0,510	0,596	-4,139	73,052	-504,086
		Ijin D+L	103,498	-25,386	-14,501	4,697	-1,143	471,615	-143,701
		Ijin D+L	115,424	-0,767	15,593	4,697	1,407	557,725	161,616
		Ijin D+L	108,727	-0,612	0,271	4,697	-0,718	510,945	-78,695
		Ijin D+L	101,213	-0,306	0,149	4,697	-0,293	475,531	-29,978
		Ijin D+L	99,223	-0,357	0,053	4,697	0,132	466,089	12,724
		Ijin D+L	97,963	-0,134	-0,014	4,697	0,557	460,106	54,416
		Ijin D+L	97,014	-0,178	-0,048	4,697	0,982	455,614	95,074

Tabel 5. 50. Rekapitulasi perhitungan momen untuk Kondisi 1 (2)

No	AS-GRID KOLOM	KOMBINASI BEBAN	Fz	Mx	My	Jarak joint thd titik berat pondasi		ΔMy	ΔMx
			Tonf	Tonf-m	Tonf-m	X (m)	Y (m)	Ton-m	Ton-m
17	COREWALL 1	Ijin D+L	110,130	-0,025	0,038	4,697	1,897	517,302	208,910
		Ijin D+L	109,105	0,100	0,219	4,697	2,389	512,669	260,770
		Ijin D+L	108,245	0,159	0,541	4,697	2,881	508,952	312,031
		Ijin D+L	108,107	0,262	1,163	4,697	3,373	508,924	364,888
		Ijin D+L	113,528	0,364	2,415	4,697	3,865	535,639	439,167
18	COREWALL 2	Ijin D+L	118,430	7,384	0,728	1,727	4,357	205,240	523,364
		Ijin D+L	104,026	0,072	0,173	2,222	4,357	231,304	453,295
		Ijin D+L	103,925	0,164	0,220	2,717	4,357	282,569	452,948
		Ijin D+L	103,979	0,423	0,307	3,212	4,357	334,273	453,443
		Ijin D+L	104,701	0,974	0,375	3,707	4,357	388,487	457,138
		Ijin D+L	110,994	2,066	0,489	4,186	4,357	465,100	485,648
		Ijin D+L	98,573	1,514	0,005	0,242	4,357	23,845	430,980
	COREWALL 2	Ijin D+L	97,262	0,739	0,022	0,737	4,357	71,690	424,494
		Ijin D+L	97,009	0,316	0,068	1,232	4,357	119,570	422,969
		Ijin D+L	97,303	13,990	-15,669	-3,478	4,357	-354,102	437,923
		Ijin D+L	165,287	2,310	1,790	-0,253	4,357	-40,051	722,436
		Ijin D+L	114,928	-0,225	-0,631	-3,003	4,357	-345,775	500,496
		Ijin D+L	108,581	0,057	-0,295	-2,403	4,357	-261,231	473,127
		Ijin D+L	107,708	0,354	-0,343	-1,866	4,357	-201,288	469,621
19	COREWALL 3	Ijin D+L	107,731	0,803	-0,136	-1,328	4,357	-143,218	470,171
		Ijin D+L	109,071	1,627	-0,182	-0,791	4,357	-86,418	476,830
		Ijin D+L	163,592	-1,669	21,920	-0,253	-1,151	-19,492	-189,990
		Ijin D+L	121,199	-0,501	1,889	-0,253	-0,651	-28,792	-79,422
		Ijin D+L	113,778	-0,364	0,884	-0,253	-0,151	-27,918	-17,563
		Ijin D+L	111,615	-0,265	0,415	-0,253	0,357	-27,840	39,563
		Ijin D+L	110,137	-0,183	0,193	-0,253	0,849	-27,688	93,306
		Ijin D+L	108,951	-0,103	0,065	-0,253	1,357	-27,515	147,725
		Ijin D+L	107,864	-0,033	-0,017	-0,253	1,857	-27,322	200,252
		Ijin D+L	106,823	0,043	-0,074	-0,253	2,357	-27,115	251,807
20	COREWALL 4	Ijin D+L	105,850	0,123	-0,118	-0,253	2,857	-26,913	302,519
		Ijin D+L	105,003	0,204	-0,163	-0,253	3,357	-26,743	352,683
		Ijin D+L	106,096	0,350	-0,238	-0,253	3,857	-27,096	409,544
		Ijin D+L	86,397	3,731	-17,838	-3,483	-1,151	-318,769	-95,686
		Ijin D+L	116,296	-0,231	-0,467	-2,941	-1,139	-342,451	-132,710
		Ijin D+L	112,925	-0,443	-0,120	-2,403	-1,139	-271,495	-129,083
		Ijin D+L	113,501	-0,715	-0,089	-1,858	-1,139	-210,990	-130,012
20	COREWALL 4	Ijin D+L	115,003	-1,266	0,149	-1,328	-1,139	-152,591	-132,273
		Ijin D+L	121,627	-2,512	0,232	-0,791	-1,139	-95,931	-141,064

Total gaya yang bekerja pada pondasi:

$$\Sigma F_z = 15625,32 \text{ Ton}$$

$$\Delta M_x = -1395,42 \text{ Ton-m}$$

$$\Delta M_y = 5863,7 \text{ Ton-m}$$

Maka gaya yang bekerja pada 1 tiang pondasi:

$$P_{\max, \min} = \frac{\Sigma V}{n} \pm \frac{M_y x}{\Sigma x^2} + \frac{M_x y}{\Sigma y^2}$$

$$P_{\max} = \frac{15625,32}{90} + \frac{-1395,42 \times 8,77}{20558,83} + \frac{5863,7 \times 7,47}{21757,39}$$

$$P_{\max} = 165,89 \text{ Ton}$$

$$P_{\min} = \frac{15625,32}{90} - \frac{-1395,42 \times 8,77}{20558,83} - \frac{5863,7 \times 7,47}{21757,39}$$

$$P_{\min} = 163,06 \text{ Ton}$$

Dimana:

$P_{\max, \min}$ = Beban vertikal pada masing-masing tiang

n = Jumlah tiang

x, y = Jarak-jarak tiang terhadap sumbu x, y maksimum

ΣV = Jumlah beban vertikal yang bekerja pada pusat kelompok tiang

M_x, M_y = Momen terhadap sumbu x, y

Σx^2 = Jumlah dari jarak kuadrat masing-masing tiang terhadap sumbu X

Σy^2 = Jumlah dari jarak kuadrat masing-masing tiang terhadap sumbu Y

Sedangkan untuk Kondisi 2 rekapitulasi perhitungannya adalah sebagai berikut:

Tabel 5. 51. Rekapitulasi perhitungan momen untuk Kondisi 2 (1)

No	AS-GRID KOLOM	KOMBINASI BEBAN	Fz	Mx	My	Jarak joint thd titik berat pondasi		ΔMy	ΔMx
			Tonf	Tonf-m	Tonf-m	X (m)	Y (m)	Ton-m	Ton-m
1	AH-A21	Ijin D+0.75L+0.7EX	819,594	0,227	4,344	-6,614	6,614	-5416,641	5421,147
2	AH-A18	Ijin D+0.75L+0.7EY	772,507	-1,328	1,086	-3,214	6,614	-2481,932	5108,153
3	AH-A17	Ijin D+0.75L+0.7EY	749,631	-1,223	2,266	1,586	6,614	1191,005	4956,949
4	AG-A21	Ijin D+0.75L+0.7EY	731,967	0,984	2,547	-6,614	1,114	-4838,855	816,508
5	AE-A21	Ijin D+0.75L+0.7EX	540,089	0,247	6,917	-6,614	-1,886	-3565,357	-1018,278
6	AC-A21	Ijin D+0.75L+0.7EX	544,187	0,267	6,467	-6,614	-4,886	-3592,915	-2658,548
7	AB-A20	Ijin D+0.75L+0.7EX	774,221	1,572	3,943	-6,364	-7,536	-4923,379	-5832,836
8	AB-A19	Ijin D+0.75L+0.7EY	740,923	5,083	0,064	-3,364	-7,536	-2492,573	-5578,396
9	AB-A16	Ijin D+0.75L+0.7EY	782,220	3,366	-0,981	2,136	-7,536	1669,658	-5891,323
10	AB-A15	Ijin D+0.75L+0.7EY	834,008	2,638	0,618	7,636	-7,536	6368,905	-6282,315
11	AD-A15	Ijin D+0.75L+0.7EX	676,867	1,595	-2,856	7,636	-4,136	5165,539	-2797,820
12	AF-A15	Ijin D+0.75L+0.7EX	772,140	0,803	-1,419	7,636	0,664	5894,461	513,624
13	XD-A15	Ijin D+0.75L+0.7EY	419,449	2,155	-1,793	7,636	3,614	3201,021	1518,108
14	AE-A17	Ijin D+0.75L+0.7EY	168,942	0,073	-0,294	1,586	-1,886	267,609	-318,526
15	AD	Ijin D+0.75L+0.7EY	727,221	5,180	-0,788	4,486	-4,136	3261,355	-3002,494
16	DINDING SHEARWALL	Ijin D+0.75L+0.7EX	136,536	-19,981	-16,047	-3,159	-4,882	-447,395	-686,527
		Ijin D+0.75L+0.7EX	126,902	-13,691	13,959	0,891	-4,882	126,999	-633,206
		Ijin D+0.7EX	167,456	0,733	-0,110	-2,653	-4,882	-444,425	-816,759
		Ijin D+0.75L+0.7EX	140,744	0,517	0,250	-2,147	-4,882	-301,933	-686,575
		Ijin D+0.75L+0.7EX	125,917	0,451	0,075	-1,641	-4,882	-206,520	-614,254
		Ijin D+0.75L+0.7EY	121,413	1,251	0,157	-1,132	-4,882	-137,251	-591,469
		Ijin D+0.75L+0.7EX	125,436	0,415	0,371	-0,628	-4,882	-78,419	-611,946
		Ijin D+0.75L+0.7EX	140,221	0,438	0,730	-0,122	-4,882	-16,353	-684,099
		Ijin D+0.7EX	166,709	0,575	0,777	0,384	-4,882	64,871	-813,270
17	COREWALL 1	Ijin D+0.7EY	160,091	-18,460	-7,892	4,486	-1,886	710,239	-320,367
		Ijin D+0.75L+0.7EX	146,355	-0,458	17,286	4,486	0,664	673,798	96,744
		Ijin D+0.7EY	192,432	0,057	0,599	4,486	-1,461	863,802	-281,056
		Ijin D+0.7EY	159,993	0,585	0,521	4,486	-1,036	718,213	-165,143
		Ijin D+0.7EY	141,866	0,236	0,446	4,486	-0,611	636,825	-86,422
		Ijin D+0.7EY	127,389	0,671	0,396	4,486	-0,186	571,832	-23,004
		Ijin D+0.7EX	124,913	0,068	1,306	4,486	0,239	561,637	29,942
		Ijin D+0.7EX	146,627	0,228	1,642	4,486	1,154	659,376	169,507
		Ijin D+0.7EX	149,335	0,388	1,865	4,486	1,646	671,747	246,265
		Ijin D+0.7EX	153,629	0,397	2,326	4,486	2,138	691,468	328,929
		Ijin D+0.7EX	160,842	0,507	3,383	4,486	2,630	724,884	423,547
		Ijin D+0.7EX	179,730	0,600	5,838	4,486	3,122	812,065	561,804
		Ijin D+0.7EX	231,333	17,483	12,283	4,486	3,614	1049,990	853,558

Tabel 5. 52. Rekapitulasi perhitungan momen untuk Kondisi 2 (2)

No	AS- GRID KOLOM	KOMBINASI BEBAN	Fz	Mx	My	Jarak joint thd titik berat pondasi		ΔMy	ΔMx
			Tonf	Tonf-m	Tonf-m	X (m)	Y (m)	Ton-m	Ton-m
18	COREWALL 2	Ijin D+0.75L+0.7EY	154,796	10,601	0,979	1,516	3,614	235,613	570,056
		Ijin D+0.7EY	145,025	1,839	0,412	2,011	3,614	292,024	525,983
		Ijin D+0.7EY	146,368	1,926	0,471	2,506	3,614	367,234	530,921
		Ijin D+0.7EY	149,302	2,270	0,535	3,001	3,614	448,553	541,868
		Ijin D+0.7EY	154,982	3,155	0,603	3,496	3,614	542,382	563,283
		Ijin D+0.7EX	172,261	3,247	1,355	3,975	3,614	686,064	625,826
		Ijin D+0.7EY	144,446	4,391	0,254	0,031	3,614	4,698	526,440
		Ijin D+0.7EY	138,192	2,901	0,262	0,526	3,614	72,918	502,348
		Ijin D+0.7EY	135,778	2,145	0,302	1,021	3,614	138,900	492,867
		Ijin D+0.7EX	162,684	13,886	-10,292	-3,689	3,614	-610,470	601,849
		Ijin D+0.7EY	249,272	6,241	2,801	-0,464	3,614	-112,920	907,150
		Ijin D+0.7EX	212,221	0,429	0,231	-3,214	3,614	-681,897	767,429
		Ijin D+0.7EX	177,102	0,655	0,614	-2,614	3,614	-462,373	640,729
		Ijin D+0.7EX	158,091	0,934	0,420	-2,077	3,614	-327,893	572,299
19	COREWALL 3	Ijin D+0.7EY	151,669	2,943	0,238	-1,539	3,614	-233,215	551,098
		Ijin D+0.7EY	158,655	4,590	0,233	-1,002	3,614	-158,698	577,995
		Ijin D+0.7EY	248,666	1,418	24,800	-0,464	-1,894	-90,639	-469,517
		Ijin D+0.7EY	178,756	0,513	2,488	-0,464	-1,394	-80,497	-248,645
		Ijin D+0.7EY	151,376	0,559	1,282	-0,464	-0,894	-68,992	-134,748
		Ijin D+0.75L+0.7EY	136,547	0,400	0,689	-0,464	-0,386	-62,701	-52,287
		Ijin D+0.75L+0.7EY	125,405	0,479	0,447	-0,464	0,106	-57,771	13,792
		Ijin D+0.75L+0.7EY	115,378	0,550	0,318	-0,464	0,614	-53,244	71,410
		Ijin D+0.75L+0.7EX	112,091	0,243	0,845	-0,464	1,114	-51,191	125,129
		Ijin D+0.75L+0.7EX	112,635	0,305	0,849	-0,464	1,614	-51,440	182,116
20	COREWALL 4	Ijin D+0.75L+0.7EY	119,938	0,764	0,208	-0,464	2,114	-55,472	254,332
		Ijin D+0.75L+0.7EY	129,094	0,816	0,268	-0,464	2,614	-59,662	338,287
		Ijin D+0.7EY	145,910	1,184	0,719	-0,464	3,114	-67,018	455,571
		Ijin D+0.7EX	143,779	2,682	-13,046	-3,694	-1,893	-544,200	-269,547
		Ijin D+0.7EX	201,214	0,450	0,138	-3,152	-1,882	-634,034	-378,203
		Ijin D+0.7EX	169,035	0,259	0,612	-2,614	-1,882	-441,286	-317,839
		Ijin D+0.7EY	167,128	1,406	0,206	-2,069	-1,882	-345,621	-313,104
		Ijin D+0.7EY	172,213	1,336	0,387	-1,539	-1,882	-264,688	-322,742
		Ijin D+0.7EY	188,154	1,560	0,433	-1,002	-1,882	-188,048	-352,517

Total gaya yang bekerja pada pondasi:

$$\sum Fz = 18607,99 \text{ Ton}$$

$$\Delta Mx = 4697,76 \text{ Ton-m}$$

$$\Delta My = -11270,22 \text{ Ton-m}$$

Maka gaya yang bekerja pada 1 tiang pondasi:

$$P_{\max, \min} = \frac{\sum V}{n} \pm \frac{M_y x}{\sum x^2} + \frac{M_x y}{\sum y^2}$$

$$P_{\max} = \frac{18607,99}{90} + \frac{4697,76 \times 8,1}{19248,78} + \frac{-11270,22 \times 8,06}{22272,10}$$

$$P_{\max} = 204,65 \text{ Ton}$$

$$P_{\min} = \frac{18607,99}{90} - \frac{4697,76 \times 8,1}{19248,78} - \frac{-11270,22 \times 8,06}{22272,10}$$

$$P_{\min} = 208,86 \text{ Ton}$$

Dimana:

$P_{\max, \min}$	=	Beban vertikal pada masing-masing tiang
n	=	Jumlah tiang
x, y	=	Jarak-jarak tiang terhadap sumbu x, y maksimum
$\sum V$	=	Jumlah beban vertikal yang bekerja pada pusat kelompok tiang
M_x, M_y	=	Momen terhadap sumbu x, y
$\sum x^2$	=	Jumlah dari jarak kuadrat masing-masing tiang terhadap sumbu X
$\sum y^2$	=	Jumlah dari jarak kuadrat masing-masing tiang terhadap sumbu Y

g. Menghitung efisiensi tiang pancang grup

Perhitungan efisiensi tiang grup menggunakan formula Converse-Labarre

$$\eta = 1 - \theta \frac{(n' - 1)m + (m - 1)n'}{90mn'}$$

Dimana:

m	=	Jumlah baris tiang
	=	10
n'	=	Jumlah tiang dalam 1 baris
	=	10
s	=	Jarak pusat ke pusat tiang
	=	2,4 m
d	=	Diameter tiang
	=	0,80 m
θ	=	Arc Tan (d/s), dalam derajat
	=	Arc Tan (0,80/2,4)
	=	18,43°

$$\eta = 1 - (18,43^\circ) \frac{(10-1)10 + (10-1)10}{90(10)(10)}$$

$$\eta = 0,631$$

h. Menentukan Qijin satu tiang dalam grup

Pada perhitungan daya dukung bore pile sebelumnya diperoleh:

$$\text{Kedalaman} = -48,0 \text{ meter}$$

$$Q_{\text{ultimate tanah}} = 1037,791 \text{ Ton}$$

$$Q_{\text{ijin}} = 415,116 \text{ Ton}$$

Dalam pondasi kelompok (grup) nilai Qijin satu tiang dalam grup:

$$Q_{\text{ijin 1 tiang dalam grup}} = \eta \times Q_{\text{ijin}} = 0,631 \times 415,116 \text{ Ton}$$

$$Q_{\text{ijin 1 tiang dalam grup}} = 262,063 \text{ Ton}$$

Selanjutnya untuk Kondisi 2 dimana Fz maksimum merupakan kombinasi beban layan dengan beban gempa, dalam menentukan Qijin terdapat nilai tegangan ijin berlebih yang diijinkan sesuai dengan kombinasi beban yang berlaku. Menurut tabel 2.7 untuk kombinasi dimana terdapat beban

gempa bekerja, nilai tegangan berlebih yang diperbolehkan untuk kombinasi tersebut sebesar 50% . Maka

$$Q_{ijin\ berlebih} = Q_{ijin\ 1\ tiang\ dalam\ grup} \times 150\% = 262,063\ \text{Ton} \times 150\%$$

$$Q_{ijin\ berlebih} = 393,095\ \text{Ton}$$

i. Kontrol P_{max} dan P_{min} 1 tiang

Gaya aksial maksimum dan minimum yang bekerja pada satu tiang pondasi (P_{max} , P_{min}) dikontrol terhadap batas ijin kemampuan tiang pondasi untuk menahan gaya aksial.

Untuk Kondisi 1

$$\begin{aligned} \text{Syarat: } P_{max,min} &< Q_{ijin\ 1\ tiang\ dalam\ grup} \\ 165,895\ \text{Ton} &< 262,063\ \text{Ton} \quad (\text{Ok}) \end{aligned}$$

Untuk Kondisi 2

$$\begin{aligned} \text{Syarat: } P_{max,min} &< Q_{ijin\ berlebih} \\ 208,857\ \text{Ton} &< 393,095\ \text{Ton} \quad (\text{Ok}) \end{aligned}$$

Melalui serangkaian perhitungan diatas, dapat diketahui bahwa penambahan 30 bor pile sebenarnya dapat dikatakan cukup untuk menahan beban rencana. Namun beban rencana yang digunakan untuk perhitungan adalah kondisi beban gempa (Kondisi 2). Juga sesuai tabel 2.7, kenaikan daya dukung ijin pondasi yang diperbolehkan untuk kondisi beban gempa sebesar 150%. Sedangkan untuk perhitungan perkuatan pondasi menggunakan beban layan 1D+1L (Kondisi 1) diperoleh hasil yang lebih kritis, yakni penambahan sebanyak 35 bor pile, tanpa kenaikan tegangan ijin pondasi. Sehingga alternatif perkuatan pondasi yang digunakan adalah penambahan sebanyak 35 bor pile sesuai hasil perhitungan Kondisi 1.

5.4.2. Penulangan bor pile

a. Tulangan Lentur

Diameter bor pile (D)	= 800 mm
Decking	= 45 mm
d'	= $800 - 2(70) = 710$ mm
Kuat tekan beton (f^c)	= 30 MPa
Diameter tulangan lentur	= 25 mm
Kuat leleh tulangan lentur (fyt)	= 400 MPa
Diameter tulangan geser	= 16 mm
Kuat leleh tulangan geser (fyv)	= 400 MPa
Luas permukaan bor pile (Ag)	= $\frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \pi (800\text{mm})^2$ = 502654,82 mm ²
Luas pengeangan (Ach)	= $\frac{1}{4} \pi (d')^2 = \frac{1}{4} \pi (660\text{mm})^2$ = 395919 mm ²

Rasio penulangan (β_1)

Menurut SNI 2847-2013 untuk $f^c > 28$ Mpa, maka rasio penulangan diambil sebagai berikut:

$$\beta_1 = 0,85 - (f^c - 28) \times 0,05/7$$

$$\beta_1 = 0,85 - (30 - 28) \times 0,05/7$$

$$\beta_1 = 0,83$$

Cek syarat: $0,65 \leq \beta_1$ (Ok)

$$\beta_1 \text{ pakai} = 0,83$$

Selanjutnya digunakan program bantu SPColumn untuk mengetahui kapasitas bor pile rencana dengan masukan (input) gaya-gaya keluaran dari SAP. Joint-joint untuk desain perencanaan bor pile.

Kontrol desain

- Luas tulangan
Persyaratan luas tulangan terdapat pada SNI 2847-2013 pasal 10.9.1 dimana luas tulangan longitudinal tidak

boleh kurang dari 0,01 A_g dan tidak boleh melebihi 0,08 A_g . Dalam perencanaan ini direncanakan:

Jumlah tulangan lentur (n) = 18

Diameter tulangan lentur (D) = 25 mm

$$\begin{aligned} A_{st} &= n \times \frac{1}{4} \pi \times D^2 \\ &= 18 \times \frac{1}{4} \pi \times (25)^2 \\ &= 8835,7 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_g = 502654,82 \text{ mm}^2$$

$$0,01A_g = 5026,55 \text{ mm}^2$$

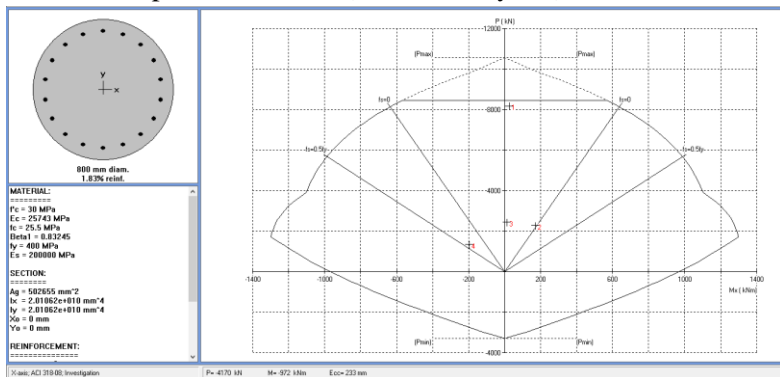
$$0,08A_g = 40212,39 \text{ mm}^2$$

$$0,01 A_g < A_{st} < 0,08 A_g \quad (\text{Ok})$$

- Rasio Tulangan

Persyaratan rasio tulangan terdapat pada pasal 23.3.2 dimana kriteria untuk rasio tulangan adalah 1-6%.

Berdasarkan output program rasio tulangan yang didapatkan = 1,83% (memenuhi syarat)



Gambar 5.15. Output SP Column untuk borpile D800

b. Tulangan geser

Menurut persyaratan SNI 2847-2013 pasal 10.9.3 rasio volume tulangan spiral (ρ_s) tidak boleh kurang dari:

$$\rho_s = 0,45 \left(\frac{Ag}{Ach} - 1 \right) \times \frac{f'c}{fyt}$$

$$\rho_s = 0,45 \left(\frac{502654,82}{395919,20} - 1 \right) \times \frac{30}{400}$$

$$\rho_s = 0,0091$$

Direncanakan tulangan geser menggunakan tulangan spiral D16, maka luas 1 tulangan:

$$\begin{aligned} As &= \frac{1}{4} \pi \times D^2 \\ &= \frac{1}{4} \pi \times (16)^2 = 201,06 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jarak spiral maksimum 150 mm

Jarak antar tulangan (s) diperoleh dari:

$$\begin{aligned} s &= \frac{As \times \pi \times (d' - d_{tul.geser})}{\frac{1}{4} \pi \times (d')^2 \times \rho_s} \\ s &= \frac{201,06 \times \pi \times (710 - 16)}{\frac{1}{4} \pi \times (710)^2 \times 0,0091} \end{aligned}$$

$$s = 121,69 \text{ mm}$$

Dipasang tulangan geser spiral D16-120

5.4.3. Kontrol gaya horizontal maksimum

Kontrol ini dilakukan untuk mengetahui apakah tiang pancang dan tiang bor cukup kuat untuk menahan gaya horizontal maksimum yang ditimbulkan oleh beban layan 1D+1L. Perhitungan gaya horizontal arah x (Hx) dan y (Hy) yang bekerja pada joint menggunakan program bantu SAP2000.

Contoh perhitungan:

Untuk As grid AH-A21, Hx = 0,676 Ton; Hy = 0,131 Ton

$$Hr = \sqrt{Hx^2 + Hy^2}$$

$$Hr = \sqrt{0,676^2 + 0,131^2}$$

$$Hr_{(AH-A21)} = 0,688 \text{ Ton}$$

Tabel 5. 53. Rekapitulasi gaya horizontal yang bekerja pada pondasi (1)

No	AS- GRID KOLOM	KOMBINASI BEBAN	Hx	Hy	Hr
			Ton	Ton	Ton
1	AH-A21	Ijin D+L	0,676	0,131	0,688
2	AH-A18	Ijin D+L	-0,089	1,958	1,960
3	AH-A17	Ijin D+L	0,569	1,934	2,016
4	AG-A21	Ijin D+L	0,846	0,295	0,896
5	AE-A21	Ijin D+L	1,871	-0,020	1,871
6	AC-A21	Ijin D+L	1,691	-0,033	1,692
7	AB-A20	Ijin D+L	1,286	-0,348	1,332
8	AB-A19	Ijin D+L	-0,511	-1,131	1,241
9	AB-A16	Ijin D+L	-0,942	-0,456	1,046
10	AB-A15	Ijin D+L	-0,003	-0,373	0,373
11	AD-A15	Ijin D+L	-3,427	-0,539	3,469
12	AF-A15	Ijin D+L	-1,437	-0,067	1,439
13	XD-A15	Ijin D+L	-1,426	1,614	2,154
14	AE-A17	Ijin D+L	-0,219	0,276	0,353
15	AD	Ijin D+L	-0,723	-1,333	1,516
16	DINDING SHEARWALL	Ijin D+L	-14,826	-1,649	14,917
		Ijin D+L	16,368	-1,133	16,407
		Ijin D+L	-12,163	-0,176	12,164
		Ijin D+L	-7,441	-0,066	7,441
		Ijin D+L	-3,654	-0,031	3,654
		Ijin D+L	0,151	-0,019	0,153
		Ijin D+L	3,808	-0,023	3,808
		Ijin D+L	7,716	-0,045	7,716
17	COREWALL 1	Ijin D+L	0,069	11,985	11,985
		Ijin D+L	1,367	0,377	1,418
		Ijin D+L	0,278	13,101	13,104
		Ijin D+L	0,034	9,650	9,650
		Ijin D+L	-0,082	7,708	7,709
		Ijin D+L	-0,165	4,789	4,792
		Ijin D+L	-0,218	3,514	3,521

Tabel 5. 54. Rekapitulasi gaya horizontal yang bekerja pada pondasi (2)

No	AS- GRID KOLOM	KOMBINASI BEBAN	Hx	Hy	Hr
			Ton	Ton	Ton
17	COREWALL 1	Ijin D+L	-0,214	-0,158	0,266
		Ijin D+L	-0,062	-2,519	2,519
		Ijin D+L	0,237	-4,624	4,630
		Ijin D+L	1,041	-6,972	7,050
		Ijin D+L	5,591	-8,139	9,874
		Ijin D+L	21,614	-21,860	30,741
18	COREWALL 2	Ijin D+L	4,121	1,620	4,428
		Ijin D+L	4,587	0,200	4,591
		Ijin D+L	6,176	0,097	6,177
		Ijin D+L	8,141	-0,187	8,143
		Ijin D+L	10,094	-0,988	10,143
		Ijin D+L	10,940	-5,194	12,111
		Ijin D+L	0,316	-3,833	3,846
		Ijin D+L	0,797	-0,814	1,139
	COREWALL 2	Ijin D+L	1,769	-0,107	1,772
		Ijin D+L	-15,199	3,446	15,585
		Ijin D+L	-2,242	-20,545	20,667
		Ijin D+L	-14,218	0,293	14,221
		Ijin D+L	-9,953	-0,075	9,953
		Ijin D+L	-7,928	-0,315	7,934
		Ijin D+L	-5,118	-0,863	5,190
		Ijin D+L	-4,275	-3,795	5,717
19	COREWALL 3	Ijin D+L	17,355	22,400	28,336
		Ijin D+L	4,722	11,249	12,200
		Ijin D+L	0,803	9,624	9,658
		Ijin D+L	0,204	7,051	7,054
		Ijin D+L	0,036	4,815	4,815
		Ijin D+L	-0,040	2,698	2,699
		Ijin D+L	-0,081	0,709	0,714
		Ijin D+L	-0,112	-1,348	1,353
		Ijin D+L	-0,139	-3,509	3,512
		Ijin D+L	-0,185	-5,927	5,930
		Ijin D+L	-0,474	-8,118	8,132

Tabel 5. 55. Rekapitulasi gaya horizontal yang bekerja pada pondasi (3)

No	AS- GRID KOLOM	KOMBINASI BEBAN	Hx	Hy	Hr
			Ton	Ton	Ton
20	COREWALL 4	Ijin D+L	-12,618	0,050	12,618
		Ijin D+L	-10,684	0,069	10,684
		Ijin D+L	-5,061	0,219	5,066
		Ijin D+L	-1,463	0,370	1,509
		Ijin D+L	2,863	0,977	3,025
		Ijin D+L	5,128	5,488	7,511

Total Hresultan (Hr) yang bekerja pada 95 tiang pancang dan borpile = 464,247 Ton. Maka gaya horizontal yang diterima 1 tiang:

$$Hr = Hr \text{ total} / \text{jumlah tiang}$$

$$Hr = 464,247 \text{ Ton} / 95 = 4,887 \text{ Ton}$$

Gaya horizontal batas yang bekerja pada ujung tiang dihitung dengan persamaan berikut:

Tabel 5. 56. perhitungan kontrol gaya horizontal tiang pancang

Kondisi Fixed-headed pile	Kondisi Free headed pile
$Hu = \frac{2Mu}{(e + Zf)}$	$Hu = \frac{Mu}{(e + Zf)}$
$Hu = \frac{2Mu}{(e + Zf)}$	$Hu = \frac{Mu}{(e + Zf)}$
$Hu = \frac{2(25,50)Ton.m}{(0 + 5,42)m}$	$Hu = \frac{(25,50)Ton.m}{(0 + 5,42)m}$
Hu = 9,41 Ton	Hu = 4,71 Ton

Tabel 5. 57 perhitungan kontrol gaya horizontal tiang bor

Kondisi Fixed-headed pile	Kondisi Free headed pile
$Hu = \frac{2Mu}{(e + Zf)}$	$Hu = \frac{Mu}{(e + Zf)}$

$Hu = \frac{2Mu}{(e + Zf)}$ $Hu = \frac{2(64,93)Ton.m}{(0 + 6,75)m}$ $Hu = 19,25 \text{ Ton}$	$Hu = \frac{Mu}{(e + Zf)}$ $Hu = \frac{(64,93)Ton.m}{(0 + 6,75)m}$ $Hu = 9,63 \text{ Ton}$
---	--

Dimana:

Hu = Ultimate lateral resistance

Mu = Momen ultimate bahan tiang

$Mu_{\text{spun pile}} = 25,50 \text{ Ton.m}$ (Brosur Wika Spunpile)

$Mu_{\text{bor pile}} = 64,93 \text{ Ton.m}$ (Output SPColumn)

$e = 0$ (gaya H bekerja pada permukaan tanah atau diujung tiang)

$Zf = 1,8T$

$$T = \sqrt[5]{\frac{EI}{nh}}$$

$$E_{\text{beton}} = 4700\sqrt{f'c}$$

$F'c$ tiang pancang = 52 Mpa

$F'c$ bor pile = 30 Mpa

$$\begin{aligned} E_{\text{spun pile}} &= 4700\sqrt{52} \text{ Mpa} \\ &= 33892,19 \text{ Mpa} \\ &= 33892181,9 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_{\text{bor pile}} &= 4700\sqrt{30} \text{ Mpa} \\ &= 25743,96 \text{ Mpa} \\ &= 25742960 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{\text{spun pile}} &= 510508,81 \text{ cm}^4 \\ &= 0,0051 \text{ m}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{\text{bor pile}} &= 2010619,3 \text{ cm}^4 \\ &= 0,0201 \text{ m}^4 \end{aligned}$$

nh = koefisien variasi modulus (tabel 2.9)

$$nh = 700 \text{ kN/m}^3$$

$$T_{\text{spunpile}} = \sqrt[5]{\frac{33892181,90 \text{ kN} / \text{m}^2 \times 0,0051 \text{ m}^4}{700 \text{ kN} / \text{m}^3}}$$

$$T_{\text{spunpile}} = 3,01 \text{ m}$$

$$Zf_{\text{spunpile}} = 1,8 (3,01 \text{ m}) = 5,42 \text{ m dari permukaan tanah}$$

$$T_{\text{borpile}} = \sqrt[5]{\frac{25742960 \text{ kN} / \text{m}^2 \times 0,0201 \text{ m}^4}{700 \text{ kN} / \text{m}^3}}$$

$$T_{\text{borpile}} = 3,75 \text{ m}$$

$$Zf_{\text{borpile}} = 1,8 (3,75 \text{ m}) = 6,75 \text{ m dari permukaan tanah}$$

Kemudian dilakukan kontrol gaya horizontal terjadi terhadap gaya horizontal ijin tiang pondasi:

Untuk tiang pancang spun pile

Syarat : $H_u > H_r$

Terhadap kondisi fixed-headed pile

9,41 Ton > 4,89 Ton ... (Ok)

Terhadap kondisi free-headed pile

4,71 Ton < 4,89 Ton ... (No Ok)

Untuk tiang bor pile

Syarat : $H_u > H_r$

Terhadap kondisi fixed-headed pile

19,25 Ton > 4,89 Ton ... (Ok)

Terhadap kondisi free-headed pile

9,63 Ton > 4,89 Ton ... (Ok)

Kontrol defleksi tiang akibat beban horizontal

Menurut Tomlinson (1977) besarnya defleksi horizontal tiang vertikal akibat beban lateral dapat dihitung sebagai berikut:

Tabel 5. 58. Perhitungan defleksi ijin tiang pancang

Kondisi Fixed-headed pile
$U = \frac{Hu(e + Zf)^3}{12EI}, Hu = 9,41 \text{ Ton}$
$U = \frac{9,41\text{Ton}(0 + 5,42\text{m})^3}{12(3389218,19\text{Ton} / \text{m}^2 \times 0,0051\text{m}^4)} = 0,0072 \text{ m}$
Kondisi Free-headed pile
$U = \frac{Hu(e + Zf)^3}{3EI}, Hu = 4,71 \text{ Ton}$
$U = \frac{4,71\text{Ton}(0 + 5,42\text{m})^3}{3(3389218,19\text{Ton} / \text{m}^2 \times 0,0051\text{m}^4)} = 0,014 \text{ m}$

Tabel 5. 59. Perhitungan defleksi ijin tiang bor

Kondisi Fixed-headed pile
$U = \frac{Hu(e + Zf)^3}{12EI}, Hu = 19,25 \text{ Ton}$
$U = \frac{19,25\text{Ton}(0 + 6,75\text{m})^3}{12(25742960\text{Ton} / \text{m}^2 \times 0,0201\text{m}^4)} = 0,0095 \text{ m}$
Kondisi Free-headed pile
$U = \frac{Hu(e + Zf)^3}{3EI}, Hu = 9,63\text{Ton}$
$U = \frac{9,63\text{Ton}(0 + 6,75\text{m})^3}{3(25742960\text{Ton} / \text{m}^2 \times 0,0201\text{m}^4)} = 0,019 \text{ m}$

Perhitungan gaya horizontal yang terjadi pada tiang:

$$H_x = H_x \text{ total} / \text{jumlah tiang} = 292,906 \text{ Ton} / 95$$

$$H_x = 3,083 \text{ Ton}$$

$$H_y = H_y \text{ total} / \text{jumlah tiang} = 236,156 \text{ Ton} / 95$$

$$H_x = 2,486 \text{ Ton}$$

Untuk tiang pancang,

Kondisi fixed-headed pile:

$$U_{x, y} = \frac{H_{x, y}(e + Z_f)^3}{12EI}$$

$$U_x = \frac{3,083\text{Ton}(0 + 5,42\text{m})^3}{12(3389218,19\text{Ton} / \text{m}^2 \times 0,0051\text{m}^4)} = 0,0024 \text{ m}$$

$$U_y = \frac{2,486\text{Ton}(0 + 5,42\text{m})^3}{12(3389218,19\text{Ton} / \text{m}^2 \times 0,0051\text{m}^4)} = 0,0019 \text{ m}$$

Kondisi free-headed pile:

$$U_{x, y} = \frac{H_{x, y}(e + Z_f)^3}{3EI}$$

$$U_x = \frac{3,083\text{Ton}(0 + 5,42\text{m})^3}{3(3389218,19\text{Ton} / \text{m}^2 \times 0,0051\text{m}^4)} = 0,0095 \text{ m}$$

$$U_y = \frac{2,486\text{Ton}(0 + 5,42\text{m})^3}{3(3389218,19\text{Ton} / \text{m}^2 \times 0,0051\text{m}^4)} = 0,0076 \text{ m}$$

Untuk tiang bor,

Kondisi fixed-headed pile:

$$U_{x, y} = \frac{H_{x, y}(e + Z_f)^3}{12EI}$$

$$U_x = \frac{3,083\text{Ton}(0 + 6,75\text{m})^3}{12(25742960\text{Ton} / \text{m}^2 \times 0,0201\text{m}^4)} = 0,0015 \text{ m}$$

$$U_y = \frac{2,486\text{Ton}(0 + 6,75\text{m})^3}{12(25742960\text{Ton} / \text{m}^2 \times 0,0201\text{m}^4)} = 0,0012 \text{ m}$$

Kondisi free-headed pile:

$$U_{x, y} = \frac{H_{x, y}(e + Z_f)^3}{3EI}$$

$$U_x = \frac{3,083\text{Ton}(0 + 6,75\text{m})^3}{3(25742960\text{Ton} / \text{m}^2 \times 0,0201\text{m}^4)} = 0,0061 \text{ m}$$

$$U_y = \frac{2,486\text{Ton}(0 + 6,75\text{m})^3}{3(25742960\text{Ton} / \text{m}^2 \times 0,0201\text{m}^4)} = 0,0049 \text{ m}$$

Kemudian dilakukan kontrol defleksi horizontal terjadi terhadap defleksi horizontal ijin tiang pondasi:

Untuk tiang pancang

Syarat : Cek: $U_x, U_y < U_{ijin}$

Terhadap kondisi fixed-headed pile

0,0024 m < 0,0072 m... (Ok)

Terhadap kondisi free-headed pile

0,0095 m < 0,014 m ... (Ok)

Untuk tiang bor

Syarat : Cek: $U_x, U_y < U_{ijin}$

Terhadap kondisi fixed-headed pile

0,0015 m < 0,0095 m... (Ok)

Terhadap kondisi free-headed pile

0,0061 m < 0,019 m ... (Ok)

Dari kedua kontrol gaya horizontal berdasarkan 2 kondisi fixed-headed dan free-headed pile, dalam kondisi fixed headed pile, tiang pancang eksisting masih mampu menahan gaya horizontal yang terjadi akibat beban rencana. Namun dalam kondisi free-headed pile tiang pancang tidak mampu menahan beban horizontal yang terjadi. Perlu diketahui bahwa beban rencana bekerja setelah pondasi sudah terpasang secara keseluruhan termasuk pilecap (kondisi fixed headed) dan struktur atas sudah dibangun. Untuk itu yang lebih besar pengaruhnya adalah kondisi fixed-headed pile, sehingga kondisi free-headed dapat diabaikan.

Kontrol kekuatan tiang terhadap gaya lateral

Pondasi tiang mengalami defleksi sebagai akibat dari beban lateral yang bekerja padanya. Mengacu pada perhitungan defleksi NAVFAC DM-7 (1971), dengan kepala tiang (pilecap) menyentuh tanah, maka defleksi dan momen yang terjadi pada tiang pondasi dihitung menurut kondisi 2.

1. Menghitung faktor kekakuan relatif (T)

$$T = \left(\frac{EI}{f} \right)^{1/5}$$

Dimana nilai f dapat diambil melalui gambar 2.15. Nilai f ditentukan berdasarkan nilai q_u diujung tiang untuk tanah lempung dan kerapatan relatif (D_r %) untuk tanah pasir .

Kedalaman tiang	: -21.15 meter
Kondisi tanah	: Pasir (Sand, fine to coarse grained)
Relative density	: dense
D_r	: 70%
Setelah diplotkan dalam grafik gambar 2.15 maka didapatkan nilai $f = 36 \text{ ton/ft}^3$ atau $f = 1,152 \text{ kg/cm}^3$	
E_{beton}	: 33892,19 Mpa
	: 338921,9 kg/cm^2
$I_{\text{spun pile}}$: 510508,81 cm^4

$$T = \left(\frac{338921,9 \text{ kg} / \text{cm}^2 \times 510508,81 \text{ cm}^4}{1,152 \text{ kg} / \text{cm}^2} \right)^{1/5}$$

$$T = \left(\frac{338921,9 \text{ kg} / \text{cm}^2 \times 510508,81 \text{ cm}^4}{1,152 \text{ kg} / \text{cm}^2} \right)^{1/5}$$

$$T = 171,92 \text{ cm}$$

2. Menentukan koefisien defleksi (F_δ), koefisien momen (F_M), dan koefisien geser (F_V)

F_δ dan F_M didapatkan berdasarkan nilai L/T , dimana L adalah panjang tiang yang digunakan.

Panjang tiang = 19 meter

$$L/T = 1900\text{cm}/171,92\text{cm} = 11,05$$

Depth of Z in multiples of T

$$Z = 5,42 \text{ m} = 542 \text{ cm}$$

$$Z/T = 3,15$$

Harga L/T dan Z/T kemudian diplotkan berdasarkan gambar 2.17. dan diperoleh $F_\delta = 0,1$ dan $F_M = 0,15$

3. Menghitung defleksi, momen, dan gaya geser pada kedalaman yang ditentukan dengan persamaan pada gambar 2.17

Defleksi pada tiang dihitung dengan rumus:

$$\delta_p = F_\delta \left(\frac{PT^3}{EI} \right)$$

Dimana P merupakan gaya horizontal yang diterima oleh 1 tiang. Berdasarkan perhitungan sebelumnya, untuk 1 tiang didapat $H_x = 3,083 \text{ Ton}$ dan $H_y = 2,486 \text{ Ton}$

Untuk defleksi arah x:

$$\delta_{px} = 0,10 \left(\frac{(3083) \times (171,92)^3}{(338921,9) \times (510508,81)} \right)$$

$$\delta_{px} = 0,01\text{cm}$$

Untuk defleksi arah y:

$$\delta_{py} = 0,10 \left(\frac{(2486) \times (171,92)^3}{(338921,9) \times (510508,81)} \right)$$

$$\delta_{py} = 0,007 \text{ cm}$$

Sesuai NAVFAC DM-7 besar defleksi ijin maksimum yaitu sebesar 1 inch (2,54 cm). Perhitungan defleksi arah x (0,01 cm) maupun arah y (0,07 cm) kurang dari defleksi ijin maksimum (2,54 cm). Sehingga dapat dikatakan kontrol defleksi terjadi masih memenuhi syarat terhadap besarnya defleksi ijin. Sedangkan momen (M_p) pada tiang dihitung dengan persamaan berikut:

$$M_p = F_M PT$$

$$M_{px} = 0,15(3,083\text{Ton})(1,71\text{m}) = 0,79 \text{ Ton}\cdot\text{m}$$

$$M_{py} = 0,15(2,486\text{Ton})(1,71\text{m}) = 0,64 \text{ Ton}\cdot\text{m}$$

Diketahui momen crack tiang pancang 17 Ton.m. Baik M_{px} dan M_{py} besarnya kurang dari momen crack Sehingga dapat dikatakan kontrol momen terjadi (M_p) masih memenuhi syarat terhadap besarnya momen ijin (M_{crack}) tiang pancang.

5.5. Perhitungan penurunan pondasi bor pile

1. Penurunan elastis pada pondasi tiang tunggal

Penurunan pondasi tiang tunggal pada bor pile dapat dihitung sesuai dengan perumusan yang ada dalam sub bab 2.7 yaitu:

$$s_e = s_{e(1)} + s_{e(2)} + s_{e(3)}$$

Dimana:

$s_{e(1)}$ = Penurunan elastis tiang

$s_{e(2)}$ = Penurunan akibat kapasitas ujung tiang pondasi

$s_{e(3)}$ = Penurunan akibat kapasitas gesek di sepanjang tiang pondasi

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

$$s_{e(1)} = \frac{(Q_{wp} + \xi Q_{ws})L}{A_p E_p}$$

Dimana:

$$\begin{aligned} Q_{wp} &= \text{Kapasitas ujung tiang pondasi saat beban kerja} \\ &= 336,862 \text{ Ton} \\ Q_{ws} &= \text{Kapasitas gesek di sepanjang tiang pondasi saat beban kerja} \\ &= 744,718 \text{ Ton} \\ L &= \text{Panjang tiang} \\ &= 46,80 \text{ meter} \\ A_p &= \text{Luas permukaan penampang tiang pondasi} \\ &= \frac{1}{4} \pi (0,8)^2 = 0,503 \text{ m}^2 \\ E_p &= \text{Modulus elastisitas bahan tiang pondasi} \\ &= 4700\sqrt{50} \text{ Mpa} = 33234,02 \text{ Mpa} \\ &= 3323402 \text{ Ton/m}^2 \end{aligned}$$

$$s_{e(1)} = \frac{(336,862 + 0,5(744,718))(46,80)}{(0,503)(3323402)}$$

$$s_{e(1)} = 0,019 \text{ m}$$

b. Penurunan $S_{e(2)}$

$$s_{e(2)} = \frac{Q_{wp} C_p}{Dq_p}$$

Dimana:

$$\begin{aligned} q_p &= \frac{Q_{wp}}{A_p} \\ &= (336,862/0,503) = 729,35 \text{ T/m}^2 \\ D &= \text{Diameter tiang} \\ &= 0,80 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{wp} &= \text{Kapasitas ujung tiang pondasi saat} \\
 &= \text{beban kerja} \\
 &= 336,862 \text{ Ton} \\
 C_p &= \text{Koefisien empiris yang dapat} \\
 &= \text{diambil menurut tabel 2.10} \\
 &= 0,09
 \end{aligned}$$

$$s_{e(2)} = \frac{(336,862)(0,09)}{(0,80)(739,35)}$$

$$s_{e(2)} = 0,056 \text{ m}$$

c. Penurunan $S_{e(3)}$

$$s_{e(3)} = \frac{Q_{ws} C_s}{q_p L}$$

Dimana:

$$\begin{aligned}
 C_p &= \text{Koefisien empiris yang dapat diambil} \\
 &= \text{menurut tabel 2.10} \\
 &= 0,09 \\
 L &= \text{Panjang tiang} \\
 &= 46,80 \text{ meter} \\
 C_s &= \text{Koefisien empiris} \\
 &= (0,93 + 0,16\sqrt{L/D})C_p \\
 &= \left(0,93 + 0,16\sqrt{46,80/0,80}\right) \times 0,09 \\
 &= 0,194 \\
 Q_{ws} &= \text{Kapasitas gesek di sepanjang tiang} \\
 &= \text{pondasi saat beban kerja} \\
 &= 744,718 \text{ Ton} \\
 q_p &= Q_{wp}/A_p \\
 &= (366,862/0,503) = 729,35 \text{ T/m}^2
 \end{aligned}$$

$$s_{e(3)} = \frac{(744,718)(0,194)}{(729,35)(46,8)}$$

$$s_{e(3)} = 0,004 \text{ m}$$

Dengan demikian penurunan elastis pada pondasi tiang tunggal bor pile:

$$s_e = s_{e(1)} + s_{e(2)} + s_{e(3)}$$

$$s_e = 0,019 + 0,056 + 0,004 = 0,079 \text{ m}$$

2. Penurunan elastis pada pondasi tiang grup

$$s_{g(e)} = \sqrt{\frac{B_g}{D}} s_e$$

Dimana:

$$S_{g(e)} = \text{Penurunan elastis tiang grup}$$

$$B_g = \text{Lebar tiang grup}$$

$$= 8 \text{ m}$$

$$D = \text{Diameter pondasi tiang tunggal}$$

$$= 0,80 \text{ m}$$

$$s_e = \text{Penurunan elastis tiang tunggal}$$

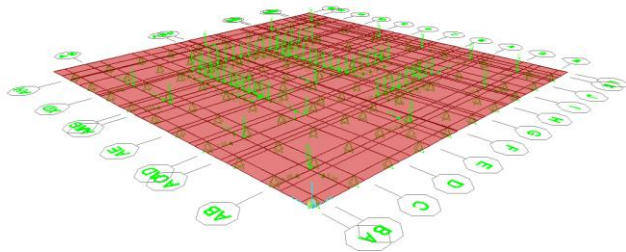
$$= 0,079 \text{ m}$$

$$s_{g(e)} = \sqrt{\frac{8}{0,80}} \times 0,079$$

$$s_{g(e)} = 0,25 \text{ m}$$

5.6. Perhitungan penulangan pilecap

Pada perhitungan ini, menggunakan program bantu SAP2000 untuk memperoleh reaksi pada pelat pilecap akibat berat sendiri pilecap dan beban-beban dari kolom yang bekerja di atasnya.



Data material:

- Mutu beton (f_c') = 30 MPa
- Tebal pelat (H) = 2000 mm
- Lebar pelat (b) = 1000 mm
- Selimut beton (cover) = 50 mm
- Tulangan lentur (dl) = 32 mm
- Tinggi efektif (d) = H-cover-dl/2
= 1934 mm
- Mutu tulangan = 400 MPa

Penulangan pelat pilecap arah sumbu X

Data beban:

$M_u = 2322,881$ kNm (Output pemodelan pilecap pada SAP2000)

Perhitungan tulangan:

Rasio penulangan (β_1)

Menurut SNI 2847-2013 untuk $f_c' > 28$ Mpa, maka rasio penulangan diambil sebagai berikut:

$$\beta_1 = 0,85 - (f_c' - 28) \times 0,05/7$$

$$\beta_1 = 0,85 - (30 - 28) \times 0,05/7$$

$$\beta_1 = 0,84$$

Cek syarat: $0,65 \leq \beta_1$ (Ok)

β_1 pakai = 0,84

Faktor momen pemikul maksimum berdasarkan persyaratan pada SNI 2847-2013.

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = 0,0035$$

$$\rho_{\text{balance}} = \frac{0,85(f_c')(\beta_1)}{f_y} \times \frac{600}{(600 + f_y)} = 0,032$$

$$\rho_{\max} = 0,85(\rho_{\text{balance}}) = 0,027$$

Faktor reduksi lentur $\phi = 0,9$ (SNI 2847:2013 ps. 9.3.3)

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b d^2} = 0,69$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0,85 f_c'}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2Rn}{0,85(f_c')}} \right) = 0,001749$$

Karena $\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{minimum}}$, maka digunakan ρ_{minimum} (0,0035)

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho_{\text{pakai}} \times b \times d = 6769 \text{ mm}^2$$

Untuk tulangan D32 As 1tulangan = $\frac{1}{4} \pi D^2 = 804,25 \text{ mm}^2$

$$s_{\text{perlu}} = \frac{b \times A_{s-1tul}}{A_{s_{\text{perlu}}}} = 118,81 \text{ mm}$$

$$s_{\text{pasang}} = 100 \text{ mm}$$

$$A_{s_{\text{pasang}}} = \frac{b \times A_{s-1tul}}{s_{\text{pasang}}} = 8042,48 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85(f_c')(b)} = 126,16 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = 150,96 \text{ mm}$$

$$\varepsilon_t = \varepsilon_{cu} \frac{d - c}{c} = 0,035$$

$$\phi Mn = \phi A_s \times f_y \times (d - a / 2) = 5416,864 \text{ kNm}$$

Cek: $\phi M_n > M_u$

$$5416,864 \text{ kNm} > 2322,881 \text{ kNm (Ok)}$$

Maka digunakan tulangan lentur pilecap arah sumbu X D32-100

Penulangan pelat pilecap arah sumbu Y

Data beban:

$M_u = 2407,678 \text{ kNm}$ (Output pemodelan pilecap pada SAP2000)

Perhitungan tulangan:

Rasio penulangan (β_1)

Menurut SNI 2847-2013 untuk $f'c > 28 \text{ Mpa}$, maka rasio penulangan diambil sebagai berikut:

$$\beta_1 = 0,85 - (f'c - 28) \times 0,05/7$$

$$\beta_1 = 0,85 - (30 - 28) \times 0,05/7$$

$$\beta_1 = 0,84$$

Cek syarat: $0,65 \leq \beta_1$ (Ok)

$$\beta_1 \text{ pakai} = 0,84$$

Faktor momen pemikul maksimum berdasarkan persyaratan pada SNI 2847-2013.

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = 0,0035$$

$$\rho_{\text{balance}} = \frac{0,85(f'c)(\beta_1)}{f_y} \times \frac{600}{(600 + f_y)} = 0,032$$

$$\rho_{\max} = 0,85(\rho_{\text{balance}}) = 0,027$$

Faktor reduksi lentur $\phi = 0,9$ (SNI 2847:2013 ps. 9.3.3)

$$Rn = \frac{M_u}{\phi b d^2} = 0,71$$

$$\rho_{perlu} = \frac{0,85 f_c'}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2Rn}{0,85(f_c')}} \right) = 0,001814$$

Karena ρ perlu $<$ ρ minimum, maka digunakan ρ minimum (0,0035)

$$A_{s_{perlu}} = \rho_{pakai} \times b \times d = 6769 \text{ mm}^2$$

Untuk tulangan D32 As 1tulangan = $\frac{1}{4} \pi D^2 = 804,25 \text{ mm}^2$

$$s_{perlu} = \frac{b \times A_{s-1tul}}{A_{s_{perlu}}} = 118,81 \text{ mm}$$

$$s_{pasang} = 100 \text{ mm}$$

$$A_{s_{pasang}} = \frac{b \times A_{s-1tul}}{s_{pasang}} = 8042,48 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85(f_c')(b)} = 126,16 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = 150,96 \text{ mm}$$

$$\varepsilon_t = \varepsilon_{cu} \frac{d-c}{c} = 0,035$$

$$\phi Mn = \phi A_s \times f_y \times (d - a / 2) = 5416,864 \text{ kNm}$$

Cek: $\phi Mn > Mu$

$$5416,864 \text{ kNm} > 2407,678 \text{ kNm (Ok)}$$

Maka digunakan tulangan lentur pilecap arah sumbu Y D32-100

5.7. Metode pelaksanaan borpile di lapangan

1. Pekerjaan persiapan

Pekerjaan persiapan pada pelaksanaan bor pile yakni berupa survey titik-titik pengeboran dan pekerjaan fabrikasi tulangan.

2. Tahap Pengeboran

Pada tahap ini titik-titik pengeboran hasil survey dibor menggunakan mata bor jenis auger. Pengeboran ini tujuannya untuk melonggarkan tanah sekaligus membuat lubang untuk borpile yang akan dicor. Pengeboran dilakukan hingga kedalaman 44 meter atau -48.00 dari muka tanah.

3. Tahap pemasangan casing

Setelah dilakukan pengeboran pada umumnya dipasang casing yang terbuat dari baja, dengan ukuran sesuai dengan diameter borpile rencana, yakni 0,80 m. Setelah casing dipasang lubang bor kemudian dibersihkan dari material-material yang dapat merusak karakteristik beton, seperti air dan lumpur limbah.

4. Tahap Pemasangan Tulangan

Setelah pemasangan casing, tulangan kemudian dipasang sesuai dengan perencanaan. Untuk borpile yang sangat dalam besi tulangan dirangkai dahulu di area fabrikasi. Pemasangan tulangan dilakukan dengan bantuan mobile crane.

5. Tahap pengecoran

Pada saat Concrete mixer truck tiba di lokasi pengecoran, diharuskan untuk cek terhadap slump dan mutu beton dipastikan sesuai rencana yakni $f_c' 30$ Mpa. Setelah itu pasang pipa tremie sesuai panjang yang diinginkan, letak ujung bawah pipa tremie $<1,50$ m dari dasar lubang. Kemudian proses pengecoran dapat dilakukan.

5.8. Perhitungan biaya material

Kebutuhan biaya material untuk 1 borpile, rekapitulasinya adalah sebagai berikut:

Tabel 5. 60. Perhitungan biaya material bor pile

Pekerjaan	Unit	Dimensi			Kuantitas	Harga satuan	Total harga
		P	L	T			
		(m)	(m)	(m)		(Rp)	(Rp)
Beton							
Beton fc' 30 Mpa	m3	0,8	-	44	35,2	Rp 970 000,00	Rp 34 144 000,00
Penulangan							
Tulangan utama 18D25	kg	-	-	-	3051,861	Rp 8 682,00	Rp 26 496 256,45
Tulangan spiral D16-120	kg	-	-	-	1325,66	Rp 8 682,00	Rp 11 509 380,12
					Total biaya pekerjaan		Rp 72 149 636,57

Maka untuk 35 borpile tambahan biaya yang dibutuhkan sebesar:
 $35 \times \text{Rp } 72.149.636,57 = \text{Rp } 2.525.237.279,96$

Sedangkan untuk pekerjaan pilecap P100 sektor 5 kebutuhan biaya materialnya sebagai berikut:

Tabel 5. 61. Perhitungan biaya material pilecap P100 sektor 5

Pekerjaan	Unit	Dimensi			Kuantitas	Harga satuan	Total harga
		P	L	T			
		(m)	(m)	(m)		(Rp)	(Rp)
Beton							
Beton fc' 30 Mpa	m3	18,24	17,55	2,00	640,224	Rp 970 000,00	Rp 621 017 280,00
Penulangan							
Tulangan arah X D32-100	kg	-	-	-	4554,9	Rp 8 879,00	Rp 40 442 957,10
Tulangan arah Y D32-100	kg	-	-	-	5996,3	Rp 8 879,00	Rp 53 241 147,70
					Total biaya pekerjaan		Rp 714 701 384,80

Sehingga total biaya keseluruhan untuk P100 sektor 5 adalah
 $\text{Rp } 3.239.938.664,76$

BAB VI

KESIMPULAN

Dari hasil pengerjaan Tugas Akhir diatas maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Kondisi tanah di sekitar lokasi tiang grup P100 Apartemen Puncak MERR didominasi dengan tanah lempung dengan muka air yang tinggi, yakni sekitar -0,50 sampai -1,50 meter dibawah permukaan tanah.
2. Penyebab terjadinya pergeseran koordinat tiang pancang pada tiang grup P100 Apartemen Puncak MERR surabaya adalah kelebihan tekanan air pori yang terjadi pada saat proses pemancangan. Tiang pancang menekan tanah yang dominan kohesif (lempung) dan memiliki muka air tanah yang tinggi, sehingga tekanan air pori di dinding tiang pancang meningkat dan air pori dalam tanah terperangkap dalam tanah lempung yang memiliki permeabilitas yang rendah. Pada saat P100 sektor 5 digali, tekanan air pori di area galian mengalami penurunan. Air pori berlebih mengalir ke tanah dengan tekanan air lebih rendah dan mendorong tiang pancang sehingga terjadi pergeseran.
3. Berdasarkan hasil Pile Integrity Test yang dilakukan pada 13 sample tiang yang mengalami pergeseran diketahui terjadi patah pada sambungan antar tiang pancang. Sehingga untuk menghindari resiko keruntuhan, pada 40 tiang pancang yang mengalami pergeseran tidak lagi digunakan dalam perhitungan daya dukung pondasi selanjutnya. Daya dukung tiang pancang yang mengalami pergeseran dianggap nol.

4. Setelah dilakukan analisa daya dukung, ternyata 60 tiang pancang eksisting yang dapat digunakan tidak cukup untuk memikul beban rencana. Namun karena masih dalam kondisi baik, tiang pancang tersebut tetap digunakan untuk memikul beban rencana dengan tambahan perkuatan berupa pondasi bor pile dengan tujuan dapat membantu meningkatkan daya dukung pondasi eksisting.
5. Perencanaan perkuatan pondasi dilakukan berdasarkan 2 kondisi, yakni kondisi beban layan $1D+1L$ (Kondisi 1) dan kondisi beban layan maksimum kombinasi gaya gempa (Kondisi 2). Alternatif perkuatan yang digunakan merupakan hasil dari perhitungan terkritik dimana dibutuhkan sebanyak 35 bor pile tambahan di area P100 sektor 5 dengan kedalaman -48,0 meter dari dasar galian Diameter yang digunakan adalah 0,80 m ($f_c' = 30$ Mpa). Total biaya perbaikan sebesar Rp 3.239.938.664,76

Saran:

1. Pada saat pelaksanaan penggalian di lapangan sebaiknya juga mempertimbangkan kondisi kestabilan tanah sekitarnya dan muka air tanah yang tinggi. Penggalian dapat dilakukan dengan menggali area P100 sektor 5 dengan kedalaman yang sama tetapi secara menyeluruh. Sehingga area galian menjadi lebih stabil.
2. Perhitungan daya dukung pondasi untuk area galian sebaiknya direncanakan dengan muka tanah dasar galian
3. Diperlukan hasil uji parameter tanah yang lebih detail untuk hasil perhitungan yang lebih kritis.

DAFTAR PUSTAKA

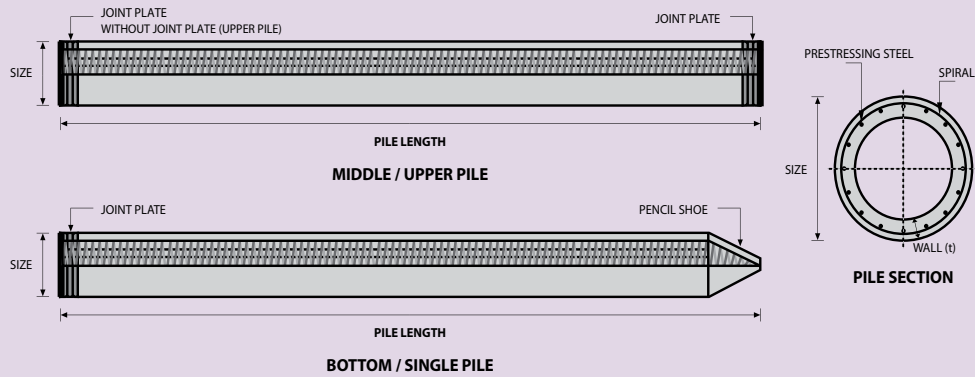
- Das, B. M. (2016). *Principles of Foundation Engineering* .
Boston: Cengage Learning.
- Gunawan, R. (1991). *Pengantar Teknik Fondasi*. Yogyakarta:
Kanisius.
- Hardiyatmo, H. C. (2008). *Teknik Fondasi 2*. Yogyakarta: UGM
Press.
- NAVFAC. (1986). *Foundation and Earth Structures Design
Manual 7.02*. Alexandria: NAVFAC.
- Poulos, H. G., & Davis, E. H. (1980). *Pile Foundation Analysis
and Design*. Canada.
- Sardjono. (1988). *Pondasi Tiang Pancang jilid 1,2*. Surabaya:
Sinar Jaya.
- Modul Ajar Teknik Pondasi: Perencanaan Tiang Pancang* (2002)
oleh Indrasurya B. Mochtar Institut Teknologi Sepuluh
Nopember. Surabaya

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Surabaya, 3 Agustus 1995, merupakan anak kedua dari 3 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan yaitu di SD Negeri Ketintang III Surabaya, SMP Negeri 22 Surabaya, dan SMA Negeri 15 Surabaya. Setelah lulus dari SMA tahun 2013. Penulis mengikuti tes dan diterima di Jurusan Diploma Teknik Sipil FTSP-ITS pada tahun 2013. Di Jurusan Diploma Teknik Sipil ini penulis mengambil Bidang Bangunan Gedung. Penulis sempat aktif di beberapa kegiatan seminar yang diselenggarakan oleh Jurusan, Himpunan Mahasiswa Diploma Sipil (HMDS) dan pernah menjabat sebagai sekertaris departemen Media dan Informasi Himpunan periode kepengurusan 2014-2015. Setelah lulus dari pendidikan D3 Teknik Sipil ITS tahun 2016, Penulis sempat bekerja di sebuah konsultan teknik sipil selama 1 tahun. Kemudian pada tahun 2017 Penulis melanjutkan studi di program Lintas Jalur S1 Teknik Sipil ITS. Kritik dan saran untuk penulis dapat melalui email nisiary@gmail.com.

PILE SHAPE & SPECIFICATION | PRESTRESSED CONCRETE SPUN PILES



PRESTRESSED CONCRETE SPUN PILES SPECIFICATION

Concrete Compressive Strength $f_c' = 52 \text{ MPa}$ (Cube 600 kg/cm^2)

Size (mm)	Thickness Wall (t)	Cross Section (cm ²)	Section Inertia (cm ⁴)	Unit Weight (kg/m)	Class	Bending Moment		Allowable Compression (ton)	Decompression Tension (ton)	Length of Pile ** (m)
						Crack * (ton.m)	Break (ton.m)			
300	60	452.39	34,607.78	113	A2	2.50	3.75	72.60	23.11	6 - 12
					A3	3.00	4.50	70.75	29.86	6 - 13
					B	3.50	6.30	67.50	41.96	6 - 14
					C	4.00	8.00	65.40	49.66	6 - 15
350	65	581.98	62,162.74	145	A1	3.50	5.25	93.10	30.74	6 - 13
					A3	4.20	6.30	89.50	37.50	6 - 14
					B	5.00	9.00	86.40	49.93	6 - 15
					C	6.00	12.00	85.00	60.87	6 - 16
400	75	765.76	106,488.95	191	A2	5.50	8.25	121.10	38.62	6 - 14
					A3	6.50	9.75	117.60	45.51	6 - 15
					B	7.50	13.50	114.40	70.27	6 - 16
					C	9.00	18.00	111.50	80.94	6 - 17
450	80	929.91	166,570.38	232	A1	7.50	11.25	149.50	39.28	6 - 14
					A2	8.50	12.75	145.80	53.39	6 - 15
					A3	10.00	15.00	143.80	66.57	6 - 16
					B	11.00	19.80	139.10	78.84	6 - 17
					C	12.50	25.00	134.90	100.45	6 - 18
500	90	1,159.25	255,324.30	290	A1	10.50	15.75	185.30	54.56	6 - 15
					A2	12.50	18.75	181.70	68.49	6 - 16
					A3	14.00	21.00	178.20	88.00	6 - 17
					B	15.00	27.00	174.90	94.13	6 - 18
					C	17.00	34.00	169.00	122.04	6 - 19
600	100	1,570.80	510,508.81	393	A1	17.00	25.50	252.70	70.52	6 - 16
					A2	19.00	28.50	249.00	77.68	6 - 17
					A3	22.00	33.00	243.20	104.94	6 - 18
					B	25.00	45.00	238.30	131.10	6 - 19
					C	29.00	58.00	229.50	163.67	6 - 20
800	120	2,563.54	1,527,869.60	641	A1	40.00	60.00	415.00	119.34	6 - 20
					A2	46.00	69.00	406.10	151.02	6 - 21
					A3	51.00	76.50	399.17	171.18	6 - 22
					B	55.00	99.00	388.61	215.80	6 - 23
					C	65.00	130.00	368.17	290.82	6 - 24
1000 ***	140	3,782.48	3,589,571.20	946	A1	75.00	112.50	613.52	169.81	6 - 22
					A2	82.00	123.00	601.27	215.16	6 - 23
					A3	93.00	139.50	589.66	258.19	6 - 24
					B	105.00	189.00	575.33	311.26	6 - 24
					C	120.00	240.00	555.23	385.70	6 - 24
1200 ***	150	4,948.01	6,958,136.85	1,237	A1	120.00	180.00	802.80	221.30	6 - 24
					A2	130.00	195.00	794.50	252.10	6 - 24
					A3	145.00	217.50	778.60	311.00	6 - 24
					B	170.00	306.00	751.90	409.60	6 - 24
					C	200.00	400.00	721.50	522.20	6 - 24

Unit Conversion : 1 ton = 9.8060 kN

Note : *) Crack Moment Based on JIS A 5335-1987 (Prestressed Spun Concrete Piles)
 **) Length of pile may exceed usual standard whenever lifted in certain position
 ***) Type of Shoe for Bottom Pile is Mamira Shoe

Output Pemodelan SAP 2000 joint area P100 Sektor 5 Apartemen Puncak MERR Surabaya

TABLE: Joint Reactions								
Joint	OutputCase	CaseType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m
67879	Ijin D	Combination	0,445	0,078	648,363	-0,142	0,775	-0,003
67879	Ijin D+L	Combination	0,676	0,131	797,123	-0,235	1,185	-0,005
67879	Ijin D+0.75L+0.7EX	Combination	3,393	0,405	819,594	0,227	4,344	0,083
67879	Ijin D+0.75L+0.7EX	Combination	-2,157	-0,169	700,272	-0,651	-2,179	-0,092
67879	Ijin D+0.75L+0.7EY	Combination	1,471	1,050	809,785	1,174	2,147	0,050
67879	Ijin D+0.75L+0.7EY	Combination	-0,235	-0,814	710,081	-1,598	0,018	-0,059
67879	Ijin D+0.7EX	Combination	4,145	0,461	727,910	0,444	5,124	0,113
67879	Ijin D+0.7EX	Combination	-3,255	-0,305	568,815	-0,728	-3,574	-0,119
67879	Ijin D+0.7EY	Combination	1,582	1,321	714,832	1,706	2,194	0,070
67879	Ijin D+0.7EY	Combination	-0,692	-1,165	581,893	-1,990	-0,645	-0,076
67879	Ijin 0.6D+0.7EX	Combination	3,967	0,430	468,565	0,501	4,814	0,115
67879	Ijin 0.6D+0.7EX	Combination	-3,433	-0,336	309,470	-0,671	-3,884	-0,118
67879	Ijin 0.6D+0.7EY	Combination	1,404	1,289	455,487	1,763	1,884	0,072
67879	Ijin 0.6D+0.7EY	Combination	-0,870	-1,196	322,548	-1,934	-0,954	-0,075
67880	Ijin D	Combination	0,011	1,471	584,463	-2,633	0,024	-0,008
67880	Ijin D+L	Combination	-0,089	1,958	707,118	-3,504	-0,140	-0,011
67880	Ijin D+0.75L+0.7EX	Combination	2,917	2,204	726,496	-2,669	3,747	0,164
67880	Ijin D+0.75L+0.7EX	Combination	-3,045	1,470	626,412	-3,903	-3,945	-0,184
67880	Ijin D+0.75L+0.7EY	Combination	0,841	3,011	772,507	-1,328	1,086	0,082
67880	Ijin D+0.75L+0.7EY	Combination	-0,969	0,662	580,401	-5,245	-1,284	-0,102
67880	Ijin D+0.7EX	Combination	3,985	1,960	651,186	-1,810	5,152	0,224
67880	Ijin D+0.7EX	Combination	-3,964	0,982	517,741	-3,456	-5,104	-0,240
67880	Ijin D+0.7EY	Combination	1,217	3,037	712,534	-0,022	1,604	0,114
67880	Ijin D+0.7EY	Combination	-1,196	-0,095	456,393	-5,244	-1,556	-0,131
67880	Ijin 0.6D+0.7EX	Combination	3,981	1,372	417,401	-0,757	5,142	0,227
67880	Ijin 0.6D+0.7EX	Combination	-3,968	0,393	283,955	-2,403	-5,113	-0,237
67880	Ijin 0.6D+0.7EY	Combination	1,213	2,449	478,748	1,032	1,595	0,118
67880	Ijin 0.6D+0.7EY	Combination	-1,200	-0,684	222,608	-4,191	-1,566	-0,127
67881	Ijin D	Combination	0,380	1,389	547,108	-2,487	0,663	0,007
67881	Ijin D+L	Combination	0,569	1,934	657,978	-3,462	0,997	0,007
67881	Ijin D+0.75L+0.7EX	Combination	3,775	2,205	699,227	-2,508	5,381	0,186
67881	Ijin D+0.75L+0.7EX	Combination	-2,731	1,390	561,294	-3,928	-3,555	-0,172
67881	Ijin D+0.75L+0.7EY	Combination	1,505	2,972	749,631	-1,223	2,266	0,065
67881	Ijin D+0.75L+0.7EY	Combination	-0,461	0,623	510,890	-5,213	-0,439	-0,051
67881	Ijin D+0.7EX	Combination	4,718	1,932	639,063	-1,541	6,620	0,246
67881	Ijin D+0.7EX	Combination	-3,958	0,846	455,153	-3,434	-5,294	-0,231
67881	Ijin D+0.7EY	Combination	1,690	2,955	706,268	0,172	2,467	0,084
67881	Ijin D+0.7EY	Combination	-0,930	-0,177	387,947	-5,147	-1,141	-0,070
67881	Ijin 0.6D+0.7EX	Combination	4,566	1,376	420,220	-0,546	6,355	0,243
67881	Ijin 0.6D+0.7EX	Combination	-4,110	0,290	236,310	-2,439	-5,560	-0,234
67881	Ijin 0.6D+0.7EY	Combination	1,538	2,399	487,425	1,167	2,201	0,081
67881	Ijin 0.6D+0.7EY	Combination	-1,082	-0,733	169,104	-4,152	-1,406	-0,073

TABLE: Joint Reactions								
Joint	OutputCase	CaseType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m
67882	ljin D	Combination	0,535	0,113	598,365	-0,211	0,929	0,000
67882	ljin D+L	Combination	0,846	0,295	726,623	-0,538	1,485	-0,001
67882	ljin D+0.75L+0.7EX	Combination	3,913	0,565	726,733	0,039	5,284	0,055
67882	ljin D+0.75L+0.7EX	Combination	-2,376	-0,066	662,383	-0,951	-2,592	-0,057
67882	ljin D+0.75L+0.7EY	Combination	1,722	1,204	731,967	0,984	2,547	0,027
67882	ljin D+0.75L+0.7EY	Combination	-0,185	-0,705	657,149	-1,896	0,145	-0,029
67882	ljin D+0.7EX	Combination	4,728	0,533	641,265	0,450	6,180	0,075
67882	ljin D+0.7EX	Combination	-3,657	-0,308	555,464	-0,871	-4,322	-0,074
67882	ljin D+0.7EY	Combination	1,807	1,385	648,243	1,709	2,530	0,038
67882	ljin D+0.7EY	Combination	-0,737	-1,160	548,486	-2,130	-0,672	-0,037
67882	ljin 0.6D+0.7EX	Combination	4,514	0,488	401,919	0,534	5,808	0,075
67882	ljin 0.6D+0.7EX	Combination	-3,871	-0,353	316,119	-0,787	-4,694	-0,074
67882	ljin 0.6D+0.7EY	Combination	1,593	1,340	408,897	1,793	2,159	0,038
67882	ljin 0.6D+0.7EY	Combination	-0,951	-1,205	309,140	-2,046	-1,044	-0,037
67883	ljin D	Combination	1,469	-0,021	430,170	0,034	2,559	0,003
67883	ljin D+L	Combination	1,871	-0,020	519,685	0,031	3,254	0,004
67883	ljin D+0.75L+0.7EX	Combination	4,153	0,105	540,089	0,247	6,917	0,023
67883	ljin D+0.75L+0.7EX	Combination	-0,612	-0,145	454,524	-0,183	-0,742	-0,015
67883	ljin D+0.75L+0.7EY	Combination	2,508	0,302	517,521	0,514	4,276	0,053
67883	ljin D+0.75L+0.7EY	Combination	1,033	-0,342	477,092	-0,451	1,899	-0,045
67883	ljin D+0.7EX	Combination	4,645	0,146	487,214	0,320	7,665	0,028
67883	ljin D+0.7EX	Combination	-1,708	-0,187	373,127	-0,253	-2,547	-0,022
67883	ljin D+0.7EY	Combination	2,452	0,409	457,123	0,677	4,144	0,069
67883	ljin D+0.7EY	Combination	0,485	-0,450	403,218	-0,610	0,974	-0,062
67883	ljin 0.6D+0.7EX	Combination	4,058	0,154	315,146	0,307	6,641	0,027
67883	ljin 0.6D+0.7EX	Combination	-2,296	-0,179	201,059	-0,266	-3,571	-0,023
67883	ljin 0.6D+0.7EY	Combination	1,865	0,417	285,055	0,664	3,120	0,068
67883	ljin 0.6D+0.7EY	Combination	-0,102	-0,442	231,150	-0,623	-0,050	-0,064
67884	ljin D	Combination	1,322	-0,036	430,080	0,062	2,299	-0,004
67884	ljin D+L	Combination	1,691	-0,033	518,515	0,055	2,946	-0,006
67884	ljin D+0.75L+0.7EX	Combination	3,954	0,080	544,187	0,267	6,467	0,050
67884	ljin D+0.75L+0.7EX	Combination	-0,756	-0,148	448,625	-0,154	-0,899	-0,061
67884	ljin D+0.75L+0.7EY	Combination	2,346	0,225	522,414	0,420	3,973	0,047
67884	ljin D+0.75L+0.7EY	Combination	0,852	-0,292	470,398	-0,307	1,595	-0,058
67884	ljin D+0.7EX	Combination	4,462	0,116	493,788	0,343	7,210	0,070
67884	ljin D+0.7EX	Combination	-1,819	-0,188	366,372	-0,218	-2,612	-0,078
67884	ljin D+0.7EY	Combination	2,317	0,308	464,758	0,547	3,884	0,066
67884	ljin D+0.7EY	Combination	0,326	-0,380	395,403	-0,423	0,713	-0,074
67884	ljin 0.6D+0.7EX	Combination	3,933	0,130	321,756	0,318	6,290	0,072
67884	ljin 0.6D+0.7EX	Combination	-2,347	-0,174	194,340	-0,243	-3,531	-0,076
67884	ljin 0.6D+0.7EY	Combination	1,788	0,322	292,726	0,522	2,965	0,068
67884	ljin 0.6D+0.7EY	Combination	-0,203	-0,366	223,371	-0,448	-0,206	-0,072
67886	ljin D	Combination	0,776	-0,249	604,972	0,437	1,331	0,022
67886	ljin D+L	Combination	1,286	-0,348	729,734	0,610	2,210	0,032
67886	ljin D+0.75L+0.7EX	Combination	2,894	0,251	774,221	1,572	3,943	0,050
67886	ljin D+0.75L+0.7EX	Combination	-0,577	-0,898	622,866	-0,439	0,037	0,009

TABLE: Joint Reactions								
Joint	OutputCase	CaseType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m
67886	Ijin D+0.75L+0.7EY	Combination	1,789	1,358	767,538	3,343	2,915	0,082
67886	Ijin D+0.75L+0.7EY	Combination	0,528	-2,004	629,549	-2,210	1,065	-0,023
67886	Ijin D+0.7EX	Combination	3,090	0,517	705,875	1,777	3,934	0,050
67886	Ijin D+0.7EY	Combination	-1,539	-1,015	504,068	-0,903	-1,273	-0,005
67886	Ijin D+0.7EY	Combination	1,616	1,992	696,964	4,139	2,564	0,092
67886	Ijin D+0.7EY	Combination	-0,065	-2,491	512,979	-3,264	0,097	-0,047
67886	Ijin 0.6D+0.7EX	Combination	2,780	0,616	463,886	1,603	3,402	0,041
67886	Ijin 0.6D+0.7EX	Combination	-1,849	-0,916	262,080	-1,078	-1,805	-0,014
67886	Ijin 0.6D+0.7EY	Combination	1,306	2,092	454,976	3,964	2,032	0,083
67886	Ijin 0.6D+0.7EY	Combination	-0,375	-2,391	270,990	-3,439	-0,435	-0,056
67888	Ijin D	Combination	-0,141	-0,900	589,321	1,616	-0,240	-0,003
67888	Ijin D+L	Combination	-0,511	-1,131	708,753	2,030	-0,875	-0,007
67888	Ijin D+0.75L+0.7EX	Combination	1,237	-0,474	712,803	2,972	1,200	0,192
67888	Ijin D+0.75L+0.7EX	Combination	-2,073	-1,672	644,987	0,880	-2,633	-0,204
67888	Ijin D+0.75L+0.7EY	Combination	0,145	0,757	740,923	5,083	0,064	0,088
67888	Ijin D+0.75L+0.7EY	Combination	-0,981	-2,903	616,868	-1,230	-1,497	-0,100
67888	Ijin D+0.7EX	Combination	2,066	-0,101	634,531	3,011	2,315	0,261
67888	Ijin D+0.7EX	Combination	-2,347	-1,698	544,110	0,221	-2,795	-0,266
67888	Ijin D+0.7EY	Combination	0,610	1,541	672,024	5,824	0,800	0,123
67888	Ijin D+0.7EY	Combination	-0,891	-3,340	506,618	-2,592	-1,281	-0,128
67888	Ijin 0.6D+0.7EX	Combination	2,123	0,259	398,803	2,364	2,411	0,262
67888	Ijin 0.6D+0.7EX	Combination	-2,291	-1,338	308,382	-0,425	-2,699	-0,265
67888	Ijin 0.6D+0.7EY	Combination	0,667	1,901	436,296	5,178	0,896	0,124
67888	Ijin 0.6D+0.7EY	Combination	-0,835	-2,980	270,889	-3,239	-1,184	-0,127
67890	Ijin D	Combination	-0,718	-0,325	641,684	0,585	-1,220	0,009
67890	Ijin D+L	Combination	-0,942	-0,456	781,643	0,819	-1,605	0,010
67890	Ijin D+0.75L+0.7EX	Combination	0,614	0,084	778,028	1,572	-0,029	0,115
67890	Ijin D+0.75L+0.7EX	Combination	-2,386	-0,931	715,279	-0,051	-2,989	-0,095
67890	Ijin D+0.75L+0.7EY	Combination	-0,421	1,191	782,220	3,366	-0,981	0,063
67890	Ijin D+0.75L+0.7EY	Combination	-1,351	-2,038	711,087	-1,845	-2,036	-0,043
67890	Ijin D+0.7EX	Combination	1,282	0,351	683,518	1,667	0,753	0,150
67890	Ijin D+0.7EX	Combination	-2,718	-1,001	599,851	-0,497	-3,194	-0,131
67890	Ijin D+0.7EY	Combination	-0,098	1,828	689,107	4,059	-0,517	0,080
67890	Ijin D+0.7EY	Combination	-1,339	-2,478	594,262	-2,888	-1,924	-0,062
67890	Ijin 0.6D+0.7EX	Combination	1,569	0,481	426,844	1,433	1,241	0,146
67890	Ijin 0.6D+0.7EX	Combination	-2,431	-0,871	343,177	-0,731	-2,706	-0,135
67890	Ijin 0.6D+0.7EY	Combination	0,189	1,958	432,433	3,825	-0,029	0,076
67890	Ijin 0.6D+0.7EY	Combination	-1,051	-2,348	337,588	-3,123	-1,436	-0,066
67892	Ijin D	Combination	0,028	-0,279	657,704	0,507	0,073	0,003
67892	Ijin D+L	Combination	-0,003	-0,373	810,475	0,673	0,018	0,002
67892	Ijin D+0.75L+0.7EX	Combination	1,130	0,069	824,033	1,269	0,600	0,032
67892	Ijin D+0.75L+0.7EX	Combination	-1,121	-0,769	720,531	-0,006	-0,537	-0,028
67892	Ijin D+0.75L+0.7EY	Combination	0,367	0,972	834,008	2,638	0,618	0,065
67892	Ijin D+0.75L+0.7EY	Combination	-0,358	-1,672	710,556	-1,374	-0,555	-0,062
67892	Ijin D+0.7EX	Combination	1,529	0,279	726,705	1,357	0,831	0,043
67892	Ijin D+0.7EX	Combination	-1,473	-0,838	588,703	-0,342	-0,684	-0,038
67892	Ijin D+0.7EY	Combination	0,511	1,484	740,005	3,182	0,855	0,087
67892	Ijin D+0.7EY	Combination	-0,455	-2,042	575,403	-2,167	-0,708	-0,082
67892	Ijin 0.6D+0.7EX	Combination	1,518	0,391	463,623	1,154	0,802	0,042

TABLE: Joint Reactions								
Joint	OutputCase	CaseType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m
67892	ljin 0.6D+0.7EX	Combination	-1,484	-0,726	325,621	-0,545	-0,714	-0,039
67892	ljin 0.6D+0.7EY	Combination	0,500	1,595	476,923	2,979	0,826	0,086
67892	ljin 0.6D+0.7EY	Combination	-0,466	-1,930	312,321	-2,370	-0,737	-0,083
67894	ljin D	Combination	-2,520	-0,418	503,314	0,768	-4,307	0,015
67894	ljin D+L	Combination	-3,427	-0,539	608,871	0,985	-5,861	0,017
67894	ljin D+0.75L+0.7EX	Combination	-1,335	-0,080	676,867	1,595	-2,856	0,129
67894	ljin D+0.75L+0.7EY	Combination	-5,065	-0,937	488,096	0,266	-8,089	-0,097
67894	ljin D+0.75L+0.7EY	Combination	-2,628	0,844	615,280	3,041	-4,652	0,190
67894	ljin D+0.75L+0.7EY	Combination	-3,772	-1,860	549,683	-1,179	-6,293	-0,157
67894	ljin D+0.7EX	Combination	-0,034	0,154	629,161	1,654	-0,819	0,166
67894	ljin D+0.7EY	Combination	-5,006	-0,990	377,467	-0,118	-7,796	-0,135
67894	ljin D+0.7EY	Combination	-1,758	1,385	547,045	3,581	-3,214	0,247
67894	ljin D+0.7EY	Combination	-3,283	-2,220	459,582	-2,046	-5,401	-0,216
67894	ljin 0.6D+0.7EX	Combination	0,974	0,321	427,835	1,346	0,904	0,160
67894	ljin 0.6D+0.7EY	Combination	-3,998	-0,822	176,141	-0,425	-6,073	-0,141
67894	ljin 0.6D+0.7EY	Combination	-0,750	1,552	345,720	3,274	-1,491	0,241
67894	ljin 0.6D+0.7EY	Combination	-2,275	-2,053	258,257	-2,353	-3,678	-0,223
67895	ljin D	Combination	-0,840	-0,104	611,149	0,196	-1,408	-0,005
67895	ljin D+L	Combination	-1,437	-0,067	747,230	0,128	-2,430	-0,008
67895	ljin D+0.75L+0.7EX	Combination	-0,126	0,349	772,140	0,803	-1,419	0,044
67895	ljin D+0.75L+0.7EX	Combination	-2,451	-0,501	654,279	-0,514	-2,930	-0,058
67895	ljin D+0.75L+0.7EY	Combination	-0,919	1,262	739,037	2,212	-1,853	0,077
67895	ljin D+0.75L+0.7EY	Combination	-1,658	-1,414	687,382	-1,923	-2,495	-0,091
67895	ljin D+0.7EX	Combination	0,710	0,463	689,723	1,074	-0,400	0,062
67895	ljin D+0.7EX	Combination	-2,390	-0,670	532,575	-0,683	-2,415	-0,073
67895	ljin D+0.7EY	Combination	-0,348	1,681	645,585	2,952	-0,980	0,106
67895	ljin D+0.7EY	Combination	-1,333	-1,887	576,712	-2,561	-1,836	-0,117
67895	ljin 0.6D+0.7EX	Combination	1,046	0,504	445,263	0,996	0,163	0,065
67895	ljin 0.6D+0.7EX	Combination	-2,054	-0,629	288,115	-0,761	-1,852	-0,071
67895	ljin 0.6D+0.7EY	Combination	-0,012	1,722	401,126	2,874	-0,417	0,109
67895	ljin 0.6D+0.7EY	Combination	-0,997	-1,846	332,253	-2,639	-1,273	-0,115
67908	ljin D	Combination	-0,980	0,644	293,250	-1,052	-1,750	0,004
67908	ljin D+L	Combination	-1,426	1,614	377,996	-2,723	-2,546	0,004
67908	ljin D+0.75L+0.7EX	Combination	-0,383	2,445	418,971	-0,879	-0,833	0,110
67908	ljin D+0.75L+0.7EX	Combination	-2,247	0,298	294,648	-3,732	-3,861	-0,103
67908	ljin D+0.75L+0.7EY	Combination	-0,989	4,512	419,449	2,155	-1,793	0,192
67908	ljin D+0.75L+0.7EY	Combination	-1,640	-1,977	294,170	-6,765	-2,901	-0,184
67908	ljin D+0.7EX	Combination	0,263	2,076	376,132	0,850	0,269	0,146
67908	ljin D+0.7EX	Combination	-2,224	-0,787	210,368	-2,954	-3,768	-0,138
67908	ljin D+0.7EY	Combination	-0,546	5,109	376,770	4,895	-1,011	0,254
67908	ljin D+0.7EY	Combination	-1,415	-3,821	209,731	-6,999	-2,488	-0,247
67908	ljin 0.6D+0.7EX	Combination	0,655	1,818	258,832	1,271	0,969	0,144
67908	ljin 0.6D+0.7EX	Combination	-1,831	-1,045	93,068	-2,533	-3,068	-0,140
67908	ljin 0.6D+0.7EY	Combination	-0,154	4,851	259,470	5,316	-0,311	0,253
67908	ljin 0.6D+0.7EY	Combination	-1,022	-4,078	92,431	-6,578	-1,788	-0,248

TABLE: Joint Reactions								
Joint	OutputCase	CaseType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m
67947	Ijin D	Combination	-0,180	0,130	120,060	-0,232	-0,324	0,000
67947	Ijin D+L	Combination	-0,219	0,276	142,647	-0,494	-0,395	0,000
67947	Ijin D+0.75L+0.7EX	Combination	-0,179	0,328	150,082	-0,271	-0,323	0,000
67947	Ijin D+0.75L+0.7EX	Combination	-0,240	0,151	123,918	-0,585	-0,431	0,000
67947	Ijin D+0.75L+0.7EY	Combination	-0,163	0,521	168,942	0,073	-0,294	0,000
67947	Ijin D+0.75L+0.7EY	Combination	-0,255	-0,042	105,058	-0,929	-0,460	0,000
67947	Ijin D+0.7EX	Combination	-0,139	0,248	137,502	-0,022	-0,251	0,000
67947	Ijin D+0.7EX	Combination	-0,220	0,012	102,618	-0,442	-0,396	0,000
67947	Ijin D+0.7EY	Combination	-0,118	0,505	162,650	0,436	-0,213	0,000
67947	Ijin D+0.7EY	Combination	-0,241	-0,246	77,470	-0,900	-0,434	0,000
67947	Ijin 0.6D+0.7EX	Combination	-0,068	0,196	89,478	0,070	-0,122	0,000
67947	Ijin 0.6D+0.7EX	Combination	-0,148	-0,040	54,594	-0,349	-0,267	0,000
67947	Ijin 0.6D+0.7EY	Combination	-0,047	0,453	114,626	0,529	-0,084	0,000
67947	Ijin 0.6D+0.7EY	Combination	-0,169	-0,298	29,446	-0,807	-0,305	0,000
67991	Ijin D	Combination	-0,532	-1,082	560,127	1,954	-0,871	-0,004
67991	Ijin D+L	Combination	-0,723	-1,333	667,964	2,409	-1,193	-0,007
67991	Ijin D+0.75L+0.7EX	Combination	0,541	-0,738	683,930	3,200	-0,293	0,083
67991	Ijin D+0.75L+0.7EX	Combination	-1,890	-1,803	598,079	1,390	-1,932	-0,096
67991	Ijin D+0.75L+0.7EY	Combination	-0,300	0,427	727,221	5,180	-0,788	0,086
67991	Ijin D+0.75L+0.7EY	Combination	-1,050	-2,968	554,789	-0,590	-1,437	-0,099
67991	Ijin D+0.7EX	Combination	1,089	-0,371	617,361	3,161	0,223	0,115
67991	Ijin D+0.7EX	Combination	-2,153	-1,792	502,893	0,748	-1,964	-0,123
67991	Ijin D+0.7EY	Combination	-0,033	1,182	675,081	5,801	-0,438	0,120
67991	Ijin D+0.7EY	Combination	-1,032	-3,345	445,172	-1,892	-1,304	-0,128
67991	Ijin 0.6D+0.7EX	Combination	1,301	0,062	393,310	2,379	0,571	0,117
67991	Ijin 0.6D+0.7EX	Combination	-1,940	-1,360	278,842	-0,033	-1,616	-0,121
67991	Ijin 0.6D+0.7EY	Combination	0,180	1,614	451,031	5,019	-0,090	0,122
67991	Ijin 0.6D+0.7EY	Combination	-0,819	-2,912	221,121	-2,674	-0,955	-0,126
6123	Ijin D	Combination	-12,846	-1,579	86,825	-18,075	-14,440	0,285
6123	Ijin D+L	Combination	-14,826	-1,649	104,441	-21,863	-17,857	0,449
6123	Ijin D+0.75L+0.7EX	Combination	42,005	11,449	136,536	-19,981	-16,047	4,801
6123	Ijin D+0.75L+0.7EX	Combination	-70,667	-14,712	63,539	-21,851	-17,958	-3,985
6123	Ijin D+0.75L+0.7EY	Combination	2,922	32,694	112,921	-19,490	-16,319	4,241
6123	Ijin D+0.75L+0.7EY	Combination	-31,584	-35,956	87,153	-22,343	-17,686	-3,425
6123	Ijin D+0.7EX	Combination	62,268	15,861	135,490	-16,829	-13,166	6,143
6123	Ijin D+0.7EX	Combination	-87,961	-19,020	38,160	-19,322	-15,714	-5,573
6123	Ijin D+0.7EY	Combination	10,158	44,187	104,003	-16,173	-13,529	5,396
6123	Ijin D+0.7EY	Combination	-35,851	-47,346	69,647	-19,978	-15,351	-4,825
6123	Ijin 0.6D+0.7EX	Combination	67,406	16,493	100,760	-9,599	-7,390	6,029
6123	Ijin 0.6D+0.7EX	Combination	-82,822	-18,388	3,430	-12,092	-9,938	-5,687
6123	Ijin 0.6D+0.7EY	Combination	15,296	44,819	69,273	-8,943	-7,753	5,282
6123	Ijin 0.6D+0.7EY	Combination	-30,712	-46,714	34,917	-12,747	-9,575	-4,939
6144	Ijin D	Combination	13,963	-0,992	77,668	-11,097	10,775	0,103
6144	Ijin D+L	Combination	16,368	-1,133	94,475	-14,878	14,097	0,087
6144	Ijin D+0.75L+0.7EX	Combination	54,281	2,623	126,902	-13,691	13,959	2,419
6144	Ijin D+0.75L+0.7EX	Combination	-22,748	-4,819	53,645	-14,173	12,574	-2,237
6144	Ijin D+0.75L+0.7EY	Combination	27,618	8,043	103,153	-13,387	14,685	1,946

TABLE: Joint Reactions									
Joint	OutputCase	CaseType	F1	F2	F3	M1	M2	M3	
Text	Text	Text	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m	
6144	ljin D+0.75L+0.7EY	Combination	3,915	-10,239	77,393	-14,478	11,847	-1,764	
6144	ljin D+0.7EX	Combination	65,315	3,970	126,506	-10,775	11,699	3,208	
6144	ljin D+0.7EY	Combination	-37,390	-5,953	28,830	-11,418	9,852	-3,001	
6144	ljin D+0.7EY	Combination	29,764	11,196	94,842	-10,370	12,667	2,577	
6144	ljin D+0.7EY	Combination	-1,839	-13,179	60,495	-11,824	8,883	-2,371	
6144	ljin 0.6D+0.7EX	Combination	59,730	4,366	95,439	-6,337	7,389	3,167	
6144	ljin 0.6D+0.7EY	Combination	-42,975	-5,556	-2,237	-6,979	5,541	-3,043	
6144	ljin 0.6D+0.7EY	Combination	24,179	11,593	165,145	-5,931	8,357	2,536	
6144	ljin 0.6D+0.7EY	Combination	-7,424	-12,783	29,428	-7,385	4,573	-2,412	
50355	ljin D	Combination	-10,293	-0,137	103,122	0,107	-0,436	-0,001	
50355	ljin D+L	Combination	-12,163	-0,176	121,486	0,142	-0,516	-0,001	
50355	ljin D+0.75L+0.7EX	Combination	-5,171	0,187	165,145	0,603	-0,251	0,002	
50355	ljin D+0.75L+0.7EY	Combination	-18,220	-0,519	68,644	-0,336	-0,740	-0,003	
50355	ljin D+0.75L+0.7EY	Combination	-9,341	0,844	135,264	1,537	-0,409	0,006	
50355	ljin D+0.75L+0.7EY	Combination	-14,050	-1,175	98,526	-1,270	-0,582	-0,007	
50355	ljin D+0.7EX	Combination	-1,593	0,334	167,456	0,733	-0,110	0,002	
50355	ljin D+0.7EX	Combination	-18,992	-0,608	38,788	-0,519	-0,761	-0,004	
50355	ljin D+0.7EY	Combination	-7,154	1,209	127,614	1,979	-0,320	0,008	
50355	ljin D+0.7EY	Combination	-13,432	-1,483	78,629	-1,764	-0,551	-0,009	
50355	ljin 0.6D+0.7EX	Combination	2,524	0,388	126,207	0,690	0,064	0,003	
50355	ljin 0.6D+0.7EX	Combination	-14,875	-0,553	-2,461	-0,562	-0,587	-0,003	
50355	ljin 0.6D+0.7EY	Combination	-3,036	1,264	86,365	1,936	-0,146	0,008	
50355	ljin 0.6D+0.7EY	Combination	-9,315	-1,428	37,381	-1,807	-0,377	-0,009	
50369	ljin D	Combination	-6,291	-0,051	98,807	0,062	-0,206	0,000	
50369	ljin D+L	Combination	-7,441	-0,066	116,383	0,086	-0,243	0,000	
50369	ljin D+0.75L+0.7EX	Combination	0,805	0,139	140,744	0,517	0,250	0,000	
50369	ljin D+0.75L+0.7EY	Combination	-15,111	-0,263	83,233	-0,357	-0,717	0,000	
50369	ljin D+0.75L+0.7EY	Combination	-4,488	0,545	125,436	1,422	-0,077	0,001	
50369	ljin D+0.75L+0.7EY	Combination	-9,818	-0,669	98,541	-1,262	-0,390	-0,001	
50369	ljin D+0.7EX	Combination	4,320	0,217	137,148	0,645	0,439	0,000	
50369	ljin D+0.7EX	Combination	-16,902	-0,318	60,466	-0,521	-0,851	0,000	
50369	ljin D+0.7EY	Combination	-2,738	0,758	116,737	1,851	0,002	0,001	
50369	ljin D+0.7EY	Combination	-9,844	-0,860	80,877	-1,727	-0,414	-0,001	
50369	ljin 0.6D+0.7EX	Combination	6,836	0,237	97,625	0,620	0,522	0,000	
50369	ljin 0.6D+0.7EX	Combination	-14,385	-0,298	20,943	-0,546	-0,769	0,000	
50369	ljin 0.6D+0.7EY	Combination	-0,222	0,779	77,214	1,826	0,085	0,001	
50369	ljin 0.6D+0.7EY	Combination	-7,327	-0,839	41,354	-1,752	-0,332	-0,001	
50377	ljin D	Combination	-3,065	-0,024	98,417	0,034	-0,128	0,000	
50377	ljin D+L	Combination	-3,654	-0,031	115,917	0,052	-0,152	0,000	
50377	ljin D+0.75L+0.7EX	Combination	2,996	0,111	125,917	0,451	0,075	0,000	
50377	ljin D+0.75L+0.7EY	Combination	-10,010	-0,169	97,168	-0,357	-0,368	0,000	
50377	ljin D+0.75L+0.7EY	Combination	-1,407	0,408	122,447	1,309	-0,076	0,000	
50377	ljin D+0.75L+0.7EY	Combination	-5,606	-0,466	100,638	-1,214	-0,216	0,000	
50377	ljin D+0.7EX	Combination	5,606	0,163	117,583	0,572	0,167	0,000	
50377	ljin D+0.7EX	Combination	-11,735	-0,210	79,251	-0,505	-0,423	0,000	
50377	ljin D+0.7EY	Combination	-0,265	0,559	112,956	1,716	-0,035	0,000	
50377	ljin D+0.7EY	Combination	-5,864	-0,606	83,878	-1,648	-0,221	0,000	

TABLE: Joint Reactions								
Joint	OutputCase	CaseType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m
50377	Ijin 0.6D+0.7EX	Combination	6,832	0,172	78,216	0,559	0,219	0,000
50377	Ijin 0.6D+0.7EX	Combination	-10,509	-0,201	39,884	-0,518	-0,372	0,000
50377	Ijin 0.6D+0.7EY	Combination	0,961	0,568	73,590	1,702	0,016	0,000
50377	Ijin 0.6D+0.7EY	Combination	-4,638	-0,596	44,511	-1,661	-0,170	0,000
50385	Ijin D	Combination	0,172	-0,014	98,352	0,020	0,012	0,000
50385	Ijin D+L	Combination	0,151	-0,019	115,842	0,036	0,011	0,000
50385	Ijin D+0.75L+0.7EX	Combination	8,048	0,103	115,634	0,418	0,477	0,000
50385	Ijin D+0.75L+0.7EX	Combination	-7,735	-0,139	107,306	-0,354	-0,455	0,000
50385	Ijin D+0.75L+0.7EY	Combination	2,626	0,368	121,413	1,251	0,157	0,000
50385	Ijin D+0.75L+0.7EY	Combination	-2,313	-0,404	101,526	-1,187	-0,134	0,000
50385	Ijin D+0.7EX	Combination	10,694	0,147	103,904	0,535	0,633	0,000
50385	Ijin D+0.7EX	Combination	-10,350	-0,175	92,800	-0,494	-0,610	0,000
50385	Ijin D+0.7EY	Combination	3,465	0,500	111,610	1,646	0,206	0,000
50385	Ijin D+0.7EY	Combination	-3,121	-0,528	85,094	-1,605	-0,182	0,000
50385	Ijin 0.6D+0.7EX	Combination	10,625	0,153	64,563	0,526	0,628	0,000
50385	Ijin 0.6D+0.7EX	Combination	-10,419	-0,169	53,459	-0,502	-0,614	0,000
50385	Ijin 0.6D+0.7EY	Combination	3,396	0,506	72,269	1,637	0,201	0,000
50385	Ijin 0.6D+0.7EY	Combination	-3,190	-0,523	45,753	-1,613	-0,187	0,000
50393	Ijin D	Combination	3,263	-0,016	98,463	0,019	0,126	0,000
50393	Ijin D+L	Combination	3,808	-0,023	115,971	0,037	0,148	0,000
50393	Ijin D+0.75L+0.7EX	Combination	10,256	0,107	125,436	0,415	0,371	0,000
50393	Ijin D+0.75L+0.7EX	Combination	-2,912	-0,150	97,752	-0,350	-0,086	0,000
50393	Ijin D+0.75L+0.7EY	Combination	5,697	0,391	122,233	1,249	0,213	0,000
50393	Ijin D+0.75L+0.7EY	Combination	1,646	-0,434	100,955	-1,185	0,072	0,000
50393	Ijin D+0.7EX	Combination	12,042	0,155	116,920	0,529	0,431	0,000
50393	Ijin D+0.7EX	Combination	-5,516	-0,187	80,007	-0,490	-0,179	0,000
50393	Ijin D+0.7EY	Combination	5,964	0,534	112,649	1,642	0,220	0,000
50393	Ijin D+0.7EY	Combination	0,562	-0,566	84,278	-1,604	0,032	0,000
50393	Ijin 0.6D+0.7EX	Combination	10,737	0,162	77,534	0,521	0,381	0,000
50393	Ijin 0.6D+0.7EX	Combination	-6,821	-0,181	40,622	-0,498	-0,229	0,000
50393	Ijin 0.6D+0.7EY	Combination	4,659	0,541	73,263	1,634	0,169	0,000
50393	Ijin 0.6D+0.7EY	Combination	-0,743	-0,560	44,893	-1,611	-0,018	0,000
50401	Ijin D	Combination	6,600	-0,030	98,933	0,030	0,228	0,000
50401	Ijin D+L	Combination	7,716	-0,045	116,518	0,054	0,264	0,000
50401	Ijin D+0.75L+0.7EX	Combination	15,393	0,129	140,221	0,438	0,730	0,000
50401	Ijin D+0.75L+0.7EX	Combination	-0,519	-0,212	84,022	-0,343	-0,220	0,000
50401	Ijin D+0.75L+0.7EY	Combination	9,896	0,505	125,036	1,296	0,401	0,001
50401	Ijin D+0.75L+0.7EY	Combination	4,978	-0,588	99,208	-1,201	0,109	-0,001
50401	Ijin D+0.7EX	Combination	17,208	0,197	136,399	0,551	0,862	0,000
50401	Ijin D+0.7EX	Combination	-4,008	-0,257	61,467	-0,491	-0,405	0,000
50401	Ijin D+0.7EY	Combination	9,879	0,698	116,152	1,695	0,423	0,001
50401	Ijin D+0.7EY	Combination	3,322	-0,759	81,714	-1,634	0,034	-0,001
50401	Ijin 0.6D+0.7EX	Combination	14,568	0,209	96,826	0,539	0,770	0,000
50401	Ijin 0.6D+0.7EX	Combination	-6,648	-0,245	21,894	-0,503	-0,497	0,000
50401	Ijin 0.6D+0.7EY	Combination	7,239	0,711	76,579	1,683	0,331	0,001

TABLE: Joint Reactions									
Joint	OutputCase	CaseType	F1	F2	F3	M1	M2	M3	
Text	Text	Text	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m	
50401	ljin 0.6D+0.7EY	Combination	0,682	-0,747	42,141	-1,646	-0,058	-0,001	
50409	ljin D	Combination	10,409	-0,079	103,447	0,054	0,431	0,000	
50409	ljin D+L	Combination	12,250	-0,116	121,806	0,088	0,510	0,000	
50409	ljin D+0.75L+0.7EX	Combination	18,434	0,159	164,662	0,470	0,749	0,002	
50409	ljin D+0.75L+0.7EX	Combination	5,145	-0,372	69,770	-0,312	0,231	-0,001	
50409	ljin D+0.75L+0.7EY	Combination	13,982	0,740	134,695	1,331	0,579	0,006	
50409	ljin D+0.75L+0.7EY	Combination	9,597	-0,953	99,737	-1,172	0,401	-0,005	
50409	ljin D+0.7EX	Combination	19,269	0,276	166,709	0,575	0,777	0,003	
50409	ljin D+0.7EX	Combination	1,550	-0,433	40,185	-0,468	0,085	-0,002	
50409	ljin D+0.7EY	Combination	13,333	1,050	126,752	1,723	0,549	0,008	
50409	ljin D+0.7EY	Combination	7,485	-1,208	80,142	-1,615	0,313	-0,008	
50409	ljin 0.6D+0.7EX	Combination	15,105	0,307	125,330	0,554	0,605	0,003	
50409	ljin 0.6D+0.7EX	Combination	-2,614	-0,401	-1,194	-0,489	-0,087	-0,002	
50409	ljin 0.6D+0.7EY	Combination	9,169	1,082	85,373	1,701	0,377	0,008	
50409	ljin 0.6D+0.7EY	Combination	3,322	-1,176	38,763	-1,636	0,140	-0,008	
6145	ljin D	Combination	0,045	10,372	87,193	-21,142	-11,797	-0,032	
6145	ljin D+L	Combination	0,069	11,985	103,498	-25,386	-14,501	-0,013	
6145	ljin D+0.75L+0.7EX	Combination	0,863	23,107	125,236	-22,826	-12,841	1,190	
6145	ljin D+0.75L+0.7EX	Combination	-0,738	0,056	73,607	-25,825	-14,809	-1,225	
6145	ljin D+0.75L+0.7EY	Combination	1,271	46,379	154,096	-22,314	-10,896	0,734	
6145	ljin D+0.75L+0.7EY	Combination	-1,145	-23,216	44,748	-26,337	-16,754	-0,769	
6145	ljin D+0.7EX	Combination	1,112	25,739	121,612	-19,143	-10,484	1,578	
6145	ljin D+0.7EX	Combination	-1,023	-4,995	52,773	-23,142	-13,110	-1,642	
6145	ljin D+0.7EY	Combination	1,655	56,768	160,091	-18,460	-7,892	0,970	
6145	ljin D+0.7EY	Combination	-1,566	-36,025	14,294	-23,824	-15,702	-1,034	
6145	ljin 0.6D+0.7EX	Combination	1,094	21,590	86,735	-10,686	-5,766	1,591	
6145	ljin 0.6D+0.7EX	Combination	-1,041	-9,144	17,896	-14,685	-8,391	-1,629	
6145	ljin 0.6D+0.7EY	Combination	1,638	52,620	125,214	-10,003	-3,174	0,983	
6145	ljin 0.6D+0.7EY	Combination	-1,584	-40,173	-20,583	-15,367	-10,983	-1,021	
6249	ljin D	Combination	1,216	0,053	98,299	-0,642	12,528	0,569	
6249	ljin D+L	Combination	1,367	0,377	115,424	-0,767	15,593	0,645	
6249	ljin D+0.75L+0.7EX	Combination	40,598	15,019	146,355	-0,458	17,286	3,608	
6249	ljin D+0.75L+0.7EX	Combination	-37,939	-14,428	75,932	-1,014	12,367	-2,356	
6249	ljin D+0.75L+0.7EY	Combination	14,283	42,024	128,942	0,056	15,662	7,081	
6249	ljin D+0.75L+0.7EY	Combination	-11,624	-41,432	93,344	-1,528	13,991	-5,829	
6249	ljin D+0.7EX	Combination	53,574	19,684	145,248	-0,272	15,807	4,545	
6249	ljin D+0.7EX	Combination	-51,142	-19,579	51,350	-1,013	9,249	-3,407	
6249	ljin D+0.7EY	Combination	18,488	55,690	122,031	0,413	13,642	9,175	
6249	ljin D+0.7EY	Combination	-16,055	-55,585	74,567	-1,698	11,414	-8,037	
6249	ljin 0.6D+0.7EX	Combination	53,088	19,663	105,928	-0,015	10,796	4,317	
6249	ljin 0.6D+0.7EX	Combination	-51,628	-19,600	12,031	-0,756	4,238	-3,634	
6249	ljin 0.6D+0.7EY	Combination	18,001	55,669	82,711	0,670	8,631	8,948	
6249	ljin 0.6D+0.7EY	Combination	-16,541	-55,606	35,247	-1,441	6,403	-8,265	
40609	ljin D	Combination	0,231	11,264	93,564	-0,523	0,226	0,001	
40609	ljin D+L	Combination	0,278	13,101	108,727	-0,612	0,271	0,001	
40609	ljin D+0.75L+0.7EX	Combination	0,867	18,084	141,850	-0,382	1,157	0,005	
40609	ljin D+0.75L+0.7EX	Combination	-0,334	7,200	68,022	-0,797	-0,638	-0,002	

TABLE: Joint Reactions								
Joint	OutputCase	CaseType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m
40609	Ijin D+0.75L+0.7EY	Combination	0,460	23,640	179,087	-0,154	0,539	0,002
40609	Ijin D+0.75L+0.7EY	Combination	0,072	1,644	30,786	-1,025	-0,020	0,000
40609	Ijin D+0.7EX	Combination	1,031	18,521	142,783	-0,246	1,422	0,006
40609	Ijin D+0.7EX	Combination	-0,570	4,008	44,346	-0,800	-0,971	-0,004
40609	Ijin D+0.7EY	Combination	0,490	25,929	192,432	0,057	0,599	0,003
40609	Ijin D+0.7EY	Combination	-0,028	-3,400	-5,303	-1,104	-0,147	0,000
40609	Ijin 0.6D+0.7EX	Combination	0,939	14,015	105,357	-0,037	1,332	0,006
40609	Ijin 0.6D+0.7EX	Combination	-0,662	-0,498	6,920	-0,591	-1,061	-0,004
40609	Ijin 0.6D+0.7EY	Combination	0,397	21,423	155,006	0,266	0,509	0,002
40609	Ijin 0.6D+0.7EY	Combination	-0,120	-7,906	-42,729	-0,894	-0,237	-0,001
40623	Ijin D	Combination	0,031	8,337	87,072	-0,267	0,127	0,000
40623	Ijin D+L	Combination	0,034	9,650	101,213	-0,306	0,149	0,000
40623	Ijin D+0.75L+0.7EX	Combination	0,522	14,976	129,990	-0,036	1,106	0,001
40623	Ijin D+0.75L+0.7EX	Combination	-0,454	3,668	65,365	-0,556	-0,819	-0,001
40623	Ijin D+0.75L+0.7EY	Combination	0,184	21,741	152,368	0,343	0,439	0,000
40623	Ijin D+0.75L+0.7EY	Combination	-0,116	-3,097	42,987	-0,935	-0,152	0,000
40623	Ijin D+0.7EX	Combination	0,682	15,875	130,156	0,079	1,410	0,001
40623	Ijin D+0.7EX	Combination	-0,620	0,798	43,989	-0,613	-1,156	-0,001
40623	Ijin D+0.7EY	Combination	0,231	24,895	159,993	0,585	0,521	0,000
40623	Ijin D+0.7EY	Combination	-0,169	-8,222	14,152	-1,119	-0,266	0,000
40623	Ijin 0.6D+0.7EX	Combination	0,669	12,541	95,327	0,186	1,359	0,001
40623	Ijin 0.6D+0.7EX	Combination	-0,632	-2,537	9,160	-0,507	-1,207	-0,001
40623	Ijin 0.6D+0.7EY	Combination	0,219	21,561	125,164	0,692	0,470	0,000
40623	Ijin 0.6D+0.7EY	Combination	-0,181	-11,557	-20,677	-1,012	-0,317	0,000
40631	Ijin D	Combination	-0,065	6,637	85,344	-0,306	0,049	0,000
40631	Ijin D+L	Combination	-0,082	7,708	99,223	-0,357	0,053	0,000
40631	Ijin D+0.75L+0.7EX	Combination	0,349	12,346	126,756	-0,172	1,031	0,000
40631	Ijin D+0.75L+0.7EX	Combination	-0,505	2,535	64,751	-0,517	-0,926	0,000
40631	Ijin D+0.75L+0.7EY	Combination	0,052	18,524	138,145	0,062	0,350	0,000
40631	Ijin D+0.75L+0.7EY	Combination	-0,207	-3,644	53,362	-0,751	-0,245	0,000
40631	Ijin D+0.7EX	Combination	0,504	13,177	126,681	-0,076	1,354	0,000
40631	Ijin D+0.7EX	Combination	-0,634	0,096	44,008	-0,535	-1,255	0,000
40631	Ijin D+0.7EY	Combination	0,108	21,415	141,866	0,236	0,446	0,000
40631	Ijin D+0.7EY	Combination	-0,237	-8,142	28,823	-0,848	-0,348	0,000
40631	Ijin 0.6D+0.7EX	Combination	0,530	10,523	92,543	0,046	1,334	0,000
40631	Ijin 0.6D+0.7EX	Combination	-0,608	-2,558	9,870	-0,413	-1,275	0,000
40631	Ijin 0.6D+0.7EY	Combination	0,134	18,761	107,728	0,358	0,427	0,000
40631	Ijin 0.6D+0.7EY	Combination	-0,211	-10,796	-5,315	-0,725	-0,367	0,000
40639	Ijin D	Combination	-0,132	4,147	84,250	-0,118	-0,005	0,000
40639	Ijin D+L	Combination	-0,165	4,789	97,963	-0,134	-0,014	0,000
40639	Ijin D+0.75L+0.7EX	Combination	0,258	9,647	125,259	0,095	0,979	0,000
40639	Ijin D+0.75L+0.7EX	Combination	-0,571	-0,389	63,811	-0,355	-1,002	0,000
40639	Ijin D+0.75L+0.7EY	Combination	-0,031	16,798	126,889	0,462	0,289	0,000
40639	Ijin D+0.75L+0.7EY	Combination	-0,282	-7,540	62,181	-0,722	-0,312	0,000
40639	Ijin D+0.7EX	Combination	0,420	10,838	125,216	0,182	1,316	0,000
40639	Ijin D+0.7EX	Combination	-0,684	-2,544	43,285	-0,417	-1,325	0,000
40639	Ijin D+0.7EY	Combination	0,036	20,372	127,389	0,671	0,396	0,000

TABLE: Joint Reactions								
Joint	OutputCase	CaseType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m
40639	ljin D+0.7EY	Combination	-0,299	-12,078	41,112	-0,907	-0,405	0,000
40639	ljin 0.6D+0.7EX	Combination	0,473	9,179	91,516	0,229	1,318	0,000
40639	ljin 0.6D+0.7EX	Combination	-0,631	-4,203	9,585	-0,370	-1,323	0,000
40639	ljin 0.6D+0.7EY	Combination	0,088	18,713	93,689	0,718	0,398	0,000
40639	ljin 0.6D+0.7EY	Combination	-0,247	-13,737	7,412	-0,859	-0,403	0,000
40647	ljin D	Combination	-0,175	3,028	83,424	-0,153	-0,031	0,000
40647	ljin D+L	Combination	-0,218	3,514	97,014	-0,178	-0,048	0,000
40647	ljin D+0.75L+0.7EX	Combination	0,207	8,018	124,733	-0,006	0,959	0,000
40647	ljin D+0.75L+0.7EX	Combination	-0,621	-1,233	62,500	-0,338	-1,047	0,000
40647	ljin D+0.75L+0.7EY	Combination	-0,081	14,871	117,416	0,259	0,260	0,000
40647	ljin D+0.75L+0.7EY	Combination	-0,334	-8,086	69,817	-0,604	-0,348	0,000
40647	ljin D+0.7EX	Combination	0,377	9,195	124,913	0,068	1,306	0,000
40647	ljin D+0.7EX	Combination	-0,727	-3,139	41,936	-0,374	-1,369	0,000
40647	ljin D+0.7EY	Combination	-0,007	18,333	115,157	0,422	0,373	0,000
40647	ljin D+0.7EY	Combination	-0,344	-12,277	51,692	-0,728	-0,436	0,000
40647	ljin 0.6D+0.7EX	Combination	0,447	7,984	91,543	0,129	1,318	0,000
40647	ljin 0.6D+0.7EX	Combination	-0,657	-4,350	8,566	-0,313	-1,356	0,000
40647	ljin 0.6D+0.7EY	Combination	0,063	17,122	81,787	0,484	0,386	0,000
40647	ljin 0.6D+0.7EY	Combination	-0,274	-13,488	18,322	-0,667	-0,424	0,000
40661	ljin D	Combination	-0,169	-0,144	94,669	-0,022	0,046	0,000
40661	ljin D+L	Combination	-0,214	-0,158	110,130	-0,025	0,038	0,000
40661	ljin D+0.75L+0.7EX	Combination	0,249	5,146	145,233	0,163	1,237	0,001
40661	ljin D+0.75L+0.7EX	Combination	-0,654	-5,455	67,297	-0,212	-1,157	0,000
40661	ljin D+0.75L+0.7EY	Combination	-0,063	13,570	119,286	0,488	0,403	0,000
40661	ljin D+0.75L+0.7EY	Combination	-0,341	-13,879	93,243	-0,537	-0,323	0,000
40661	ljin D+0.7EX	Combination	0,433	6,924	146,627	0,228	1,642	0,001
40661	ljin D+0.7EX	Combination	-0,771	-7,211	42,712	-0,272	-1,549	0,000
40661	ljin D+0.7EY	Combination	0,017	18,155	112,031	0,662	0,530	0,000
40661	ljin D+0.7EY	Combination	-0,354	-18,442	77,307	-0,705	-0,437	0,000
40661	ljin 0.6D+0.7EX	Combination	0,501	6,982	108,759	0,237	1,624	0,001
40661	ljin 0.6D+0.7EX	Combination	-0,703	-7,154	4,844	-0,263	-1,568	0,000
40661	ljin 0.6D+0.7EY	Combination	0,084	18,213	74,164	0,670	0,512	0,000
40661	ljin 0.6D+0.7EY	Combination	-0,287	-18,385	39,440	-0,697	-0,456	0,000
40669	ljin D	Combination	-0,041	-2,201	93,763	0,089	0,200	0,000
40669	ljin D+L	Combination	-0,062	-2,519	109,105	0,100	0,219	0,001
40669	ljin D+0.75L+0.7EX	Combination	0,377	3,056	146,949	0,322	1,462	0,001
40669	ljin D+0.75L+0.7EX	Combination	-0,490	-7,935	63,590	-0,127	-1,034	0,000
40669	ljin D+0.75L+0.7EY	Combination	0,075	11,984	119,731	0,729	0,597	0,001
40669	ljin D+0.75L+0.7EY	Combination	-0,187	-16,862	90,808	-0,535	-0,169	0,000
40669	ljin D+0.7EX	Combination	0,537	5,127	149,335	0,388	1,865	0,001
40669	ljin D+0.7EX	Combination	-0,619	-9,528	38,190	-0,210	-1,464	0,000
40669	ljin D+0.7EY	Combination	0,134	17,030	113,045	0,931	0,712	0,001
40669	ljin D+0.7EY	Combination	-0,215	-21,431	74,480	-0,754	-0,311	0,000
40669	ljin 0.6D+0.7EX	Combination	0,553	6,007	111,830	0,352	1,785	0,001
40669	ljin 0.6D+0.7EX	Combination	-0,602	-8,648	0,685	-0,246	-1,544	-0,001
40669	ljin 0.6D+0.7EY	Combination	0,150	17,910	75,540	0,896	0,631	0,001
40669	ljin 0.6D+0.7EY	Combination	-0,199	-20,551	36,975	-0,789	-0,391	0,000

TABLE: Joint Reactions								
Joint	OutputCase	CaseType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m
40677	Ijin D	Combination	0,212	-3,990	93,004	0,136	0,475	0,002
40677	Ijin D+L	Combination	0,237	-4,624	108,245	0,159	0,541	0,002
40677	Ijin D+0.75L+0.7EX	Combination	0,706	0,867	149,903	0,349	1,912	0,004
40677	Ijin D+0.75L+0.7EX	Combination	-0,245	-9,798	58,966	-0,043	-0,863	0,000
40677	Ijin D+0.75L+0.7EY	Combination	0,393	9,367	126,877	0,697	0,971	0,003
40677	Ijin D+0.75L+0.7EY	Combination	0,068	-18,297	81,992	-0,390	0,078	0,001
40677	Ijin D+0.7EX	Combination	0,847	3,120	153,629	0,397	2,326	0,005
40677	Ijin D+0.7EX	Combination	-0,422	-11,100	32,379	-0,125	-1,375	-0,001
40677	Ijin D+0.7EY	Combination	0,429	14,453	122,927	0,860	1,071	0,003
40677	Ijin D+0.7EY	Combination	-0,004	-22,432	63,081	-0,589	-0,120	0,000
40677	Ijin 0.6D+0.7EX	Combination	0,762	4,716	116,427	0,343	2,136	0,004
40677	Ijin 0.6D+0.7EX	Combination	-0,507	-9,504	-4,823	-0,180	-1,565	-0,002
40677	Ijin 0.6D+0.7EY	Combination	0,344	16,049	85,725	0,806	0,880	0,002
40677	Ijin 0.6D+0.7EY	Combination	-0,089	-20,836	25,879	-0,643	-0,310	0,000
40685	Ijin D	Combination	0,900	-6,029	92,876	0,228	1,008	0,008
40685	Ijin D+L	Combination	1,041	-6,972	108,107	0,262	1,163	0,009
40685	Ijin D+0.75L+0.7EX	Combination	1,890	-1,365	155,274	0,463	2,905	0,017
40685	Ijin D+0.75L+0.7EX	Combination	0,122	-12,108	53,325	0,044	-0,658	0,000
40685	Ijin D+0.75L+0.7EY	Combination	1,468	7,231	137,969	0,858	1,760	0,012
40685	Ijin D+0.75L+0.7EY	Combination	0,544	-20,704	70,630	-0,351	0,487	0,005
40685	Ijin D+0.7EX	Combination	2,078	1,133	160,842	0,507	3,383	0,019
40685	Ijin D+0.7EX	Combination	-0,278	-13,191	24,911	-0,051	-1,367	-0,004
40685	Ijin D+0.7EY	Combination	1,517	12,595	137,769	1,035	1,856	0,012
40685	Ijin D+0.7EY	Combination	0,284	-24,653	47,984	-0,578	0,159	0,003
40685	Ijin 0.6D+0.7EX	Combination	1,718	3,545	123,692	0,416	2,980	0,016
40685	Ijin 0.6D+0.7EX	Combination	-0,638	-10,779	-12,240	-0,142	-1,770	-0,007
40685	Ijin 0.6D+0.7EY	Combination	1,156	15,007	100,618	0,943	1,453	0,009
40685	Ijin 0.6D+0.7EY	Combination	-0,076	-22,241	10,833	-0,670	-0,244	0,000
40693	Ijin D	Combination	4,814	-6,993	97,554	0,312	2,084	-0,027
40693	Ijin D+L	Combination	5,591	-8,139	113,528	0,364	2,415	-0,032
40693	Ijin D+0.75L+0.7EX	Combination	9,852	-2,679	171,166	0,567	5,148	-0,009
40693	Ijin D+0.75L+0.7EX	Combination	0,942	-13,026	47,902	0,135	-0,483	-0,052
40693	Ijin D+0.75L+0.7EY	Combination	7,763	4,642	159,917	0,949	3,424	-0,015
40693	Ijin D+0.75L+0.7EY	Combination	3,031	-20,347	59,152	-0,247	1,241	-0,046
40693	Ijin D+0.7EX	Combination	10,753	-0,095	179,730	0,600	5,838	0,002
40693	Ijin D+0.7EX	Combination	-1,126	-13,891	15,378	0,024	-1,671	-0,056
40693	Ijin D+0.7EY	Combination	7,968	9,666	164,731	1,109	3,540	-0,007
40693	Ijin D+0.7EY	Combination	1,659	-23,652	30,378	-0,486	0,628	-0,048
40693	Ijin 0.6D+0.7EX	Combination	8,828	2,702	140,708	0,475	5,005	0,013
40693	Ijin 0.6D+0.7EX	Combination	-3,052	-11,094	-23,644	-0,101	-2,504	-0,045
40693	Ijin 0.6D+0.7EY	Combination	6,042	12,464	125,709	0,985	2,706	0,004
40693	Ijin 0.6D+0.7EY	Combination	-0,266	-20,855	-8,644	-0,610	-0,205	-0,037
6139	Ijin D	Combination	18,654	-18,684	126,486	16,012	9,057	0,179
6139	Ijin D+L	Combination	21,614	-21,860	151,795	25,625	12,369	0,097
6139	Ijin D+0.75L+0.7EX	Combination	85,468	1,232	224,103	24,324	13,960	4,007
6139	Ijin D+0.75L+0.7EX	Combination	-43,720	-43,364	66,833	22,119	9,122	-3,773
6139	Ijin D+0.75L+0.7EY	Combination	40,545	45,239	218,319	25,790	13,585	6,036

TABLE: Joint Reactions								
Joint	OutputCase	CaseType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m
6139	ljin D+0.75L+0.7EY	Combination	1,203	-87,370	72,617	20,653	9,497	-5,802
6139	ljin D+0.7EX	Combination	104,779	11,047	231,333	17,483	12,283	5,365
6139	ljin D+0.7EX	Combination	-67,471	-48,414	21,639	14,542	5,832	-5,008
6139	ljin D+0.7EY	Combination	44,881	69,723	223,622	19,437	11,782	8,070
6139	ljin D+0.7EY	Combination	-7,574	-107,089	29,351	12,588	6,332	-7,713
6139	ljin 0.6D+0.7EX	Combination	97,317	18,520	180,739	11,078	8,660	5,294
6139	ljin 0.6D+0.7EX	Combination	-74,933	-40,941	-28,955	8,137	2,209	-5,080
6139	ljin 0.6D+0.7EY	Combination	37,420	77,196	173,027	13,032	8,159	7,999
6139	ljin 0.6D+0.7EY	Combination	-15,036	-99,616	-21,244	6,183	2,709	-7,785
6142	ljin D	Combination	3,502	1,335	99,640	7,363	0,549	-0,270
6142	ljin D+L	Combination	4,121	1,620	118,430	7,384	0,728	-0,356
6142	ljin D+0.75L+0.7EX	Combination	44,750	12,796	130,117	8,947	1,544	5,471
6142	ljin D+0.75L+0.7EX	Combination	-36,818	-9,699	97,348	5,810	-0,178	-6,140
6142	ljin D+0.75L+0.7EY	Combination	16,296	35,373	154,796	10,601	0,979	1,430
6142	ljin D+0.75L+0.7EY	Combination	-8,364	-32,275	72,669	4,156	0,388	-2,099
6142	ljin D+0.7EX	Combination	57,881	16,332	121,486	9,454	1,697	7,470
6142	ljin D+0.7EX	Combination	-50,878	-13,661	77,795	5,272	-0,599	-8,011
6142	ljin D+0.7EY	Combination	19,941	46,434	154,391	11,659	0,943	2,083
6142	ljin D+0.7EY	Combination	-12,938	-43,764	44,889	3,067	0,154	-2,623
6142	ljin 0.6D+0.7EX	Combination	56,480	15,797	81,629	6,509	1,477	7,578
6142	ljin 0.6D+0.7EX	Combination	-52,278	-14,195	37,939	2,327	-0,819	-7,903
6142	ljin 0.6D+0.7EY	Combination	18,541	45,900	114,535	8,714	0,724	2,191
6142	ljin 0.6D+0.7EY	Combination	-14,339	-44,298	5,033	0,122	-0,065	-2,515
43748	ljin D	Combination	4,026	0,172	89,436	0,062	0,151	0,000
43748	ljin D+L	Combination	4,587	0,200	104,026	0,072	0,173	0,000
43748	ljin D+0.75L+0.7EX	Combination	21,147	0,351	121,301	0,502	0,811	0,000
43748	ljin D+0.75L+0.7EX	Combination	-12,254	0,035	79,455	-0,364	-0,476	0,000
43748	ljin D+0.75L+0.7EY	Combination	9,531	0,690	142,071	1,402	0,363	0,000
43748	ljin D+0.75L+0.7EY	Combination	-0,638	-0,304	58,686	-1,264	-0,028	0,000
43748	ljin D+0.7EX	Combination	26,293	0,383	117,333	0,639	1,009	0,000
43748	ljin D+0.7EX	Combination	-18,240	-0,039	61,538	-0,515	-0,707	0,000
43748	ljin D+0.7EY	Combination	10,805	0,835	145,025	1,839	0,412	0,000
43748	ljin D+0.7EY	Combination	-2,753	-0,490	33,846	-1,715	-0,110	0,000
43748	ljin 0.6D+0.7EX	Combination	24,683	0,314	81,559	0,615	0,949	0,000
43748	ljin 0.6D+0.7EX	Combination	-19,851	-0,108	25,764	-0,540	-0,767	0,000
43748	ljin 0.6D+0.7EY	Combination	9,195	0,766	109,251	1,814	0,351	0,000
43748	ljin 0.6D+0.7EY	Combination	-4,363	-0,559	-1,929	-1,740	-0,170	0,000
43750	ljin D	Combination	5,406	0,084	89,317	0,141	0,193	0,000
43750	ljin D+L	Combination	6,176	0,097	103,925	0,164	0,220	0,000
43750	ljin D+0.75L+0.7EX	Combination	22,945	0,254	127,260	0,607	0,896	0,000
43750	ljin D+0.75L+0.7EX	Combination	-10,978	-0,066	73,286	-0,291	-0,470	-0,001
43750	ljin D+0.75L+0.7EY	Combination	11,192	0,566	143,061	1,496	0,422	0,000
43750	ljin D+0.75L+0.7EY	Combination	0,775	-0,378	57,485	-1,180	0,005	-0,001
43750	ljin D+0.7EX	Combination	28,020	0,297	125,300	0,740	1,104	0,000
43750	ljin D+0.7EX	Combination	-17,209	-0,130	53,334	-0,458	-0,717	-0,001
43750	ljin D+0.7EY	Combination	12,350	0,713	146,368	1,926	0,471	0,000
43750	ljin D+0.7EY	Combination	-1,539	-0,546	32,266	-1,643	-0,084	-0,001

TABLE: Joint Reactions								
Joint	OutputCase	CaseType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m
43750	Ijin 0.6D+0.7EX	Combination	25,858	0,264	89,573	0,684	1,027	0,000
43750	Ijin 0.6D+0.7EX	Combination	-19,372	-0,163	17,607	-0,514	-0,794	-0,001
43750	Ijin 0.6D+0.7EY	Combination	10,188	0,680	110,641	1,869	0,394	0,001
43750	Ijin 0.6D+0.7EY	Combination	-3,701	-0,579	-3,461	-1,700	-0,162	-0,001
43752	Ijin D	Combination	7,074	-0,161	89,340	0,364	0,266	-0,002
43752	Ijin D+L	Combination	8,141	-0,187	103,979	0,423	0,307	-0,002
43752	Ijin D+0.75L+0.7EX	Combination	24,550	0,043	134,613	0,921	0,952	-0,001
43752	Ijin D+0.75L+0.7EX	Combination	-8,801	-0,404	66,026	-0,104	-0,358	-0,003
43752	Ijin D+0.75L+0.7EY	Combination	13,056	0,322	145,290	1,838	0,498	0,000
43752	Ijin D+0.75L+0.7EY	Combination	2,693	-0,683	55,349	-1,021	0,096	-0,004
43752	Ijin D+0.7EX	Combination	29,308	0,137	135,065	1,048	1,139	0,000
43752	Ijin D+0.7EX	Combination	-15,160	-0,459	43,616	-0,319	-0,607	-0,003
43752	Ijin D+0.7EY	Combination	13,983	0,509	149,302	2,270	0,535	0,001
43752	Ijin D+0.7EY	Combination	0,166	-0,831	29,379	-1,541	-0,002	-0,004
43752	Ijin 0.6D+0.7EX	Combination	26,479	0,201	99,329	0,902	1,033	0,000
43752	Ijin 0.6D+0.7EX	Combination	-17,989	-0,394	7,880	-0,465	-0,714	-0,002
43752	Ijin 0.6D+0.7EY	Combination	11,153	0,573	113,565	2,124	0,428	0,002
43752	Ijin 0.6D+0.7EY	Combination	-2,664	-0,766	-6,357	-1,687	-0,109	-0,003
43754	Ijin D	Combination	8,754	-0,849	89,953	0,838	0,326	-0,006
43754	Ijin D+L	Combination	10,094	-0,988	104,701	0,974	0,375	-0,007
43754	Ijin D+0.75L+0.7EX	Combination	26,338	-0,382	144,292	1,637	1,039	-0,004
43754	Ijin D+0.75L+0.7EX	Combination	-6,820	-1,525	57,735	0,243	-0,312	-0,010
43754	Ijin D+0.75L+0.7EY	Combination	14,957	-0,086	149,786	2,678	0,570	0,000
43754	Ijin D+0.75L+0.7EY	Combination	4,561	-1,821	52,242	-0,799	0,156	-0,014
43754	Ijin D+0.7EX	Combination	30,859	-0,087	147,657	1,767	1,227	-0,002
43754	Ijin D+0.7EX	Combination	-13,352	-1,611	32,248	-0,092	-0,574	-0,010
43754	Ijin D+0.7EY	Combination	15,685	0,308	154,982	3,155	0,603	0,003
43754	Ijin D+0.7EY	Combination	1,823	-2,006	24,924	-1,480	0,050	-0,016
43754	Ijin 0.6D+0.7EX	Combination	27,358	0,253	111,676	1,432	1,096	0,000
43754	Ijin 0.6D+0.7EX	Combination	-16,853	-1,272	-3,733	-0,427	-0,705	-0,008
43754	Ijin 0.6D+0.7EY	Combination	12,183	0,647	119,001	2,820	0,472	0,006
43754	Ijin 0.6D+0.7EY	Combination	-1,679	-1,666	-11,057	-1,815	-0,081	-0,013
43756	Ijin D	Combination	9,448	-4,465	95,381	1,777	0,422	0,026
43756	Ijin D+L	Combination	10,940	-5,194	110,994	2,066	0,489	0,030
43756	Ijin D+0.75L+0.7EX	Combination	25,625	-2,547	164,751	3,096	1,172	0,045
43756	Ijin D+0.75L+0.7EX	Combination	-4,490	-7,476	49,431	0,891	-0,227	0,012
43756	Ijin D+0.75L+0.7EY	Combination	15,456	-1,061	164,353	4,566	0,691	0,048
43756	Ijin D+0.75L+0.7EY	Combination	5,678	-8,963	49,828	-0,579	0,254	0,009
43756	Ijin D+0.7EX	Combination	29,525	-1,179	172,261	3,247	1,355	0,048
43756	Ijin D+0.7EX	Combination	-10,628	-7,751	18,501	0,307	-0,511	0,004
43756	Ijin D+0.7EY	Combination	15,967	0,804	171,731	5,207	0,713	0,052
43756	Ijin D+0.7EY	Combination	2,930	-9,733	19,031	-1,653	0,131	0,000
43756	Ijin 0.6D+0.7EX	Combination	25,746	0,607	134,109	2,536	1,186	0,037
43756	Ijin 0.6D+0.7EX	Combination	-14,408	-5,965	-19,652	-0,404	-0,680	-0,007
43756	Ijin 0.6D+0.7EY	Combination	12,188	2,589	133,579	4,496	0,544	0,041
43756	Ijin 0.6D+0.7EY	Combination	-0,850	-7,947	-19,122	-2,364	-0,038	-0,011
43845	Ijin D	Combination	0,323	-3,317	84,898	1,311	0,006	-0,016

TABLE: Joint Reactions								
Joint	OutputCase	CaseType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m
43845	ljin D+L	Combination	0,316	-3,833	98,573	1,514	0,005	-0,019
43845	ljin D+0.75L+0.7EX	Combination	14,334	-2,498	111,243	2,194	0,620	-0,012
43845	ljin D+0.75L+0.7EX	Combination	-13,699	-4,910	79,065	0,733	-0,610	-0,025
43845	ljin D+0.75L+0.7EY	Combination	4,571	0,070	139,815	3,773	0,191	-0,001
43845	ljin D+0.75L+0.7EY	Combination	-3,936	-7,477	50,493	-0,847	-0,181	-0,036
43845	ljin D+0.7EX	Combination	19,011	-1,709	106,349	2,285	0,825	-0,008
43845	ljin D+0.7EX	Combination	-18,366	-4,924	63,446	0,337	-0,814	-0,025
43845	ljin D+0.7EY	Combination	5,994	1,715	144,446	4,391	0,254	0,007
43845	ljin D+0.7EY	Combination	-5,349	-8,348	25,349	-1,770	-0,242	-0,040
43845	ljin 0.6D+0.7EX	Combination	18,882	-0,382	72,390	1,760	0,823	-0,001
43845	ljin 0.6D+0.7EX	Combination	-18,495	-3,598	29,487	-0,188	-0,816	-0,018
43845	ljin 0.6D+0.7EY	Combination	5,865	3,041	110,487	3,867	0,251	0,013
43845	ljin 0.6D+0.7EY	Combination	-5,478	-7,021	-8,610	-2,294	-0,244	-0,033
43847	ljin D	Combination	0,749	-0,705	83,725	0,640	0,021	0,003
43847	ljin D+L	Combination	0,797	-0,814	97,262	0,739	0,022	0,004
43847	ljin D+0.75L+0.7EX	Combination	15,710	-0,426	106,974	1,250	0,617	0,005
43847	ljin D+0.75L+0.7EX	Combination	-14,140	-1,148	80,782	0,179	-0,573	0,002
43847	ljin D+0.75L+0.7EY	Combination	5,289	0,338	134,728	2,410	0,202	0,007
43847	ljin D+0.75L+0.7EY	Combination	-3,718	-1,912	53,027	-0,981	-0,158	0,000
43847	ljin D+0.7EX	Combination	20,649	-0,224	101,186	1,354	0,815	0,005
43847	ljin D+0.7EX	Combination	-19,151	-1,186	66,264	-0,074	-0,772	0,002
43847	ljin D+0.7EY	Combination	6,754	0,795	138,192	2,901	0,262	0,008
43847	ljin D+0.7EY	Combination	-5,256	-2,205	29,257	-1,621	-0,219	-0,002
43847	ljin 0.6D+0.7EX	Combination	20,349	0,058	67,696	1,098	0,807	0,003
43847	ljin 0.6D+0.7EX	Combination	-19,450	-0,904	32,774	-0,330	-0,781	0,000
43847	ljin 0.6D+0.7EY	Combination	6,454	1,077	104,702	2,645	0,253	0,007
43847	ljin 0.6D+0.7EY	Combination	-5,555	-1,923	-4,233	-1,877	-0,227	-0,003
43849	ljin D	Combination	1,591	-0,093	83,470	0,273	0,061	0,001
43849	ljin D+L	Combination	1,769	-0,107	97,009	0,316	0,068	0,001
43849	ljin D+0.75L+0.7EX	Combination	16,928	0,092	106,439	0,751	0,667	0,002
43849	ljin D+0.75L+0.7EX	Combination	-13,480	-0,299	80,810	-0,141	-0,534	0,001
43849	ljin D+0.75L+0.7EY	Combination	6,312	0,513	132,855	1,709	0,248	0,003
43849	ljin D+0.75L+0.7EY	Combination	-2,863	-0,719	54,394	-1,099	-0,115	0,000
43849	ljin D+0.7EX	Combination	21,862	0,168	100,556	0,868	0,861	0,002
43849	ljin D+0.7EX	Combination	-18,681	-0,353	66,385	-0,321	-0,740	0,000
43849	ljin D+0.7EY	Combination	7,707	0,728	135,778	2,145	0,302	0,003
43849	ljin D+0.7EY	Combination	-4,526	-0,914	31,163	-1,599	-0,181	-0,001
43849	ljin 0.6D+0.7EX	Combination	21,226	0,205	67,168	0,759	0,837	0,001
43849	ljin 0.6D+0.7EX	Combination	-19,317	-0,316	32,996	-0,431	-0,764	0,000
43849	ljin 0.6D+0.7EY	Combination	7,071	0,766	102,390	2,036	0,278	0,003
43849	ljin 0.6D+0.7EY	Combination	-5,162	-0,877	-2,225	-1,708	-0,205	-0,001
6138	ljin D	Combination	-13,485	3,012	80,713	12,325	-11,516	0,214
6138	ljin D+L	Combination	-15,199	3,446	97,303	13,990	-15,669	0,222
6138	ljin D+0.75L+0.7EX	Combination	58,950	20,153	154,633	14,745	-13,713	5,712
6138	ljin D+0.75L+0.7EX	Combination	-88,492	-13,477	31,678	12,403	-15,548	-5,272

TABLE: Joint Reactions								
Joint	OutputCase	CaseType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m
6138	Ijin D+0.75L+0.7EY	Combination	7,784	57,759	125,620	15,472	-13,997	3,963
6138	Ijin D+0.75L+0.7EY	Combination	-37,325	-51,083	60,691	11,676	-15,265	-3,523
6138	Ijin D+0.7EX	Combination	84,810	25,432	162,684	13,886	-10,292	7,537
6138	Ijin D+0.7EX	Combination	-111,780	-19,408	-1,257	10,764	-12,739	-7,109
6138	Ijin D+0.7EY	Combination	16,588	75,574	123,999	14,855	-10,670	5,205
6138	Ijin D+0.7EY	Combination	-43,558	-69,549	37,427	9,794	-12,361	-4,777
6138	Ijin 0.6D+0.7EX	Combination	90,204	24,227	130,398	8,956	-5,686	7,451
6138	Ijin 0.6D+0.7EX	Combination	-106,386	-20,613	-33,542	5,834	-8,133	-7,195
6138	Ijin 0.6D+0.7EY	Combination	21,982	74,369	91,714	9,925	-6,064	5,120
6138	Ijin 0.6D+0.7EY	Combination	-38,164	-70,754	5,142	4,864	-7,754	-4,863
6168	Ijin D	Combination	-1,931	-17,821	142,439	2,012	1,510	-0,015
6168	Ijin D+L	Combination	-2,242	-20,545	165,287	2,310	1,790	-0,012
6168	Ijin D+0.75L+0.7EX	Combination	16,283	-13,959	191,763	3,261	3,743	0,178
6168	Ijin D+0.75L+0.7EX	Combination	-20,612	-25,769	127,387	1,210	-0,302	-0,203
6168	Ijin D+0.75L+0.7EY	Combination	4,640	-1,198	239,699	5,407	2,688	0,076
6168	Ijin D+0.75L+0.7EY	Combination	-8,969	-38,529	79,450	-0,936	0,753	-0,101
6168	Ijin D+0.7EX	Combination	22,666	-9,948	185,357	3,380	4,207	0,239
6168	Ijin D+0.7EX	Combination	-26,528	-25,695	99,522	0,644	-1,187	-0,268
6168	Ijin D+0.7EY	Combination	7,142	7,066	249,272	6,241	2,801	0,104
6168	Ijin D+0.7EY	Combination	-11,004	-42,709	35,606	-2,217	0,220	-0,133
6168	Ijin 0.6D+0.7EX	Combination	23,438	-2,819	128,381	2,575	3,603	0,245
6168	Ijin 0.6D+0.7EX	Combination	-25,756	-18,566	42,546	-0,160	-1,791	-0,262
6168	Ijin 0.6D+0.7EY	Combination	7,914	14,194	192,297	5,436	2,196	0,110
6168	Ijin 0.6D+0.7EY	Combination	-10,232	-35,580	-21,369	-3,022	-0,384	-0,127
43794	Ijin D	Combination	-12,219	0,246	98,887	-0,187	-0,536	0,001
43794	Ijin D+L	Combination	-14,218	0,293	114,928	-0,225	-0,631	0,001
43794	Ijin D+0.75L+0.7EX	Combination	0,133	0,597	195,918	0,247	-0,032	0,004
43794	Ijin D+0.75L+0.7EX	Combination	-27,570	-0,034	25,917	-0,678	-1,182	-0,001
43794	Ijin D+0.75L+0.7EY	Combination	-5,452	1,301	159,668	1,283	-0,277	0,009
43794	Ijin D+0.75L+0.7EY	Combination	-21,985	-0,738	62,168	-1,714	-0,937	-0,007
43794	Ijin D+0.7EX	Combination	6,249	0,666	212,221	0,429	0,231	0,004
43794	Ijin D+0.7EX	Combination	-30,688	-0,174	-14,447	-0,804	-1,303	-0,002
43794	Ijin D+0.7EY	Combination	-1,197	1,606	163,887	1,810	-0,096	0,012
43794	Ijin D+0.7EY	Combination	-23,242	-1,114	33,887	-2,185	-0,977	-0,009
43794	Ijin 0.6D+0.7EX	Combination	11,137	0,568	172,666	0,504	0,445	0,004
43794	Ijin 0.6D+0.7EX	Combination	-25,800	-0,273	-54,002	-0,729	-1,089	-0,003
43794	Ijin 0.6D+0.7EY	Combination	3,691	1,507	124,332	1,885	0,119	0,011
43794	Ijin 0.6D+0.7EY	Combination	-18,354	-1,212	-5,668	-2,110	-0,762	-0,010
43796	Ijin D	Combination	-8,652	-0,068	93,424	0,054	-0,262	-0,001
43796	Ijin D+L	Combination	-9,953	-0,075	108,581	0,057	-0,295	-0,001
43796	Ijin D+0.75L+0.7EX	Combination	4,908	0,108	167,551	0,507	0,370	-0,001
43796	Ijin D+0.75L+0.7EX	Combination	-24,163	-0,254	42,033	-0,395	-0,943	-0,001
43796	Ijin D+0.75L+0.7EY	Combination	-1,466	0,490	148,150	1,493	0,030	0,000
43796	Ijin D+0.75L+0.7EY	Combination	-17,790	-0,635	61,434	-1,381	-0,603	-0,002
43796	Ijin D+0.7EX	Combination	10,730	0,174	177,102	0,655	0,614	0,000
43796	Ijin D+0.7EX	Combination	-28,033	-0,309	9,745	-0,547	-1,138	-0,001
43796	Ijin D+0.7EY	Combination	2,231	0,682	151,234	1,970	0,159	0,001

TABLE: Joint Reactions								
Joint	OutputCase	CaseType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m
43796	ljin D+0.7EY	Combination	-19,534	-0,818	35,613	-1,862	-0,684	-0,002
43796	ljin 0.6D+0.7EX	Combination	14,190	0,201	139,733	0,633	0,718	0,000
43796	ljin 0.6D+0.7EX	Combination	-24,572	-0,282	-27,624	-0,569	-1,033	-0,001
43796	ljin 0.6D+0.7EY	Combination	5,692	0,709	113,865	1,948	0,264	0,001
43796	ljin 0.6D+0.7EY	Combination	-16,074	-0,791	-1,757	-1,884	-0,579	-0,002
43798	ljin D	Combination	-6,835	-0,274	92,699	0,310	-0,291	-0,001
43798	ljin D+L	Combination	-7,928	-0,315	107,708	0,354	-0,343	-0,002
43798	ljin D+0.75L+0.7EX	Combination	6,041	-0,122	153,000	0,811	0,203	-0,001
43798	ljin D+0.75L+0.7EX	Combination	-21,350	-0,488	54,912	-0,125	-0,864	-0,002
43798	ljin D+0.75L+0.7EY	Combination	0,058	0,138	146,718	1,783	-0,047	0,000
43798	ljin D+0.75L+0.7EY	Combination	-15,368	-0,749	61,194	-1,097	-0,613	-0,003
43798	ljin D+0.7EX	Combination	11,425	-0,030	158,091	0,934	0,420	-0,001
43798	ljin D+0.7EX	Combination	-25,096	-0,518	27,306	-0,315	-1,002	-0,002
43798	ljin D+0.7EY	Combination	3,449	0,317	149,715	2,230	0,086	0,001
43798	ljin D+0.7EY	Combination	-17,119	-0,866	35,683	-1,611	-0,668	-0,003
43798	ljin 0.6D+0.7EX	Combination	14,159	0,080	121,012	0,810	0,536	0,000
43798	ljin 0.6D+0.7EX	Combination	-22,362	-0,409	-9,773	-0,438	-0,886	-0,002
43798	ljin 0.6D+0.7EY	Combination	6,183	0,427	112,635	2,106	0,202	0,001
43798	ljin 0.6D+0.7EY	Combination	-14,385	-0,756	-1,397	-1,734	-0,552	-0,003
43800	ljin D	Combination	-4,466	-0,748	98,748	0,697	-0,122	-0,005
43800	ljin D+L	Combination	-5,118	-0,863	107,731	0,803	-0,136	-0,006
43800	ljin D+0.75L+0.7EX	Combination	9,239	-0,447	142,011	1,347	0,464	-0,004
43800	ljin D+0.75L+0.7EX	Combination	-19,149	-1,223	65,960	0,206	-0,728	-0,007
43800	ljin D+0.75L+0.7EY	Combination	2,593	-0,039	148,176	2,461	0,138	0,000
43800	ljin D+0.75L+0.7EY	Combination	-12,503	-1,631	59,795	-0,909	-0,403	-0,010
43800	ljin D+0.7EX	Combination	14,459	-0,231	143,449	1,458	0,672	-0,003
43800	ljin D+0.7EX	Combination	-23,391	-1,266	42,047	-0,064	-0,917	-0,007
43800	ljin D+0.7EY	Combination	5,598	0,313	151,669	2,943	0,238	0,002
43800	ljin D+0.7EY	Combination	-14,530	-1,810	33,827	-1,550	-0,482	-0,011
43800	ljin 0.6D+0.7EX	Combination	16,246	0,068	106,349	1,179	0,721	-0,001
43800	ljin 0.6D+0.7EX	Combination	-21,605	-0,966	4,948	-0,343	-0,868	-0,005
43800	ljin 0.6D+0.7EY	Combination	7,384	0,612	114,570	2,665	0,287	0,004
43800	ljin 0.6D+0.7EY	Combination	-12,743	-1,510	-3,272	-1,829	-0,434	-0,009
43802	ljin D	Combination	-3,690	-3,286	93,948	1,410	-0,155	0,018
43802	ljin D+L	Combination	-4,275	-3,795	109,071	1,627	-0,182	0,021
43802	ljin D+0.75L+0.7EX	Combination	9,503	-2,316	134,143	2,379	0,419	0,028
43802	ljin D+0.75L+0.7EX	Combination	-17,761	-5,020	76,437	0,767	-0,770	0,012
43802	ljin D+0.75L+0.7EY	Combination	3,265	-0,210	153,820	3,958	0,115	0,038
43802	ljin D+0.75L+0.7EY	Combination	-11,522	-7,126	56,759	-0,813	-0,466	0,001
43802	ljin D+0.7EX	Combination	14,486	-1,483	132,418	2,485	0,637	0,029
43802	ljin D+0.7EX	Combination	-21,866	-5,089	55,478	0,335	-0,947	0,007
43802	ljin D+0.7EY	Combination	6,168	1,324	158,655	4,590	0,233	0,042
43802	ljin D+0.7EY	Combination	-13,548	-7,897	29,241	-1,771	-0,543	-0,007
43802	ljin 0.6D+0.7EX	Combination	15,962	-0,169	94,839	1,921	0,699	0,022
43802	ljin 0.6D+0.7EX	Combination	-20,390	-3,775	17,898	-0,229	-0,885	0,000
43802	ljin 0.6D+0.7EY	Combination	7,644	2,639	121,076	4,026	0,295	0,035
43802	ljin 0.6D+0.7EY	Combination	-12,072	-6,582	-8,339	-2,335	-0,481	-0,014

TABLE: Joint Reactions								
Joint	OutputCase	CaseType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m
6169	Ijin D	Combination	15,021	19,312	140,910	-1,442	18,448	0,042
6169	Ijin D+L	Combination	17,355	22,400	163,592	-1,669	21,920	0,023
6169	Ijin D+0.75L+0.7EX	Combination	25,546	29,276	184,901	-0,751	23,542	0,147
6169	Ijin D+0.75L+0.7EX	Combination	7,998	13,980	130,942	-2,474	18,561	-0,091
6169	Ijin D+0.75L+0.7EY	Combination	23,025	41,323	238,738	0,532	25,816	0,179
6169	Ijin D+0.75L+0.7EY	Combination	10,519	1,932	77,105	-3,757	16,288	-0,123
6169	Ijin D+0.7EX	Combination	26,720	29,510	176,882	-0,294	21,768	0,201
6169	Ijin D+0.7EX	Combination	3,322	9,114	104,937	-2,591	15,127	-0,116
6169	Ijin D+0.7EY	Combination	23,359	45,573	248,666	1,418	24,800	0,244
6169	Ijin D+0.7EY	Combination	6,684	-6,949	33,154	-4,302	12,096	-0,159
6169	Ijin 0.6D+0.7EX	Combination	20,712	21,785	120,518	0,283	14,389	0,184
6169	Ijin 0.6D+0.7EX	Combination	-2,686	1,390	48,573	-2,014	7,748	-0,133
6169	Ijin 0.6D+0.7EY	Combination	17,350	37,848	192,302	1,995	17,421	0,227
6169	Ijin 0.6D+0.7EY	Combination	0,676	-14,674	-23,210	-3,725	4,717	-0,176
47636	Ijin D	Combination	4,080	9,720	104,873	-0,433	1,631	0,026
47636	Ijin D+L	Combination	4,722	11,249	121,199	-0,501	1,889	0,030
47636	Ijin D+0.75L+0.7EX	Combination	6,005	19,258	135,548	-0,137	3,258	0,036
47636	Ijin D+0.75L+0.7EX	Combination	3,119	2,476	98,686	-0,832	0,391	0,023
47636	Ijin D+0.75L+0.7EY	Combination	6,323	26,079	172,530	0,225	2,467	0,044
47636	Ijin D+0.75L+0.7EY	Combination	2,801	-4,345	61,705	-1,194	1,182	0,014
47636	Ijin D+0.7EX	Combination	6,004	20,908	129,448	0,030	3,542	0,035
47636	Ijin D+0.7EX	Combination	2,156	-1,468	80,298	-0,897	-0,280	0,017
47636	Ijin D+0.7EY	Combination	6,428	30,002	178,756	0,513	2,488	0,046
47636	Ijin D+0.7EY	Combination	1,733	-10,563	30,989	-1,380	0,775	0,006
47636	Ijin 0.6D+0.7EX	Combination	4,372	17,020	87,499	0,203	2,890	0,024
47636	Ijin 0.6D+0.7EX	Combination	0,524	-5,356	38,349	-0,723	-0,932	0,007
47636	Ijin 0.6D+0.7EY	Combination	4,796	26,114	136,807	0,686	1,835	0,035
47636	Ijin 0.6D+0.7EY	Combination	0,101	-14,451	-10,960	-1,207	0,122	-0,004
47650	Ijin D	Combination	0,693	8,303	98,454	-0,314	0,764	-0,007
47650	Ijin D+L	Combination	0,803	9,624	113,778	-0,364	0,884	-0,008
47650	Ijin D+0.75L+0.7EX	Combination	1,079	17,793	122,836	-0,044	1,904	-0,004
47650	Ijin D+0.75L+0.7EX	Combination	0,472	0,795	97,058	-0,658	-0,196	-0,011
47650	Ijin D+0.75L+0.7EY	Combination	1,104	25,567	149,639	0,303	1,243	-0,006
47650	Ijin D+0.75L+0.7EY	Combination	0,446	-6,980	70,256	-1,006	0,466	-0,010
47650	Ijin D+0.7EX	Combination	1,098	19,634	115,640	0,096	2,164	-0,003
47650	Ijin D+0.7EX	Combination	0,288	-3,029	81,268	-0,723	-0,636	-0,011
47650	Ijin D+0.7EY	Combination	1,132	30,001	151,376	0,559	1,282	-0,004
47650	Ijin D+0.7EY	Combination	0,255	-13,395	45,532	-1,187	0,246	-0,009
47650	Ijin 0.6D+0.7EX	Combination	0,821	16,313	76,258	0,221	1,858	0,000
47650	Ijin 0.6D+0.7EX	Combination	0,011	-6,350	41,887	-0,598	-0,942	-0,008
47650	Ijin 0.6D+0.7EY	Combination	0,855	26,680	111,994	0,685	0,977	-0,001
47650	Ijin 0.6D+0.7EY	Combination	-0,023	-16,716	6,151	-1,061	-0,060	-0,007
47658	Ijin D	Combination	0,177	6,072	96,571	-0,228	0,358	-0,002
47658	Ijin D+L	Combination	0,204	7,051	111,615	-0,265	0,415	-0,002
47658	Ijin D+0.75L+0.7EX	Combination	0,390	15,023	117,532	0,048	1,312	-0,001

TABLE: Joint Reactions								
Joint	OutputCase	CaseType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m
47658	ljin D+0.75L+0.7EX	Combination	0,005	-1,410	98,176	-0,560	-0,511	-0,003
47658	ljin D+0.75L+0.7EY	Combination	0,273	23,188	136,547	0,400	0,689	-0,001
47658	ljin D+0.75L+0.7EY	Combination	0,122	-9,575	79,160	-0,911	0,113	-0,003
47658	ljin D+0.7EX	Combination	0,433	17,028	109,475	0,177	1,573	-0,001
47658	ljin D+0.7EX	Combination	-0,080	-4,884	83,667	-0,634	-0,857	-0,003
47658	ljin D+0.7EY	Combination	0,277	27,914	134,829	0,645	0,742	-0,001
47658	ljin D+0.7EY	Combination	0,076	-15,770	58,313	-1,102	-0,025	-0,003
47658	ljin 0.6D+0.7EX	Combination	0,362	14,599	70,847	0,268	1,430	0,000
47658	ljin 0.6D+0.7EX	Combination	-0,150	-7,313	45,038	-0,543	-1,000	-0,002
47658	ljin 0.6D+0.7EY	Combination	0,207	25,485	96,201	0,737	0,599	0,000
47658	ljin 0.6D+0.7EY	Combination	0,005	-18,198	19,685	-1,011	-0,169	-0,002
47666	ljin D	Combination	0,031	4,128	95,275	-0,157	0,166	0,000
47666	ljin D+L	Combination	0,036	4,815	110,137	-0,183	0,193	-0,001
47666	ljin D+0.75L+0.7EX	Combination	0,199	12,537	114,197	0,116	1,043	0,000
47666	ljin D+0.75L+0.7EX	Combination	-0,130	-3,251	98,646	-0,469	-0,671	-0,001
47666	ljin D+0.75L+0.7EY	Combination	0,087	21,128	125,405	0,479	0,447	0,000
47666	ljin D+0.75L+0.7EY	Combination	-0,018	-11,841	87,437	-0,832	-0,075	-0,001
47666	ljin D+0.7EX	Combination	0,251	14,654	105,642	0,233	1,309	0,000
47666	ljin D+0.7EX	Combination	-0,189	-6,398	84,907	-0,547	-0,976	-0,001
47666	ljin D+0.7EY	Combination	0,101	26,107	120,587	0,717	0,514	0,000
47666	ljin D+0.7EY	Combination	-0,039	-17,851	69,963	-1,031	-0,181	-0,001
47666	ljin 0.6D+0.7EX	Combination	0,238	13,002	67,533	0,296	1,242	0,000
47666	ljin 0.6D+0.7EX	Combination	-0,201	-8,049	46,797	-0,484	-1,043	0,000
47666	ljin 0.6D+0.7EY	Combination	0,089	24,456	82,477	0,780	0,447	0,000
47666	ljin 0.6D+0.7EY	Combination	-0,052	-19,503	31,853	-0,968	-0,248	-0,001
47674	ljin D	Combination	-0,034	2,292	94,225	-0,088	0,056	0,000
47674	ljin D+L	Combination	-0,040	2,698	108,951	-0,103	0,065	0,000
47674	ljin D+0.75L+0.7EX	Combination	0,118	10,176	112,479	0,182	0,905	0,000
47674	ljin D+0.75L+0.7EX	Combination	-0,194	-4,983	98,060	-0,381	-0,780	0,000
47674	ljin D+0.75L+0.7EY	Combination	0,019	19,062	115,378	0,550	0,318	0,000
47674	ljin D+0.75L+0.7EY	Combination	-0,096	-13,869	95,161	-0,749	-0,192	0,000
47674	ljin D+0.7EX	Combination	0,174	12,398	103,838	0,288	1,180	0,000
47674	ljin D+0.7EX	Combination	-0,242	-7,815	84,612	-0,464	-1,067	0,000
47674	ljin D+0.7EY	Combination	0,042	24,245	107,703	0,778	0,396	0,000
47674	ljin D+0.7EY	Combination	-0,111	-19,662	80,747	-0,954	-0,284	0,000
47674	ljin 0.6D+0.7EX	Combination	0,187	11,481	66,148	0,323	1,157	0,000
47674	ljin 0.6D+0.7EX	Combination	-0,228	-8,731	46,922	-0,429	-1,090	0,000
47674	ljin 0.6D+0.7EY	Combination	0,056	23,329	70,013	0,814	0,374	0,000
47674	ljin 0.6D+0.7EY	Combination	-0,097	-20,579	43,057	-0,919	-0,306	0,000
47682	ljin D	Combination	-0,070	0,561	93,254	-0,027	-0,014	0,000
47682	ljin D+L	Combination	-0,081	0,709	107,864	-0,033	-0,017	0,000
47682	ljin D+0.75L+0.7EX	Combination	0,085	7,972	112,091	0,243	0,845	0,000
47682	ljin D+0.75L+0.7EX	Combination	-0,242	-6,628	96,332	-0,305	-0,877	0,000
47682	ljin D+0.75L+0.7EY	Combination	-0,019	17,116	107,481	0,621	0,244	0,000
47682	ljin D+0.75L+0.7EY	Combination	-0,138	-15,772	100,942	-0,684	-0,277	0,000
47682	ljin D+0.7EX	Combination	0,148	10,294	103,760	0,339	1,134	0,000
47682	ljin D+0.7EX	Combination	-0,288	-9,172	82,748	-0,392	-1,162	0,000

TABLE: Joint Reactions								
Joint	OutputCase	CaseType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m
47682	Ijin D+0.7EY	Combination	0,010	22,486	97,613	0,843	0,333	0,000
47682	Ijin D+0.7EY	Combination	-0,150	-21,365	88,895	-0,896	-0,362	0,000
47682	Ijin 0.6D+0.7EX	Combination	0,176	10,070	66,459	0,349	1,140	0,000
47682	Ijin 0.6D+0.7EX	Combination	-0,260	-9,397	45,446	-0,381	-1,157	0,000
47682	Ijin 0.6D+0.7EY	Combination	0,038	22,262	60,312	0,854	0,339	0,000
47682	Ijin 0.6D+0.7EY	Combination	-0,122	-21,589	51,593	-0,886	-0,356	0,000
47690	Ijin D	Combination	-0,097	-1,223	92,317	0,039	-0,063	0,000
47690	Ijin D+L	Combination	-0,112	-1,348	106,823	0,043	-0,074	0,000
47690	Ijin D+0.75L+0.7EX	Combination	0,089	5,678	112,635	0,305	0,849	0,000
47690	Ijin D+0.75L+0.7EX	Combination	-0,305	-8,312	93,758	-0,221	-0,992	0,000
47690	Ijin D+0.75L+0.7EY	Combination	-0,043	14,972	111,941	0,686	0,207	0,000
47690	Ijin D+0.75L+0.7EY	Combination	-0,173	-17,606	94,452	-0,602	-0,350	0,000
47690	Ijin D+0.7EX	Combination	0,166	8,103	104,902	0,390	1,164	0,000
47690	Ijin D+0.7EX	Combination	-0,359	-10,550	79,732	-0,312	-1,291	-0,001
47690	Ijin D+0.7EY	Combination	-0,010	20,495	103,976	0,898	0,308	0,000
47690	Ijin D+0.7EY	Combination	-0,183	-22,941	80,657	-0,820	-0,435	0,000
47690	Ijin 0.6D+0.7EX	Combination	0,204	8,593	67,975	0,374	1,189	0,000
47690	Ijin 0.6D+0.7EX	Combination	-0,320	-10,060	42,805	-0,327	-1,265	-0,001
47690	Ijin 0.6D+0.7EY	Combination	0,028	20,984	67,050	0,882	0,333	0,000
47690	Ijin 0.6D+0.7EY	Combination	-0,144	-22,452	43,730	-0,835	-0,410	0,000
47698	Ijin D	Combination	-0,121	-3,099	91,430	0,109	-0,101	0,000
47698	Ijin D+L	Combination	-0,139	-3,509	105,850	0,123	-0,118	0,000
47698	Ijin D+0.75L+0.7EX	Combination	0,150	3,240	113,815	0,374	0,937	0,001
47698	Ijin D+0.75L+0.7EX	Combination	-0,420	-10,053	90,675	-0,135	-1,165	-0,001
47698	Ijin D+0.75L+0.7EY	Combination	-0,048	12,628	119,938	0,764	0,208	0,000
47698	Ijin D+0.75L+0.7EY	Combination	-0,221	-19,441	84,552	-0,525	-0,435	-0,001
47698	Ijin D+0.7EX	Combination	0,259	5,764	106,857	0,448	1,300	0,002
47698	Ijin D+0.7EX	Combination	-0,500	-11,961	76,003	-0,231	-1,503	-0,002
47698	Ijin D+0.7EY	Combination	-0,006	18,281	115,021	0,968	0,327	0,000
47698	Ijin D+0.7EY	Combination	-0,235	-24,478	67,839	-0,751	-0,530	-0,001
47698	Ijin 0.6D+0.7EX	Combination	0,308	7,003	70,285	0,405	1,341	0,002
47698	Ijin 0.6D+0.7EX	Combination	-0,452	-10,721	39,431	-0,274	-1,462	-0,002
47698	Ijin 0.6D+0.7EY	Combination	0,043	19,520	78,449	0,925	0,368	0,001
47698	Ijin 0.6D+0.7EY	Combination	-0,187	-23,238	31,267	-0,794	-0,489	-0,001
47706	Ijin D	Combination	-0,160	-5,187	90,644	0,179	-0,140	-0,001
47706	Ijin D+L	Combination	-0,185	-5,927	105,003	0,204	-0,163	-0,001
47706	Ijin D+0.75L+0.7EX	Combination	0,415	0,392	115,561	0,433	1,189	0,005
47706	Ijin D+0.75L+0.7EX	Combination	-0,772	-11,876	87,266	-0,037	-1,503	-0,007
47706	Ijin D+0.75L+0.7EY	Combination	0,013	9,709	129,094	0,816	0,268	0,001
47706	Ijin D+0.75L+0.7EY	Combination	-0,370	-21,194	73,733	-0,420	-0,581	-0,003
47706	Ijin D+0.7EX	Combination	0,632	2,992	109,508	0,492	1,655	0,007
47706	Ijin D+0.7EX	Combination	-0,951	-13,366	71,781	-0,135	-1,934	-0,009
47706	Ijin D+0.7EY	Combination	0,096	15,415	127,551	1,003	0,426	0,002
47706	Ijin D+0.7EY	Combination	-0,415	-25,789	53,738	-0,646	-0,705	-0,003
47706	Ijin 0.6D+0.7EX	Combination	0,696	5,067	73,250	0,421	1,711	0,008
47706	Ijin 0.6D+0.7EX	Combination	-0,887	-11,291	35,524	-0,207	-1,879	-0,008
47706	Ijin 0.6D+0.7EY	Combination	0,159	17,490	91,293	0,932	0,482	0,002
47706	Ijin 0.6D+0.7EY	Combination	-0,351	-23,714	17,480	-0,717	-0,650	-0,003

TABLE: Joint Reactions								
Joint	OutputCase	CaseType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m
47714	ljin D	Combination	-0,406	-7,074	91,527	0,305	-0,204	0,002
47714	ljin D+L	Combination	-0,474	-8,118	106,096	0,350	-0,238	0,002
47714	ljin D+0.75L+0.7EX	Combination	2,592	-2,675	119,968	0,575	1,855	0,017
47714	ljin D+0.75L+0.7EY	Combination	-3,506	-13,039	84,938	0,103	-2,314	-0,013
47714	ljin D+0.75L+0.7EY	Combination	0,626	5,988	143,241	0,998	0,462	0,008
47714	ljin D+0.75L+0.7EY	Combination	-1,540	-21,701	61,666	-0,320	-0,921	-0,003
47714	ljin D+0.7EX	Combination	3,659	-0,164	114,880	0,620	2,575	0,022
47714	ljin D+0.7EX	Combination	-4,471	-13,984	68,173	-0,010	-2,982	-0,018
47714	ljin D+0.7EY	Combination	1,038	11,386	145,910	1,184	0,719	0,009
47714	ljin D+0.7EY	Combination	-1,849	-25,533	37,143	-0,574	-1,126	-0,006
47714	ljin 0.6D+0.7EX	Combination	3,822	2,666	78,269	0,498	2,657	0,021
47714	ljin 0.6D+0.7EX	Combination	-4,308	-11,154	31,563	-0,132	-2,901	-0,019
47714	ljin 0.6D+0.7EY	Combination	1,200	14,215	109,300	1,062	0,800	0,008
47714	ljin 0.6D+0.7EY	Combination	-1,687	-22,704	0,532	-0,696	-1,044	-0,006
6122	ljin D	Combination	-11,371	0,030	72,344	2,323	-14,205	0,097
6122	ljin D+L	Combination	-12,618	0,050	86,397	3,731	-17,982	0,133
6122	ljin D+0.75L+0.7EX	Combination	35,072	6,182	136,460	3,648	-16,061	2,488
6122	ljin D+0.75L+0.7EX	Combination	-59,684	-6,093	29,307	3,109	-17,799	-2,239
6122	ljin D+0.75L+0.7EY	Combination	3,729	20,146	118,010	4,202	-16,341	4,863
6122	ljin D+0.75L+0.7EY	Combination	-28,341	-20,056	47,757	2,556	-17,518	-4,614
6122	ljin D+0.7EX	Combination	51,800	8,213	143,779	2,682	-13,046	3,249
6122	ljin D+0.7EX	Combination	-74,542	-8,153	0,908	1,964	-15,364	-3,054
6122	ljin D+0.7EY	Combination	10,009	26,831	119,179	3,420	-13,420	6,416
6122	ljin D+0.7EY	Combination	-32,751	-26,772	25,508	1,226	-14,990	-6,221
6122	ljin 0.6D+0.7EX	Combination	56,348	8,201	114,842	1,753	-7,364	3,210
6122	ljin 0.6D+0.7EX	Combination	-69,994	-8,165	-28,029	1,035	-9,682	-3,093
6122	ljin 0.6D+0.7EY	Combination	14,558	26,819	90,242	2,491	-7,738	6,377
6122	ljin 0.6D+0.7EY	Combination	-28,203	-26,783	-3,429	0,297	-9,308	-6,260
52530	ljin D	Combination	-9,223	0,055	100,607	-0,195	-0,398	0,001
52530	ljin D+L	Combination	-10,684	0,069	116,296	-0,231	-0,467	0,001
52530	ljin D+0.75L+0.7EX	Combination	-0,246	0,388	187,828	0,262	-0,048	0,004
52530	ljin D+0.75L+0.7EX	Combination	-20,391	-0,258	36,919	-0,706	-0,852	-0,002
52530	ljin D+0.75L+0.7EY	Combination	-2,505	1,081	167,680	1,287	-0,155	0,009
52530	ljin D+0.75L+0.7EY	Combination	-18,132	-0,950	57,067	-1,730	-0,745	-0,007
52530	ljin D+0.7EX	Combination	4,207	0,486	201,214	0,450	0,138	0,004
52530	ljin D+0.7EX	Combination	-22,653	-0,377	0,001	-0,840	-0,934	-0,002
52530	ljin D+0.7EY	Combination	1,195	1,408	174,350	1,816	-0,005	0,011
52530	ljin D+0.7EY	Combination	-19,642	-1,300	26,865	-2,206	-0,791	-0,010
52530	ljin 0.6D+0.7EX	Combination	7,896	0,464	160,971	0,528	0,297	0,004
52530	ljin 0.6D+0.7EX	Combination	-18,964	-0,398	-40,242	-0,762	-0,775	-0,003
52530	ljin 0.6D+0.7EY	Combination	4,885	1,387	134,107	1,894	0,154	0,011
52530	ljin 0.6D+0.7EY	Combination	-15,952	-1,321	-13,378	-2,128	-0,632	-0,010
52544	ljin D	Combination	-4,437	0,188	97,689	-0,380	-0,110	0,001
52544	ljin D+L	Combination	-5,061	0,219	112,925	-0,443	-0,120	0,001
52544	ljin D+0.75L+0.7EX	Combination	5,528	0,402	162,626	0,052	0,424	0,002
52544	ljin D+0.75L+0.7EX	Combination	-15,337	0,021	55,606	-0,907	-0,659	0,001
52544	ljin D+0.75L+0.7EY	Combination	2,308	0,814	160,261	1,058	0,170	0,002

TABLE: Joint Reactions								
Joint	OutputCase	CaseType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m
52544	Ijin D+0.75L+0.7EY	Combination	-12,117	-0,391	57,971	-1,912	-0,405	0,000
52544	Ijin D+0.7EX	Combination	9,473	0,441	169,035	0,259	0,612	0,002
52544	Ijin D+0.7EX	Combination	-18,347	-0,066	26,343	-1,019	-0,832	0,001
52544	Ijin D+0.7EY	Combination	5,180	0,991	165,882	1,600	0,273	0,003
52544	Ijin D+0.7EY	Combination	-14,054	-0,615	29,495	-2,360	-0,494	0,000
52544	Ijin 0.6D+0.7EX	Combination	11,248	0,366	129,960	0,411	0,656	0,001
52544	Ijin 0.6D+0.7EX	Combination	-16,572	-0,141	-12,733	-0,867	-0,788	0,000
52544	Ijin 0.6D+0.7EY	Combination	6,955	0,916	126,807	1,752	0,318	0,002
52544	Ijin 0.6D+0.7EY	Combination	-12,279	-0,690	-9,580	-2,208	-0,450	-0,001
52552	Ijin D	Combination	-1,270	0,319	98,199	-0,617	-0,073	0,002
52552	Ijin D+L	Combination	-1,463	0,370	113,501	-0,715	-0,089	0,002
52552	Ijin D+0.75L+0.7EX	Combination	7,214	0,505	148,289	-0,194	0,252	0,003
52552	Ijin D+0.75L+0.7EX	Combination	-10,043	0,209	71,062	-1,187	-0,422	0,002
52552	Ijin D+0.75L+0.7EY	Combination	4,642	0,829	161,373	0,826	0,125	0,004
52552	Ijin D+0.75L+0.7EY	Combination	-7,472	-0,114	57,978	-2,207	-0,294	0,000
52552	Ijin D+0.7EX	Combination	10,235	0,516	149,684	0,046	0,376	0,003
52552	Ijin D+0.7EX	Combination	-12,774	0,122	46,714	-1,279	-0,523	0,001
52552	Ijin D+0.7EY	Combination	6,806	0,948	167,128	1,406	0,206	0,005
52552	Ijin D+0.7EY	Combination	-9,345	-0,310	29,269	-2,639	-0,353	-0,001
52552	Ijin 0.6D+0.7EX	Combination	10,743	0,389	110,404	0,292	0,405	0,002
52552	Ijin 0.6D+0.7EX	Combination	-12,266	-0,006	7,434	-1,032	-0,493	0,000
52552	Ijin 0.6D+0.7EY	Combination	7,314	0,820	127,849	1,652	0,235	0,004
52552	Ijin 0.6D+0.7EY	Combination	-8,837	-0,438	-10,010	-2,392	-0,323	-0,001
52560	Ijin D	Combination	2,430	0,844	99,505	-1,093	0,125	0,009
52560	Ijin D+L	Combination	2,863	0,977	115,003	-1,266	0,149	0,010
52560	Ijin D+0.75L+0.7EX	Combination	11,533	1,187	137,774	-0,608	0,579	0,014
52560	Ijin D+0.75L+0.7EX	Combination	-6,024	0,701	84,483	-1,838	-0,292	0,006
52560	Ijin D+0.75L+0.7EY	Combination	8,156	1,706	165,659	0,599	0,340	0,019
52560	Ijin D+0.75L+0.7EY	Combination	-2,647	0,181	56,598	-3,045	-0,054	0,001
52560	Ijin D+0.7EX	Combination	14,135	1,168	135,032	-0,274	0,706	0,014
52560	Ijin D+0.7EX	Combination	-9,275	0,520	63,978	-1,913	-0,456	0,004
52560	Ijin D+0.7EY	Combination	9,631	1,860	172,213	1,336	0,387	0,021
52560	Ijin D+0.7EY	Combination	-4,772	-0,173	26,798	-3,522	-0,138	-0,003
52560	Ijin 0.6D+0.7EX	Combination	13,163	0,830	95,230	0,163	0,656	0,010
52560	Ijin 0.6D+0.7EX	Combination	-10,247	0,182	24,176	-1,476	-0,506	0,001
52560	Ijin 0.6D+0.7EY	Combination	8,660	1,523	132,411	1,773	0,337	0,017
52560	Ijin 0.6D+0.7EY	Combination	-5,744	-0,511	-13,005	-3,085	-0,188	-0,007
52568	Ijin D	Combination	4,424	4,744	105,240	-2,171	0,202	-0,027
52568	Ijin D+L	Combination	5,128	5,488	121,627	-2,512	0,232	-0,032
52568	Ijin D+0.75L+0.7EX	Combination	12,343	6,768	138,071	-1,423	0,587	-0,024
52568	Ijin D+0.75L+0.7EX	Combination	-2,438	3,836	96,990	-3,430	-0,137	-0,038
52568	Ijin D+0.75L+0.7EY	Combination	9,715	9,487	179,715	0,372	0,398	-0,010
52568	Ijin D+0.75L+0.7EY	Combination	0,190	1,117	55,345	-5,224	0,052	-0,052
52568	Ijin D+0.7EX	Combination	14,278	6,698	132,628	-0,833	0,684	-0,018
52568	Ijin D+0.7EX	Combination	-5,430	2,789	77,853	-3,509	-0,281	-0,037
52568	Ijin D+0.7EY	Combination	10,774	10,323	188,154	1,560	0,433	0,001
52568	Ijin D+0.7EY	Combination	-1,926	-0,837	22,327	-5,901	-0,029	-0,056
52568	Ijin 0.6D+0.7EX	Combination	12,509	4,801	90,531	0,036	0,604	-0,007
52568	Ijin 0.6D+0.7EX	Combination	-7,200	0,891	35,757	-2,640	-0,361	-0,026
52568	Ijin 0.6D+0.7EY	Combination	9,005	8,426	146,058	2,428	0,352	0,014
52568	Ijin 0.6D+0.7EY	Combination	-3,696	-2,734	-19,769	-5,033	-0,110	-0,045



TESTANA ENGINEERING, Inc.

A.1.1. BORING LOG

BOREHOLE #: DB-1

Project : Apartemen Puncak Merr.
 Location : Jl. Raya Kedung Baruk, Surabaya.
 Started : 15 November 2014
 Finished : 21 November 2014

Total Depth : 60 m
 Coordinates : Unrecorded.
 Ground Surface Elevation : ± 0.00 m
 Ground Water Level : ± 2.00 m

Drilling Method : Core Drilling
 Ø of core : 76 mm
 Ø of chasing : 89 mm
 Drill Master : BMB

Date	Depth (m)	GWL	Symbol	SOIL DESCRIPTION	Colour	Sample	Consistency	Relative Density	STANDARD PENETRATION TEST											
									No. of Blows (blows/cm)			NSPT - Value (Blow/ft)								
									N ₁	N ₂	N ₃	0	10	20	30	40	>50			
15/11/2014	0			Fill material consist sand and gravel.	Brown															
	1				Greyish brown	☑	Soft	-	1 / 15	1 / 15	1 / 15	2								
	2																			
	3																			
	4						☑	Very Soft	-	1 / 50	-	-	<1							
	5																			
	6																			
	7				Clay and silt, inorganic, trace sand, contain with crushed shells.	Grey to dark grey														
	8						☑	Very Soft	-	1 / 60	-	-	<1							
	9																			
10						☑	Very Soft	-	1 / 45	-	-	<1								
11																				
12					Grey mottled with brown	☑	Stiff	-	2 / 15	4 / 15	6 / 15	10								
13				Silt and sand, contain crushed shells.	brown															
14				Silt and clay, inorganic, trace to little sand.	brown	☑	Stiff	-	4 / 15	4 / 15	7 / 15	11								
15																				
16						☑	-	Medium	7 / 15	9 / 15	11 / 15	20								
17				Silt and sand, little clay.	Yellowish brown	☑	-	Very Dense	20 / 15	23 / 15	27 / 11	>50								
18																				
19						☑	Very Stiff	-	5 / 15	9 / 15	10 / 15	19								
20																				
21						☑	Very Stiff	-	5 / 15	10 / 15	13 / 15	23								
22					Brownish grey															
23				Silt and clay, inorganic.		☑	Very Stiff	-	4 / 15	8 / 15	12 / 15	20								
24																				
25					Yellowish brown	☑	Hard	-	6 / 15	15 / 15	19 / 15	34								
26																				
27						☑	Very Stiff	-	6 / 15	8 / 15	10 / 15	18								
28				Clay and silt, inorganic, trace sand, contain crushed shell.	Yellowish brown															
29						☑	Very Stiff	-	5 / 15	9 / 15	12 / 15	21								
30																				

NOTE:
 0 to 10 % = Trace
 10 to 20 % = Little
 20 to 35 % = Some
 35 to 50 % = And

☑ = Undisturbed sample
 ☒ = SPT
 ☒ = Core sample



TESTANA ENGINEERING, Inc.

A.1.1. BORING LOG

BOREHOLE # : DB-1

Project : Apartemen Puncak Merr.
 Location : Jl. Raya Kedung Baruk, Surabaya.
 Started : 15 November 2014
 Finished : 21 November 2014

Total Depth : 60 m
 Coordinates : Unrecorded.
 Ground Surface Elevation : ± 0.00 m
 Ground Water Level : ± 2.00 m

Drilling Method : Core Drilling
 Ø of core : 76 mm
 Ø of chasing : 89 mm
 Drill Master : BMB

Date	Depth (m)	GWL	Symbol	SOIL DESCRIPTION	Colour	Sample	Consistency	Relative Density	STANDARD PENETRATION TEST										
									No. of Blows (blows/cm)			NSPT - Value (Blow/m)							
									N ₁	N ₂	N ₃	0	10	20	30	40	>50		
18/11/2014	30		X	Clay and silt, inorganic, trace sand.	Grey	☐	Very Stiff	-	5 / 15	7 / 15	9 / 15							16	
	31		X			☐	Very Stiff	-	5 / 15	8 / 15	11 / 15								19
	32		X				☐	Very Stiff	-	5 / 15	7 / 15	12 / 15							19
	33		X				☐	Very Stiff	-	6 / 15	9 / 15	13 / 15							22
19/11/2014	34		X	Silt and sand, trace gravel.	Greyish brown	☐	Very Stiff	-	6 / 15	10 / 15	14 / 15							24	
	35		X					☐	Very Stiff	-	9 / 15	21 / 15	29 / 15						50
	36		X				☐	Very Stiff	-	4 / 15	12 / 15	19 / 15						31	
	37		X				☐	Very Stiff	-	8 / 15	12 / 15	16 / 15						28	
20/11/2014	38		X	Clay and silt, inorganic, trace sand.	Brownish grey	☐	Very Stiff	-	7 / 15	11 / 15	17 / 15							28	
	39		X					☐	Very Stiff	-	8 / 15	13 / 15	17 / 15						30
	40		X				☐	Very Stiff	-	8 / 15	10 / 15	14 / 15						24	
	41		X				☐	Very Stiff	-	8 / 15	11 / 15	14 / 15						25	
	42		X				☐	Very Stiff	-	7 / 15	11 / 15	14 / 15						25	
	43		X				☐	Very Stiff	-	8 / 15	13 / 15	17 / 15						30	
	44		X				☐	Very Stiff	-	8 / 15	10 / 15	14 / 15						24	
	45		X				☐	Very Stiff	-	6 / 15	11 / 15	14 / 15						25	
	46		X				☐	Very Stiff	-	7 / 15	11 / 15	14 / 15						25	
	47		X				☐	Very Stiff	-	8 / 15	13 / 15	17 / 15						30	
21/11/2014	48		X	Silt and sand, some gravel.	Grey mottled with brown	☐	Very Stiff	-	11 / 15	33 / 15	17 / 8							>50	
	49		X					☐	Hard	-									
	50		X				☐	Hard	-										
	51		X				☐	Hard	-										

NOTE :

- 0 to 10 % = Trace
- 10 to 20 % = Little
- 20 to 35 % = Some
- 35 to 50 % = And

- ☐ = Undisturbed sample
- ☐ = SPT
- ☒ = Core sample



TESTANA ENGINEERING, Inc.

A.1.4. BORING LOG

BOREHOLE #: DB-4

Project : Apartemen Puncak Merr.
 Location : Jl. Raya Kedung Baruk, Surabaya.
 Started : 01 Desember 2014
 Finished : 06 Desember 2014

Total Depth : 60 m
 Coordinates : Unrecorded.
 Ground Surface Elevation : ± 0.00 m
 Ground Water Level : ± 0.50 m

Drilling Method : Core Drilling
 Ø of core : 76 mm
 Ø of chasing : 89 mm
 Drill Master : JKS

Date	Depth (m)	GWL	Symbol	SOIL DESCRIPTION	Colour	Sample	Consistency	Relative Density	STANDARD PENETRATION TEST											
									No. of Blows (blows/cm)			NSPT - Value (Blow/ft)								
									N ₁	N ₂	N ₃	0	10	20	30	40	≥50			
1/12/2014	0		⊗	Fill material consist sand and gravel.	Brown															
	1		⊗			☐	Very Soft	-	1 / 30	1 / 15	-	1								
	2		⊗		Brownish grey															
	3		⊗				☐	Very Soft	-	1 / 45	-	-	<1							
	4		⊗																	
	5		⊗	Clay and silt, inorganic, trace to little of sand, contain crushed shell at some depths.																
	6		⊗				☐	Soft	-	1 / 15	1 / 15	1 / 15	2							
	7		⊗																	
	8		⊗			Grey														
	9		⊗																	
2/12/2014	10		⊗																	
	11		⊗	Sand and silt, contain crushed shells.																
	12		⊗																	
	13		⊗	Clay and silt, inorganic, trace of sand, contain crushed shells.	Greenish grey															
	14		⊗																	
	15		⊗	Silt and clay, inorganic, trace of sand.	Yellowish brown															
	16		⊗																	
	17		⊗	Clay and silt, little gravel.																
	18		⊗		Brown															
	19		⊗	Silt and sand, trace of clay.																
3/12/2014	20		⊗																	
	21		⊗	Sand, fine to coarse grained, contain crushed shell.	Grey															
	22		⊗																	
	23		⊗																	
	24		⊗	Silt and clay, little to some sand.	Yellowish brown															
	25		⊗																	
	26		⊗																	
	27		⊗																	
	28		⊗	Silt and sand, little to some clay.	Brown															
	4/12/2014	29		⊗																
30			⊗	Clay and silt, inorganic, weakly cemented.	Yellowish brown															

NOTE :

- 0 to 10 % = Trace
- 10 to 20 % = Little
- 20 to 35 % = Some
- 35 to 50 % = And
- ☐ = Undisturbed sample
- ☐ = SPT
- ⊗ = Core sample



TESTANA ENGINEERING, Inc.

A.1.4. BORING LOG

BOREHOLE #: DB-4

Project : Apartemen Puncak Merr.
 Location : Jl. Raya Kedung Baruk, Surabaya.
 Started : 01 Desember 2014
 Finished : 06 Desember 2014

Total Depth : 60 m
 Coordinates : Unrecorded.
 Ground Surface Elevation : ± 0.00 m
 Ground Water Level : ± 0.50 m

Drilling Method : Core Drilling
 Ø of core : 76 mm
 Ø of chasing : 89 mm
 Drill Master : JKS

Date	Depth (m)	GWL	Symbol	SOIL DESCRIPTION	Colour	Sample	Consistency	Relative Density	STANDARD PENETRATION TEST														
									No. of Blows (blows/cm)			NSPT - Value (Blow/ft)											
									N ₁	N ₂	N ₃	0	10	20	30	40	≥50						
4/12/2014	30		X	Clay and silt, inorganic, trace to little of sand.	Yellowish brown	[]	Very Stiff	-	4 / 15	7 / 15	10 / 15												
	31		X																				
	32		X																				
	33		X																				
	34		X																				
	35		X																				
	36		X																				
	37		X																				
	38		X																				
	39		X																				
5/12/2014	40		X	Silt and sand, little to some clay.	Greenish grey	[]	Very Stiff	-	5 / 15	7 / 15	9 / 15												
	41		X																				
	42		X																				
	43		X																				
	44		X																				
	45		X																				
	46		X																				
	47		X																				
	48		X																				
	49		X																				
6/12/2014	50		X	Clay and silt, inorganic, trace of sand.	Brown	[]	Very Stiff	-	10 / 15	19 / 15	29 / 15												
	51		X																				
	52		X																				
	53		X																				
	54		X																				
	55		X																				
	56		X																				
	57		X																				
	58		X																				
	59		X																				
60		X																					

NOTE :
 0 to 10 % = Trace
 10 to 20 % = Little
 20 to 35 % = Some
 35 to 50 % = And
 [] = Undisturbed sample
 [] = SPT
 [] = Core sample



TESTANA ENGINEERING, Inc.

A.1.5. BORING LOG

BOREHOLE #: **DB-5**

Project : Apartemen Puncak Merr.
 Location : Jl. Raya Kedung Baruk, Surabaya.
 Started : 08 Desember 2014
 Finished : 14 Desember 2014

Total Depth : 60 m
 Coordinates : Unrecorded.
 Ground Surface Elevation : ± 0.00 m
 Ground Water Level : ± 1.50 m

Drilling Method : Core Drilling
 Ø of core : 76 mm
 Ø of chasing : 89 mm
 Drill Master : BMB

Date	Depth (m)	GWL	Symbol	SOIL DESCRIPTION	Colour	Sample	Consistency	Relative Density	STANDARD PENETRATION TEST												
									No. of Blows (blows/cm)			NSPT - Value (Blow/ft)									
									N ₁	N ₂	N ₃	0	10	20	30	40	>50				
11/12/2014	30		X	Silt and clay, inorganic, trace of sand.	Yellowish brown	✓	Very Stiff	-	7 / 15	10 / 15	13 / 15	23									
	31		X																		
	12/12/2014	32		X	Clay and silt, inorganic, trace of sand.	Greenish grey	✓	Very Stiff	-	4 / 15	7 / 15	9 / 15	16								
		33		X																	
		34		X																	
		35		X		Yellowish brown	✓	Very Stiff	-	5 / 15	9 / 15	13 / 15	22								
		36		X																	
		37		X																	
	38		X	Grey	✓	Very Stiff	-	5 / 15	7 / 15	9 / 15	16										
	39		X																		
40		X																			
13/12/2014	41		X	Silt and sand, little to some clay.	Brownish grey	✓	-	Dense	10 / 15	18 / 15	32 / 15	50									
	42		X																		
	43		X		Brownish grey	✓	-	Dense	6 / 15	10 / 15	15 / 15	25									
	44		X																		
	45		X		Brownish grey	✓	Very Stiff	-	7 / 15	9 / 15	12 / 15	21									
	46		X																		
	47		X		Brownish grey	✓	Very Stiff	-	8 / 15	10 / 15	13 / 15	23									
	48		X																		
49		X	Clay and silt, inorganic, trace of sand.	Brownish grey	✓	Very Stiff	-	6 / 15	8 / 15	11 / 15	19										
50		X																			
14/12/2014	51		X	Clay and silt, inorganic, trace of sand.	Brownish grey	✓	Very Stiff	-	7 / 15	9 / 15	11 / 15	20									
	52		X																		
	53		X		Grey	✓	Very Stiff	-	7 / 15	10 / 15	13 / 15	23									
	54		X																		
55		X																			
56		X																			
57		X																			
58		X																			
59		X																			
60		X																			

NOTE :

- 0 to 10 % = Trace
- 10 to 20 % = Little
- 20 to 35 % = Some
- 35 to 50 % = And
- ✓ = Undisturbed sample
- = SPT
- ⊗ = Core sample



TESTANA ENGINEERING, Inc.

A.1.6. BORING LOG

BOREHOLE #: DB-6

Project : Apartemen Puncak Merr.
 Location : Jl. Raya Kedung Baruk, Surabaya.
 Started : 09 Desember 2014
 Finished : 14 Desember 2014

Total Depth : 60 m
 Coordinates : Unrecorded.
 Ground Surface Elevation : ± 0.00 m
 Ground Water Level : ± 0.50 m

Drilling Method : Core Drilling
 Ø of core : 76 mm
 Ø of chasing : 89 mm
 Drill Master : JKS

Date	Depth (m)	GWL	Symbol	SOIL DESCRIPTION	Colour	Sample	Consistency	Relative Density	STANDARD PENETRATION TEST											
									No. of Blows (blows/cm)			NSPT - Value (Blow/ft)								
									N ₁	N ₂	N ₃	0	10	20	30	40	>50			
9/12/2014	0		⊗	Fill material consist sand and gravel.																
	1		⊗			✓	Very Soft	-	1 / 30	1 / 15	-	1								
	2		⊗			✓	Very Soft	-	1 / 45	-	-	<1								
	3		⊗																	
	4		⊗																	
	5		⊗		Clay and silt, inorganic, trace to little of sand, contain crushed shell at some depths.		✓	Very Soft	-	1 / 45	-	-	<1							
	6		⊗																	
	7		⊗																	
	8		⊗																	
	9		⊗			Grey	✓	Very Soft	-	1 / 45	-	-	<1							
	10		⊗				✓	Very Soft	-	1 / 30	1 / 15	-	1							
	11		⊗		Sand and silt, contain crushed shells.		✓	-	Very Loose	1 / 15	1 / 15	1 / 15	2							
10/12/2014	12		⊗																	
	13		⊗	Clay and silt, inorganic, trace of sand, contain crushed shells.	Greenish grey	✓	Medium	-	2 / 15	3 / 15	4 / 15	7								
	14		⊗																	
	15		⊗		Yellowish brown	✓	Very Stiff	-	3 / 15	7 / 15	10 / 15	17								
	16		⊗	Silt and clay, inorganic, trace to little of sand, contain crushed shell at some depths.	Dark brown	✓	Hard	-	13 / 15	22 / 15	26 / 15	48								
	17		⊗																	
	18		⊗		Yellowish brown	✓	Very Stiff	-	4 / 15	6 / 15	9 / 15	15								
	19		⊗	Clay and silt, inorganic, trace of sand.		✓	Very Stiff	-	4 / 15	6 / 15	9 / 15	15								
	20		⊗																	
	11/12/2014	21		⊗																
22			⊗	Sand, fine to coarse grained, contain crushed shell.	Grey	✓	-	Very Dense	17 / 15	28 / 15	22 / 11	>50								
23			⊗																	
24			⊗																	
25			⊗																	
26			⊗	Silt and clay, little to some sand.		✓	Very Stiff	-	5 / 15	7 / 15	8 / 15	15								
27			⊗																	
28			⊗		Yellowish brown	✓	Very Stiff	-	5 / 15	7 / 15	9 / 15	16								
29			⊗	Silt and sand, little to some clay.		✓	-	Dense	9 / 15	12 / 15	19 / 15	31								
30			⊗																	

NOTE:

- 0 to 10 % = Trace
- 10 to 20 % = Little
- 20 to 35 % = Some
- 35 to 50 % = And
- ⊗ = Undisturbed sample
- ✓ = SPT
- ⊗ = Core sample



TESTANA ENGINEERING, Inc.

A.1.6. BORING LOG

BOREHOLE #: **DB-6**

Project : Apartemen Puncak Merr.
 Location : Jl. Raya Kedung Baruk, Surabaya.
 Started : 09 Desember 2014
 Finished : 14 Desember 2014

Total Depth : 60 m
 Coordinates : Unrecorded.
 Ground Surface Elevation : ± 0.00 m
 Ground Water Level : ± 0.50 m

Drilling Method : Core Drilling
 Ø of core : 76 mm
 Ø of chasing : 89 mm
 Drill Master : JKS

Date	Depth (m)	GWL	Symbol	SOIL DESCRIPTION	Colour	Sample	Consistency	Relative Density	STANDARD PENETRATION TEST											
									No. of Blows (blows/cm)			NSPT - Value (Blow/ft)								
									N ₁	N ₂	N ₃	0	10	20	30	40	>50			
11/12 12/12/2014 13/12/2014 14/12/2014	30		X	Silt and clay, inorganic, trace of sand.	Brown	□	Very Stiff	-	5 / 15	8 / 15	10 / 15	NSPT - Value (Blow/ft)								
	31		X									18								
	32		X	Greenish grey	Greenish grey	□	Very Stiff	-	5 / 15	7 / 15	8 / 15	NSPT - Value (Blow/ft)								
	33		X									15								
	34		X									15								
	35		X	Yellowish brown	Yellowish brown	□	Very Stiff	-	4 / 15	6 / 15	9 / 15	NSPT - Value (Blow/ft)								
	36		X									16								
	37		X	Grey to dark grey	Grey to dark grey	□	Very Stiff	-	5 / 15	8 / 15	10 / 15	NSPT - Value (Blow/ft)								
	38		X									18								
	39		X									18								
	40		X	Clay and silt, inorganic, trace of sand.	Clay and silt, inorganic, trace of sand.	□	Very Stiff	-	5 / 15	8 / 15	10 / 15	NSPT - Value (Blow/ft)								
	41		X									17								
	42		X	Grey to dark grey	Grey to dark grey	□	Very Stiff	-	6 / 15	7 / 15	10 / 15	NSPT - Value (Blow/ft)								
	43		X									18								
	44		X									18								
45		X	Clay and silt, inorganic, trace of sand.	Clay and silt, inorganic, trace of sand.	□	Very Stiff	-	5 / 15	8 / 15	10 / 15	NSPT - Value (Blow/ft)									
46		X									18									
47		X	Grey to dark grey	Grey to dark grey	□	Very Stiff	-	4 / 15	7 / 15	11 / 15	NSPT - Value (Blow/ft)									
48		X									18									
49		X									19									
50		X	Grey to dark grey	Grey to dark grey	□	Very Stiff	-	5 / 15	9 / 15	10 / 15	NSPT - Value (Blow/ft)									
51		X									21									
52		X	Grey to dark grey	Grey to dark grey	□	Very Stiff	-	6 / 15	8 / 15	13 / 15	NSPT - Value (Blow/ft)									
53		X									24									
54		X									24									
55		X	Grey to dark grey	Grey to dark grey	□	Very Stiff	-	7 / 15	11 / 15	13 / 15	NSPT - Value (Blow/ft)									
56		X									24									
57		X	Grey to dark grey	Grey to dark grey	□	Very Stiff	-	8 / 15	10 / 15	14 / 15	NSPT - Value (Blow/ft)									
58		X									24									
59		X									24									
60		X	Grey to dark grey	Grey to dark grey	□	Very Stiff	-	9 / 15	12 / 15	12 / 15	NSPT - Value (Blow/ft)									
		X									26									

NOTE :
 0 to 10 % = Trace
 10 to 20 % = Little
 20 to 35 % = Some
 35 to 50 % = And
 □ = Undisturbed sample
 □ = SPT
 □ = Core sample



TESTANA ENGINEERING, Inc.

A.1.7. BORING LOG

BOREHOLE #: DB-7

Project : Apartemen Puncak Merr.
 Location : Jl. Raya Kedung Baruk, Surabaya.
 Started : 22 Desember 2014
 Finished : 29 Desember 2014

Total Depth : 60 m
 Coordinates : Unrecorded.
 Ground Surface Elevation : ± 0.00 m
 Ground Water Level : ± 3.00 m

Drilling Method : Core Drilling
 φ of core : 76 mm
 φ of chasing : 89 mm
 Drill Master : BMB

Date	Depth (m)	GWL	Symbol	SOIL DESCRIPTION	Colour	Sample	Consistency	Relative Density	STANDARD PENETRATION TEST										
									No. of Blows (blows/cm)			NSPT - Value (Blow/ft)							
									N ₁	N ₂	N ₃	0	10	20	30	40	>50		
22/12/2014	0			Fill material consist clay and silt, some sand, trace gravel.	Yellowish Brown	☐	Soft	-	1 / 15	1 / 15	1 / 15	2							
	1																		
23/12/2014	2																		
	3				Greyish brown	☐	Very Soft	-	1 / 45	-	-	<1							
	4																		
	5																		
24/12/2014	6																		
	7				Clay and silt, inorganic, trace to little of sand, contain crushed shell at some depths.														
	8				Grey	☐	Very Soft	-	1 / 50	-	-	<1							
	9																		
25/12/2014	10					☐	Very Soft	-	1 / 45	-	-	<1							
	11																		
	12				Sand and clay, contain crushed shells.			Loose	1 / 15	2 / 15	2 / 15	4							
	13																		
26/12/2014	14				Clay and silt, inorganic, trace of sand.														
	15				Yellowish brown	☐	Medium	-	2 / 15	2 / 15	3 / 15	5							
	16																		
	17				Silt and clay, inorganic, little to some sand.														
27/12/2014	18				Brown	☐	Hard	-	17 / 15	21 / 15	22 / 15	43							
	19				Clay and silt, inorganic, trace of sand.														
	20																		
	21				Sand and silt.														
28/12/2014	22				Grey	☐	-	Very Dense	18 / 15	26 / 15	24 / 13	>50							
	23				Sand, fine to coarse grained, little gravel, trace silt, contain crushed shell.														
	24																		
	25				Sand and silt.														
29/12/2014	26																		
	27																		
	28				Clay and silt, inorganic, trace to little of sand.														
	29																		
30																			

NOTE:

- 0 to 10 % = Trace
- 10 to 20 % = Little
- 20 to 35 % = Some
- 35 to 50 % = And
- ☐ = Undisturbed sample
- ☐ = SPT
- ☒ = Core sample



TESTANA ENGINEERING, Inc.

A.1.8. BORING LOG

BOREHOLE #: **DB-8**

Project : Apartemen Puncak Merr.
 Location : Jl. Raya Kedung Baruk, Surabaya.
 Started : 22 Desember 2014
 Finished : 29 Desember 2014

Total Depth : 60 m
 Coordinates : Unrecorded.
 Ground Surface Elevation : ± 0.00 m
 Ground Water Level : ± 3.00 m

Drilling Method : Core Drilling
 Ø of core : 76 mm
 Ø of chasing : 89 mm
 Drill Master : BMB

Date	Depth (m)	GWL	Symbol	SOIL DESCRIPTION	Colour	Sample	Consistency	Relative Density	STANDARD PENETRATION TEST									
									No. of Blows (blows/cm)			NSPT - Value (Blow/ft)						
									N ₁	N ₂	N ₃	0	10	20	30	40	≥50	
15/12/2014	0			Fill material consist clay and silt, some sand, trace gravel.	Yellowish Brown	☑	Soft	-	1 / 15	1 / 15	1 / 15	● 2						
	1																	
	2						Very Soft	-	1 / 60	-	-	● <1						
	3																	
	4						Very Soft	-	1 / 50	-	-	● <1						
	5																	
	6				Clay and silt, inorganic, trace to little of sand, contain crushed shell at some depths.	Grey	☑	Very Soft	-	1 / 50	-	-	● <1					
	7																	
	8							Very Soft	-	1 / 50	-	-	● <1					
	9																	
10							Very Soft	-	1 / 50	-	-	● <1						
11																		
16/12/2014	12			Sand, contain crushed shells.		☑	-	Loose	1 / 15	1 / 15	1 / 15	● 2						
	13						Stiff	-	4 / 15	6 / 15	8 / 15	● 14						
	14			Clay and silt, inorganic, trace of sand.	Yellowish brown	☑												
	15						Stiff	-	3 / 15	6 / 15	8 / 15	● 14						
	16																	
	17				Silt and clay, inorganic, little to some sand.	Brown	☑	Very Stiff	-	5 / 15	10 / 15	13 / 15	● 23					
	18							Very Stiff	-	4 / 15	7 / 15	10 / 15	● 17					
	19			Clay and silt, inorganic, trace of sand.	Grey	☑												
	20							-	Medium	4 / 15	7 / 15	11 / 13	● 18					
	21			Sand some silt, cemented at some depths.	Brown	☑												
22				Sand, fine to coarse grained, little gravel, trace silt, contain crushed shell.	Grey	☑	-	Dense	13 / 15	20 / 15	25 / 15	● 45						
23							-	Dense	10 / 15	18 / 15	25 / 15	● 43						
24																		
18/12/2014	25						Very Stiff	-	5 / 15	7 / 15	10 / 15	● 17						
	26			Clay and silt, inorganic, trace to some of sand.	Yellowish brown	☑												
	27						Very Stiff	-	4 / 15	8 / 15	9 / 15	● 17						
	28																	
	29																	
	30																	

NOTE :








- 0 to 10 % = Trace
- 10 to 20 % = Little
- 20 to 35 % = Some
- 35 to 50 % = And

- ☑ = Undisturbed sample
- ☒ = SPT
- ☒ = Core sample

NOTES

BOR. DB-1 (60.0 m)
 BOR. DB-2 (60.0 m)
 BOR. DB-3 (60.0 m)
 BOR. DB-4 (60.0 m)

LEGEND

-  Fill material consist clay and silt/ sand & gravel
-  Clay and silt, vary to soft consistency.
-  Sand and silt/ Silt & sand, very loose to dense
-  Clay and silt, medium to stiff consistency.
-  Silt and clay, stiff to hard consistency.
-  Sand, medium to ve dense.
-  Clay and silt, stiff to very stiff consistency.

CROSS SECTION

CROSS SECTION 2-2

Sta.	Info.	Description	Sta.	Info.
▲				
▲				
▲				
▲				

Client :

PT. SURYA BUNDEKAR SEJANTENA SURABAYA

Consultant :

TESTAMA ENGINEERING, IN
 Jl. Jend. Sudirman No. 100, Surabaya
 - A. Opik 04, Surabaya 6024
 Phone/Fax : (031) 5676321

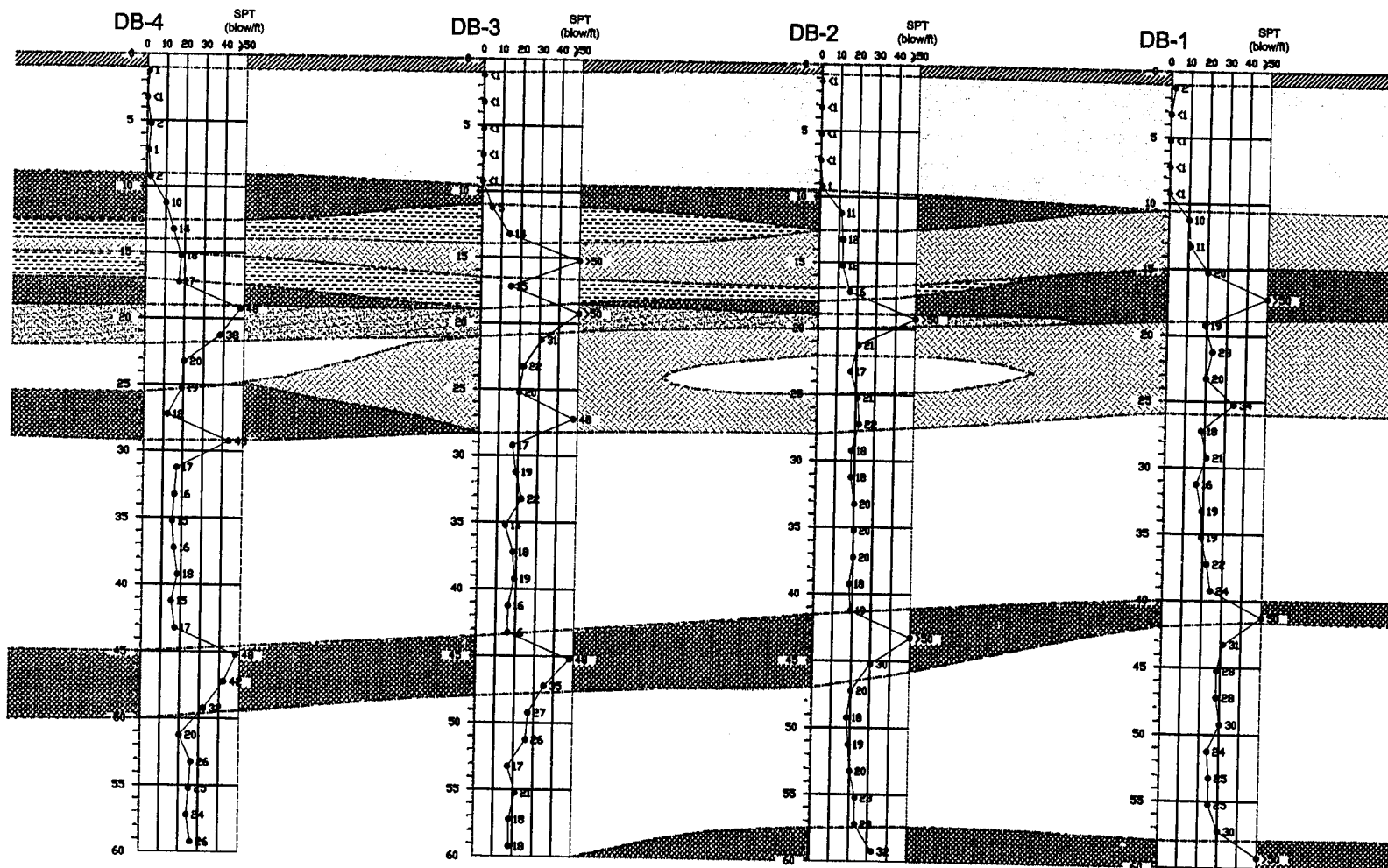
APPROVED PUNCH SHEET
 A. SURYA BUNDEKAR SEJANTENA SURABAYA

A.S.I. SOIL PROFILE
 SHEET NO. 10 OF 10

Drawn by: Checked by:
 Date: Date:

Approved by:

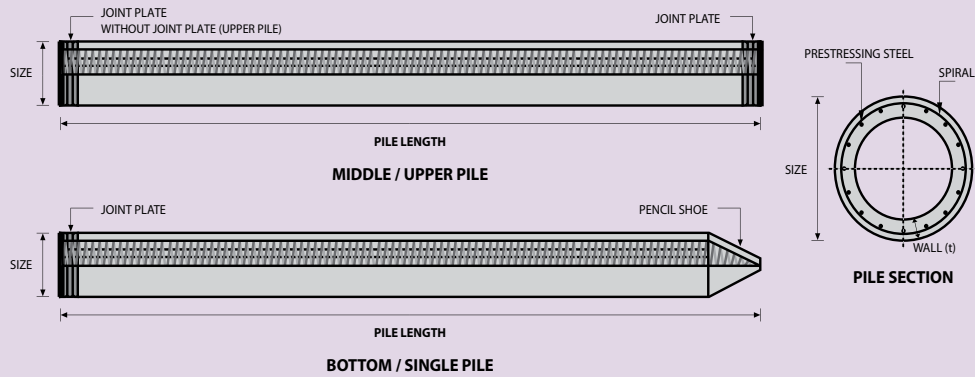
Code	Total Sheet	Sheet
01-02/001/01	2	2



SOIL PROFILE IN CROSS SECTION 2-2

DB-4, DB-3, DB-2, DB-1

PILE SHAPE & SPECIFICATION | PRESTRESSED CONCRETE SPUN PILES



PRESTRESSED CONCRETE SPUN PILES SPECIFICATION

Concrete Compressive Strength $f_c' = 52 \text{ MPa}$ (Cube 600 kg/cm^2)

Size (mm)	Thickness Wall (t)	Cross Section (cm ²)	Section Inertia (cm ⁴)	Unit Weight (kg/m)	Class	Bending Moment		Allowable Compression (ton)	Decompression Tension (ton)	Length of Pile ** (m)
						Crack * (ton.m)	Break (ton.m)			
300	60	452.39	34,607.78	113	A2	2.50	3.75	72.60	23.11	6 - 12
					A3	3.00	4.50	70.75	29.86	6 - 13
					B	3.50	6.30	67.50	41.96	6 - 14
					C	4.00	8.00	65.40	49.66	6 - 15
350	65	581.98	62,162.74	145	A1	3.50	5.25	93.10	30.74	6 - 13
					A3	4.20	6.30	89.50	37.50	6 - 14
					B	5.00	9.00	86.40	49.93	6 - 15
					C	6.00	12.00	85.00	60.87	6 - 16
400	75	765.76	106,488.95	191	A2	5.50	8.25	121.10	38.62	6 - 14
					A3	6.50	9.75	117.60	45.51	6 - 15
					B	7.50	13.50	114.40	70.27	6 - 16
					C	9.00	18.00	111.50	80.94	6 - 17
450	80	929.91	166,570.38	232	A1	7.50	11.25	149.50	39.28	6 - 14
					A2	8.50	12.75	145.80	53.39	6 - 15
					A3	10.00	15.00	143.80	66.57	6 - 16
					B	11.00	19.80	139.10	78.84	6 - 17
					C	12.50	25.00	134.90	100.45	6 - 18
500	90	1,159.25	255,324.30	290	A1	10.50	15.75	185.30	54.56	6 - 15
					A2	12.50	18.75	181.70	68.49	6 - 16
					A3	14.00	21.00	178.20	88.00	6 - 17
					B	15.00	27.00	174.90	94.13	6 - 18
					C	17.00	34.00	169.00	122.04	6 - 19
600	100	1,570.80	510,508.81	393	A1	17.00	25.50	252.70	70.52	6 - 16
					A2	19.00	28.50	249.00	77.68	6 - 17
					A3	22.00	33.00	243.20	104.94	6 - 18
					B	25.00	45.00	238.30	131.10	6 - 19
					C	29.00	58.00	229.50	163.67	6 - 20
800	120	2,563.54	1,527,869.60	641	A1	40.00	60.00	415.00	119.34	6 - 20
					A2	46.00	69.00	406.10	151.02	6 - 21
					A3	51.00	76.50	399.17	171.18	6 - 22
					B	55.00	99.00	388.61	215.80	6 - 23
					C	65.00	130.00	368.17	290.82	6 - 24
1000 ***	140	3,782.48	3,589,571.20	946	A1	75.00	112.50	613.52	169.81	6 - 22
					A2	82.00	123.00	601.27	215.16	6 - 23
					A3	93.00	139.50	589.66	258.19	6 - 24
					B	105.00	189.00	575.33	311.26	6 - 24
					C	120.00	240.00	555.23	385.70	6 - 24
1200 ***	150	4,948.01	6,958,136.85	1,237	A1	120.00	180.00	802.80	221.30	6 - 24
					A2	130.00	195.00	794.50	252.10	6 - 24
					A3	145.00	217.50	778.60	311.00	6 - 24
					B	170.00	306.00	751.90	409.60	6 - 24
					C	200.00	400.00	721.50	522.20	6 - 24

Unit Conversion : 1 ton = 9.8060 kN

Note : *) Crack Moment Based on JIS A 5335-1987 (Prestressed Spun Concrete Piles)
 **) Length of pile may exceed usual standard whenever lifted in certain position
 ***) Type of Shoe for Bottom Pile is Mamira Shoe

Kedalaman 22m = 294

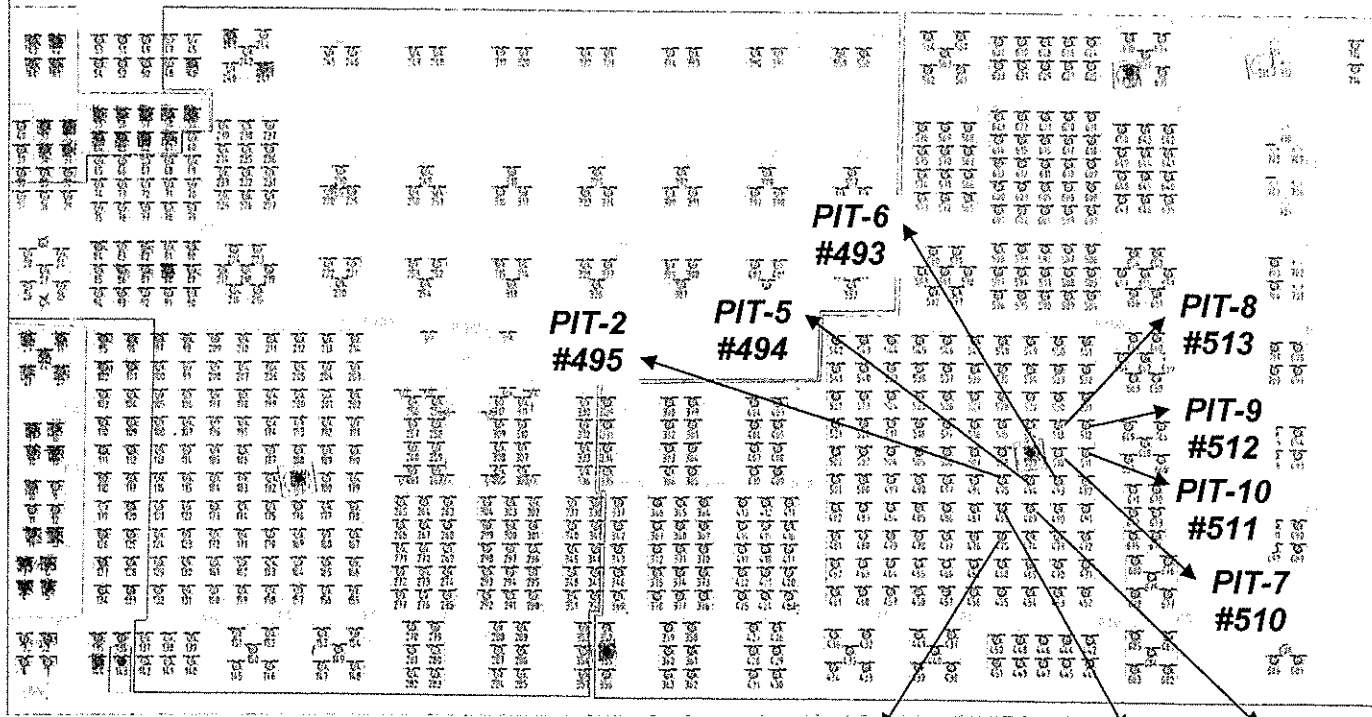
Kedalaman 20m = 38

Kedalaman 25m = 37

Kedalaman 24m = 38


Kedalaman 21m = 558

Tes Indikator Pile (use)






MONITORING PEMANCANGAN AREA TOWER A & PLAYGROUND
 SKALA 1 : 200

NO.	DESCRIPTION	DATE	STATUS
A	APPROVED		
B	ATTACHED WITH PERM		
C	PLACED AT THE SITE		
D	IN A FILE		


PUNCAK MERU
 APARTMENTS

PT SURYA BUMIHEGAH SEJAHTERA
 General Site Management
 PT SURYA BUMIHEGAH SEJAHTERA
 IN HOUSE
 Architectural design consultant

Drawing Stage: **Shop Drawing**
 **Cedung** **PT WUATAKARTA**
 BANGUNAN GEDUNG
 Mechanical & Electrical design consultant
 **Cedung** **PT WUATAKARTA**
 BANGUNAN GEDUNG

Society Name: **PT SURYA BUMIHEGAH SEJAHTERA**
 IN HOUSE
 **Cedung** **PT WUATAKARTA**
 BANGUNAN GEDUNG

Drawing By: _____
 Checked By: _____
 Validity: _____
 Date: 19-05-2017 Date: _____
 Drawing Title:

MONITORING PEMANCANGAN AREA (TOWER A & PLAYGROUND)

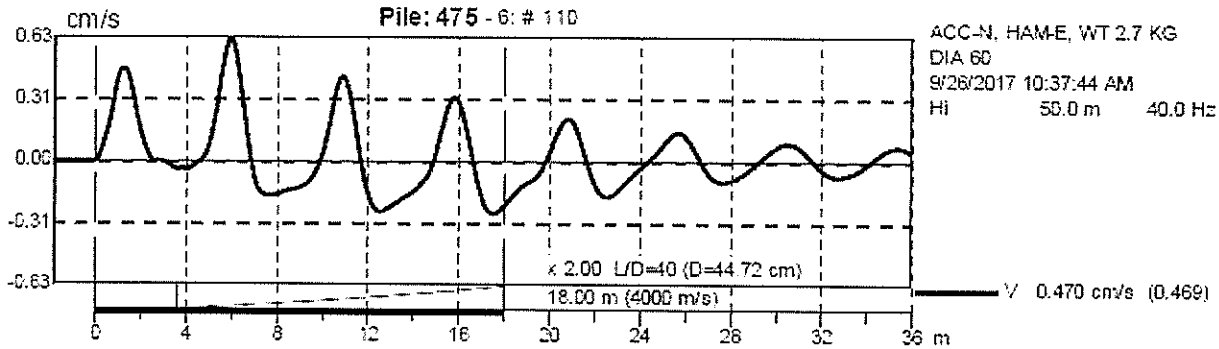
Drawing Stage: **SHOP DRAWING**

Drawing No: **SD/WG-PMA STR-PC-01**

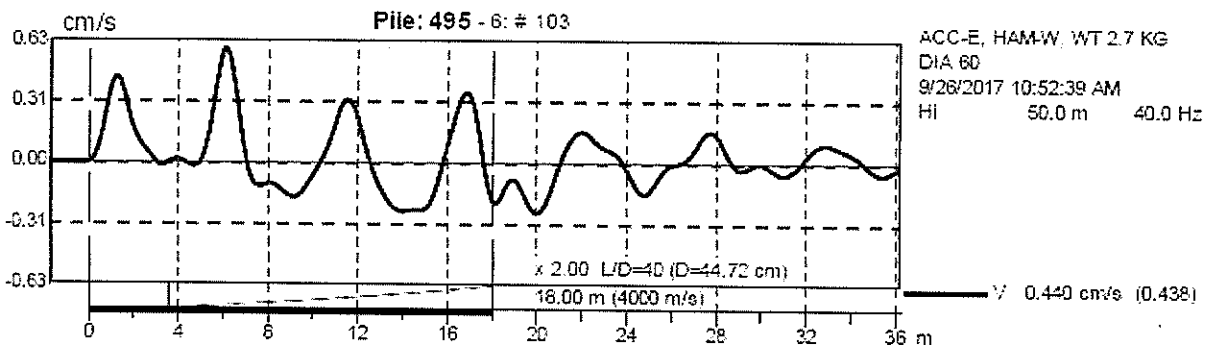
REVISI NO: _____
 CD FILE: _____



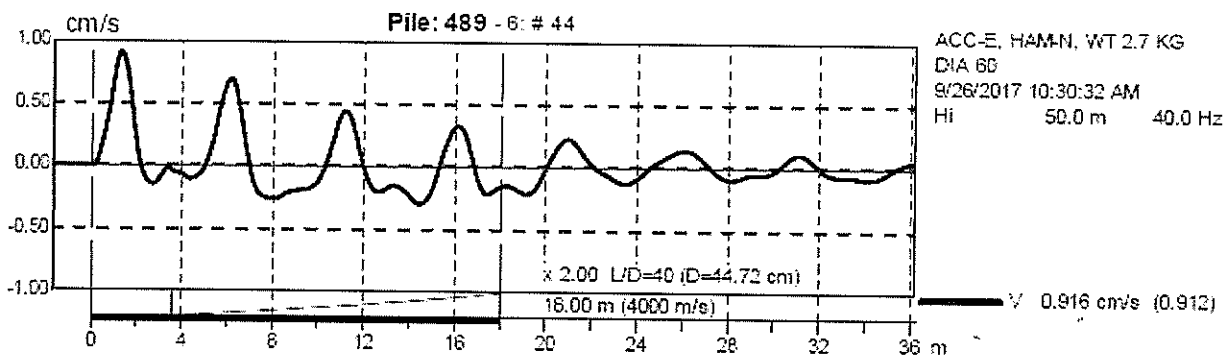
A.2.1. PILE INTEGRITY TESTING PILE # 475



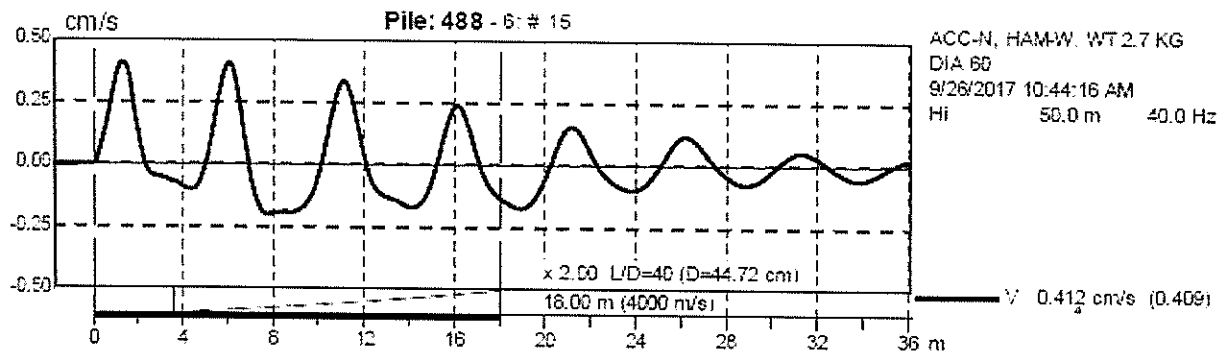
A.2.2. PILE INTEGRITY TESTING PILE # 495



A.2.3. PILE INTEGRITY TESTING PILE # 489

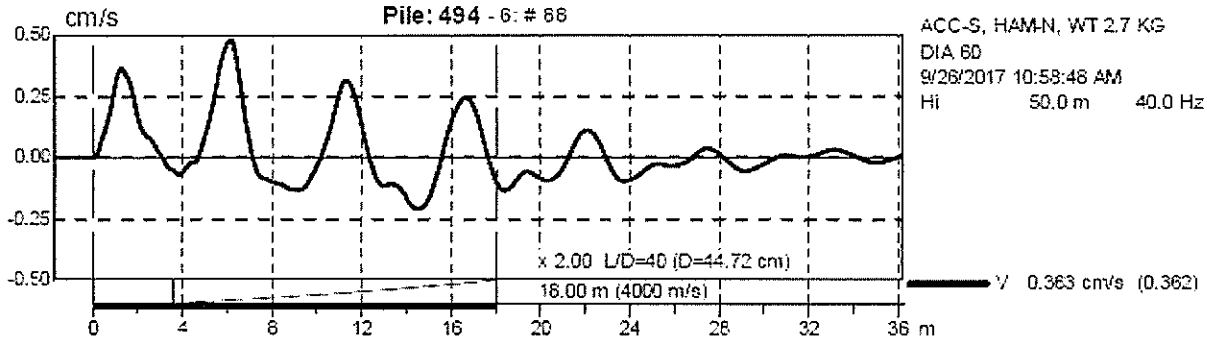


A.2.4. PILE INTEGRITY TESTING PILE # 488

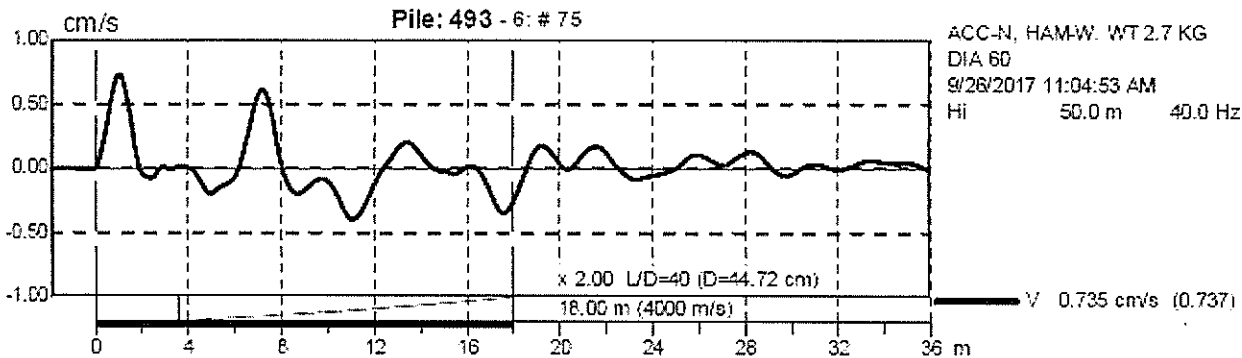




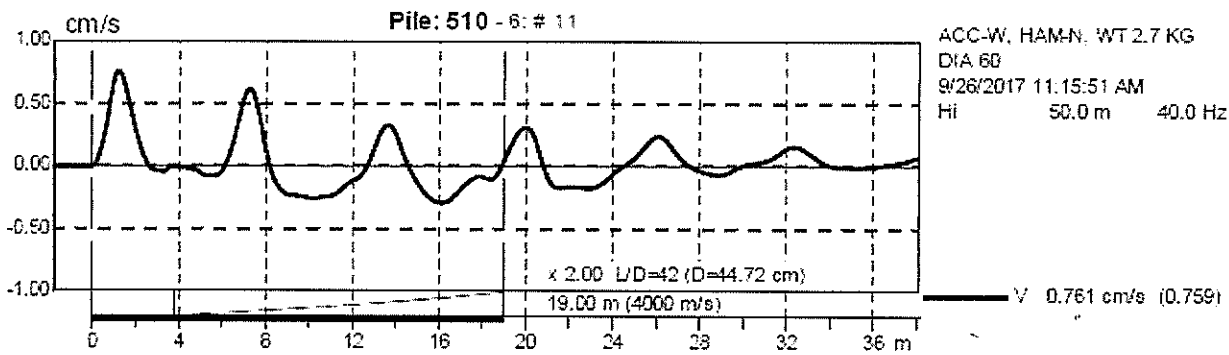
A.2.5. PILE INTEGRITY TESTING PILE # 494



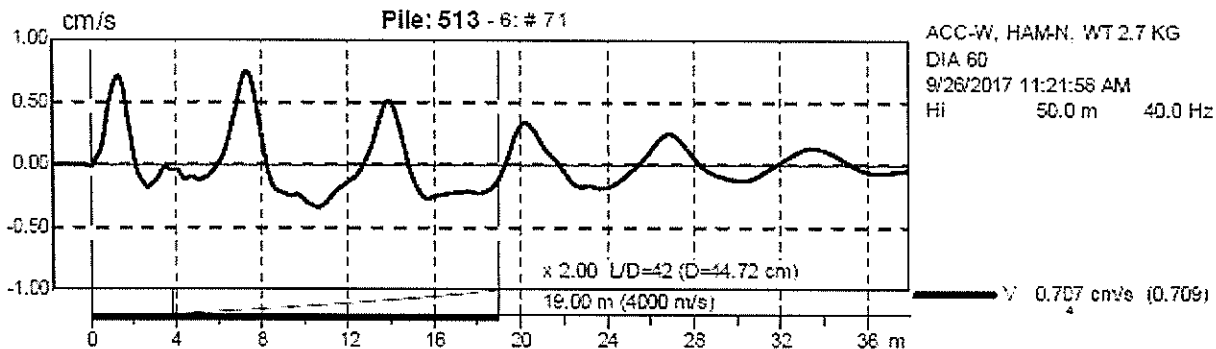
A.2.6. PILE INTEGRITY TESTING PILE # 493



A.2.7. PILE INTEGRITY TESTING PILE # 510

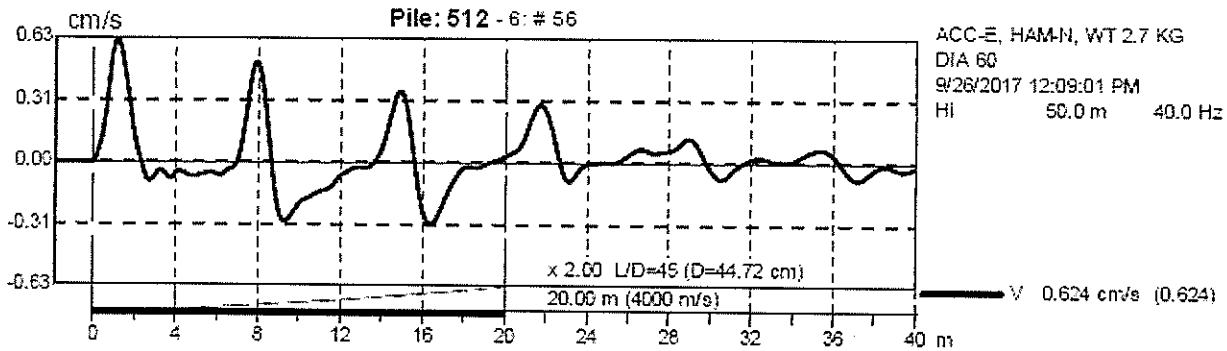


A.2.8. PILE INTEGRITY TESTING PILE # 513

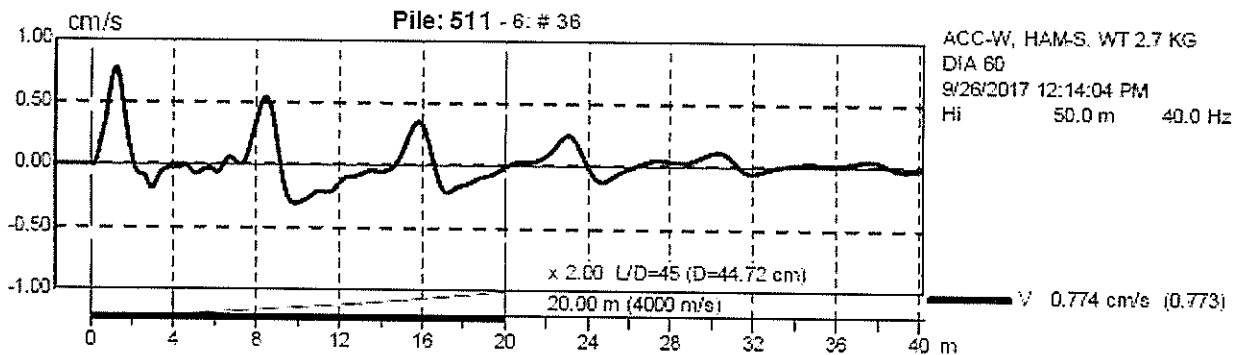




A.2.9. PILE INTEGRITY TESTING PILE # 512



A.2.10. PILE INTEGRITY TESTING PILE # 511



Kedalaman 22m = 294

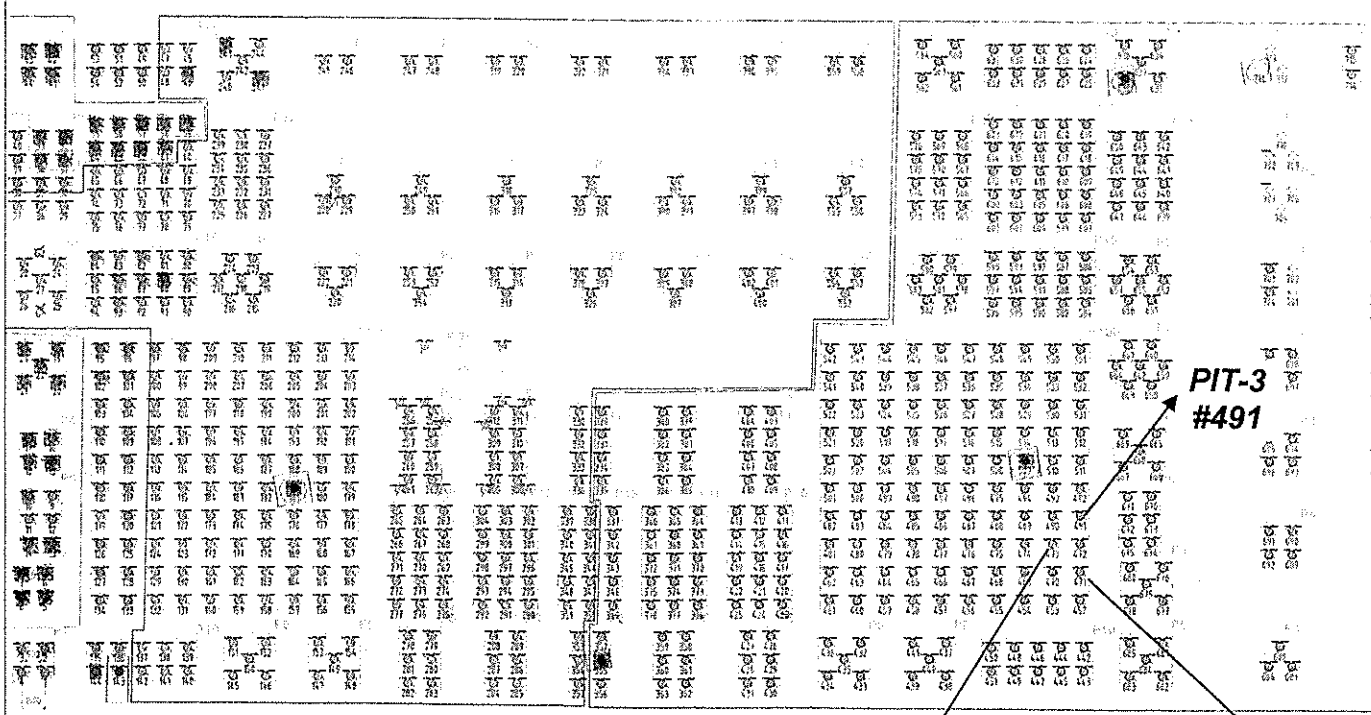
Kedalaman 25m = 37

Kedalaman 21m = 558

Kedalaman 20m = 38

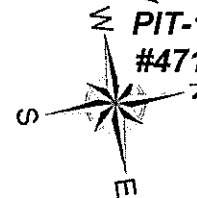
Kedalaman 24m = 38

Tes Indikator Pile (use)



MONITORING PEMANCANGAN AREA TOWER A & PLAYGROUND

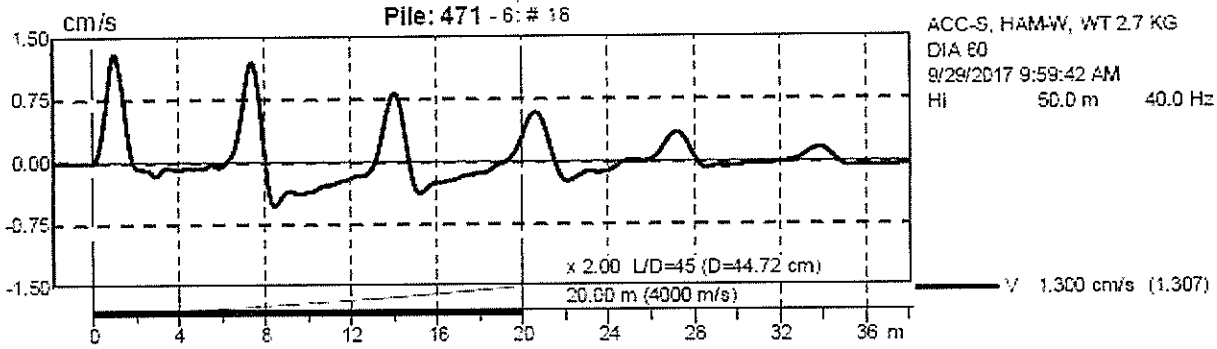
SKALA 1 : 200



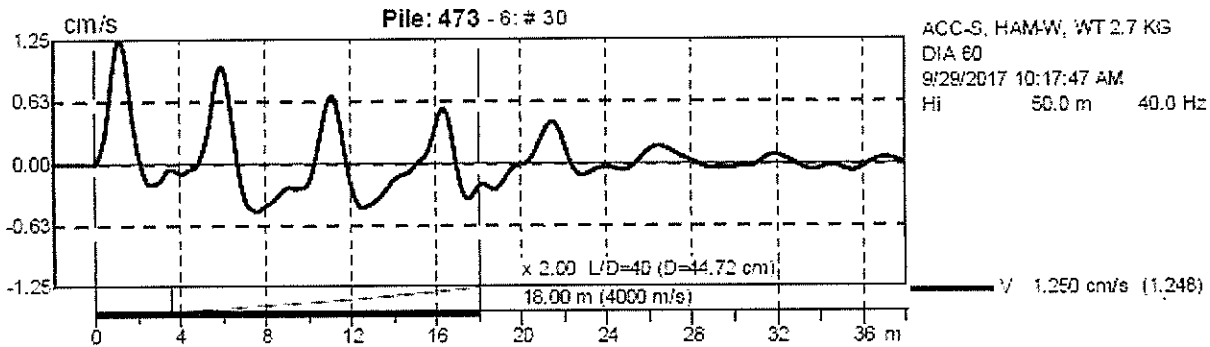
No.		Date		Scale	
A. APPROVED					
B. APPROVED WITH REVISION					
C. REVISED & RE-APPROVED					
D. REJECTED					
Nama PT SURYA BUMIH GAH SEJAHTERA Lokasi PT SURYA BUMIH GAH SEJAHTERA IN HOUSE Pekerjaan:					
Disetujui oleh:					
Ditinjau oleh:					
Quality check:					
PT SURYA BUMIH GAH SEJAHTERA IN HOUSE					
Site Location:					
PT WILAYAH KARYA DASARAH GEDUNG					
Drawing No.		Drawing Date		Drawing Scale	
Checked by		Checked by			
Date: 19-05-2017		Date:			
MONITORING PEMANCANGAN AREA (TOWER & PLAYGROUND)					
SHOP DRAWING					
Drawing No.		Drawing Date		Drawing Scale	
STR		SD/HG-PMA		STR-PC-01	
REV. NO.		REV. DATE		REV. BY	
001					



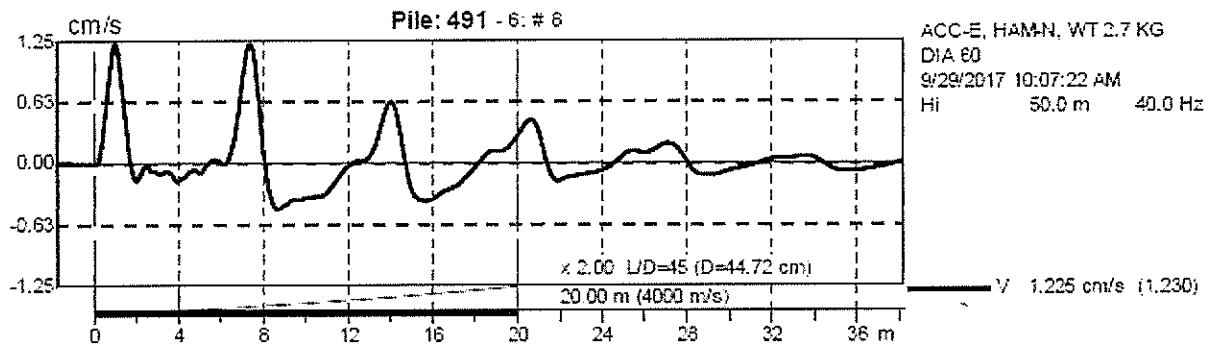
A.2.1. PILE INTEGRITY TESTING PILE # 471

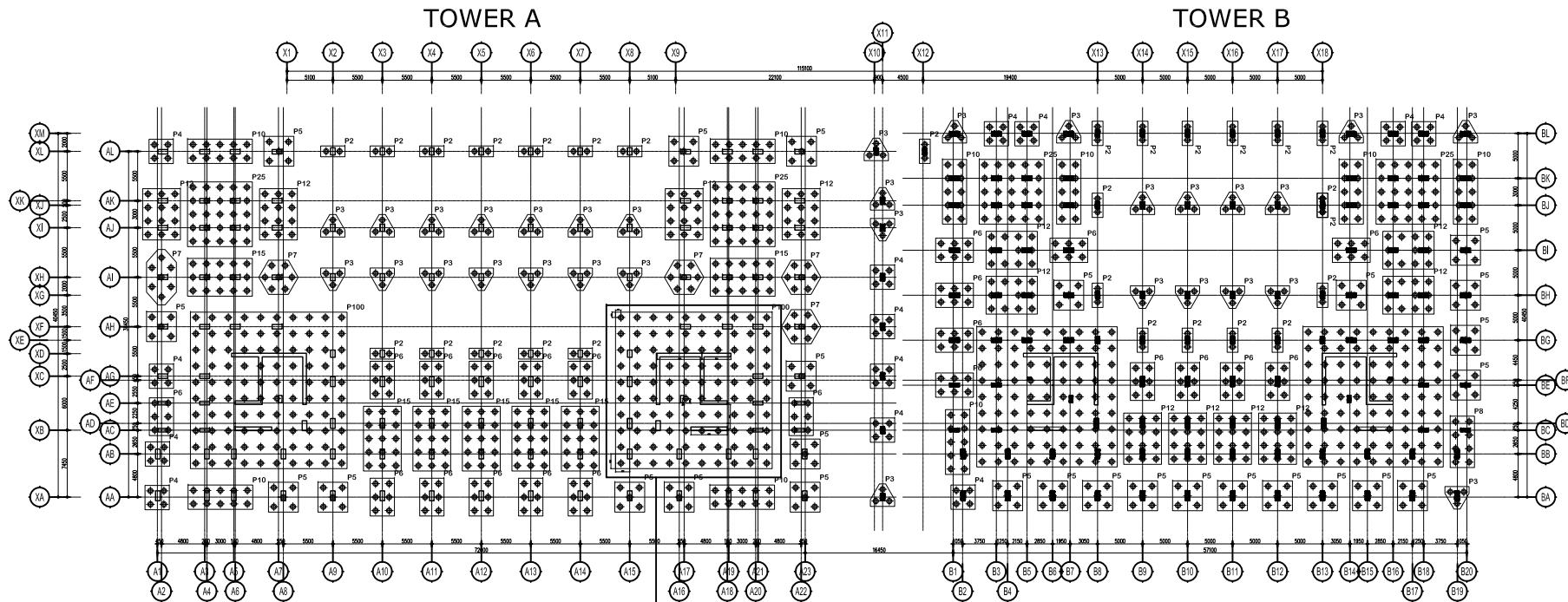


A.2.2. PILE INTEGRITY TESTING PILE # 473



A.2.3. PILE INTEGRITY TESTING PILE # 491

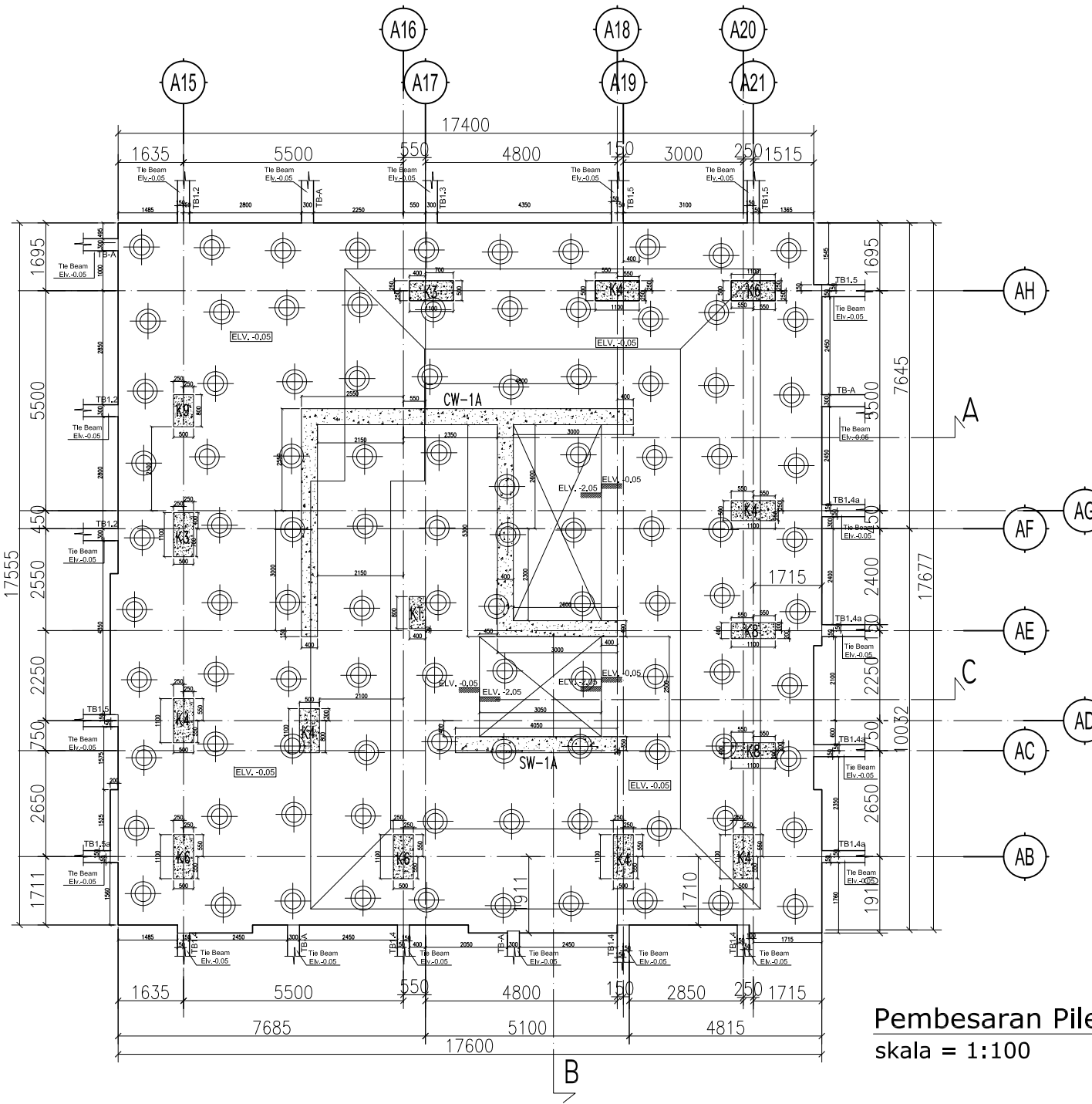




➤ Pilecap P100 Sektor-5

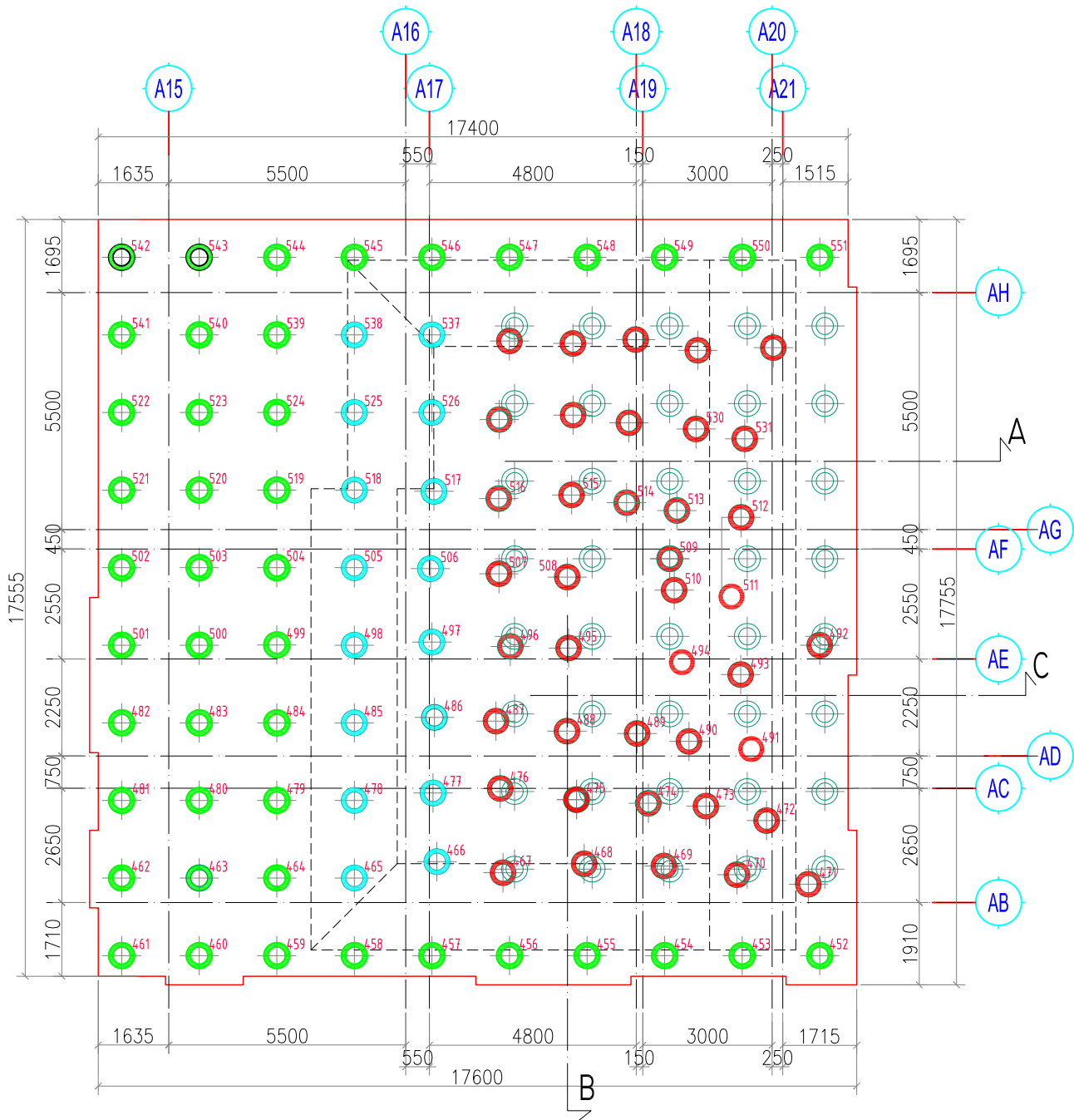
DENAH PILECAP TOWER A & B
 skala = 1:500

REMARKS			
REVISION			
NO.	ITEM	BY	DATE
DRAWING STATUS BY			
NO.	DESCRIPTION	DATE	SIGN
A	APPROVED		
B	APPROVED WITH NOTE		
C	REVISED & RESUBMITTAL		
D	REJECTED		
PROJECT :			
 PUNCAK MER PARTEM			
Owner :			
PT.SURYA BUMIMEGAH SEJAHTERA			
Construction management :			
PT.SURYA BUMIMEGAH SEJAHTERA IN HOUSE			
Architectural design consultants :			
 RENIK RENCANA ARSITEKTUR & KONSULTANSI LUBUK MATAH LAMPUNG 34000 TEL. 0361-71331 34000 TEL. 0361-71332			
Structural design consultants :			
 Gedung BIRO ENGINEERING PT. WIJAYA KARYA BANGUNAN GEDUNG			
Mechanical & Electrical design consultants :			
 Gedung PT. WIJAYA KARYA BANGUNAN GEDUNG			
Quantity surveyors :			
PT.SURYA BUMIMEGAH SEJAHTERA IN HOUSE			
Main Contractor :			
 Gedung PT. WIJAYA KARYA BANGUNAN GEDUNG			
MP	IR.M.YUSUF	<i>Yusuf</i>	
CO.ENGINEERING	DHANI RAGIL A,ST		
ENGINEERING	WIDODO S,ST		
DRAFTER	MUH ALFAN , I	<i>Alfan</i>	
Submit by	Checked By		
Date	Date		
Drawing title :			
DENAH PILECAP TOWER A & TOWER B			
Scale : 1:NTS			
Drawing Status :			
SHOP DRAWING			
Dwg code	Drawing no		
STR	SD/WG-PMA STR-		
REFER DWG			REVIS NO
CAD FILE	p100.tgk 15.10.2017.dwg		



Pembesaran Pile Cap P100 Sektor-5
 skala = 1:100

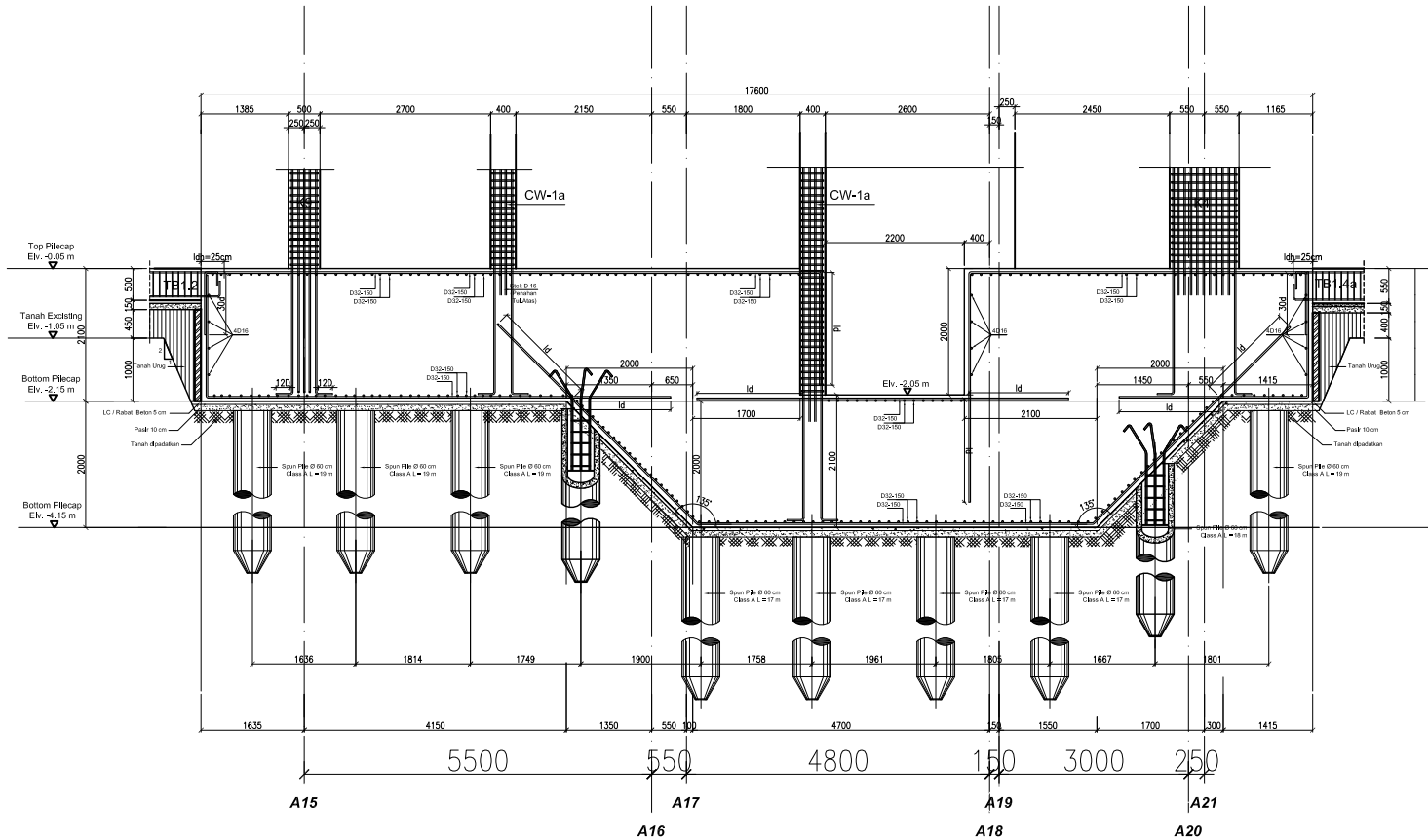
REMARKS			
REVISION			
NO.	ITEM	BY	DATE
DRAWING STATUS BY			
NO.	DESCRIPTION	DATE	SIGN
A	APPROVED		
B	APPROVED WITH NOTE		
C	REVISED & RESUBMITTAL		
D	REJECTED		
PROJECT :			
 PUNCAK MER APARTEMEN			
Owner :			
PT.SURYA BUMIMEGAH SEJAHTERA			
Construction management :			
PT.SURYA BUMIMEGAH SEJAHTERA IN HOUSE			
Architectural design consultants :			
 RENIK <small>REKONSTRUKSI DAN REHABILITASI</small> <small>PT. SURYA BUMIMEGAH SEJAHTERA</small> <small>JALAN MERDEKA NO. 119</small> <small>TELUK ANSON, KEMAS, JAKARTA 11530</small>			
structural design consultants :			
 BIRO ENGINEERING PT. WIJAYA KARYA BANGUNAN GEDUNG			
Mechanical & Electrical design consultants :			
 BIRO ENGINEERING PT. WIJAYA KARYA BANGUNAN GEDUNG			
Quantity surveyors :			
PT.SURYA BUMIMEGAH SEJAHTERA IN HOUSE			
Main Contractor :			
 BIRO ENGINEERING PT. WIJAYA KARYA BANGUNAN GEDUNG			
MP	IR.M.YUSUF	<i>Yusuf</i>	
CO.ENGINEERING	DHANI RAGIL A,ST		
ENGINEERING	WODOO S,ST		
DRAFTER	MUH ALFAN , I	<i>Alfan</i>	
Submit by		Checked By	
Date		Date	
Drawing title :			
DENAH TITIK KOORDINAT BOREPILE P100 SEKTOR 5 TOWER A			
Scale : 1:NTS			
Drawing Status :			
SHOP DRAWING			
Dwg code	Drawing no		
STR	SD/WG-PMA STR-		
REFER DWG			REVIS NO
CAD FILE	p100_tgr_10.10.2017.dwg		



Denah Spun Pile (Eksisting)
skala = 1:100

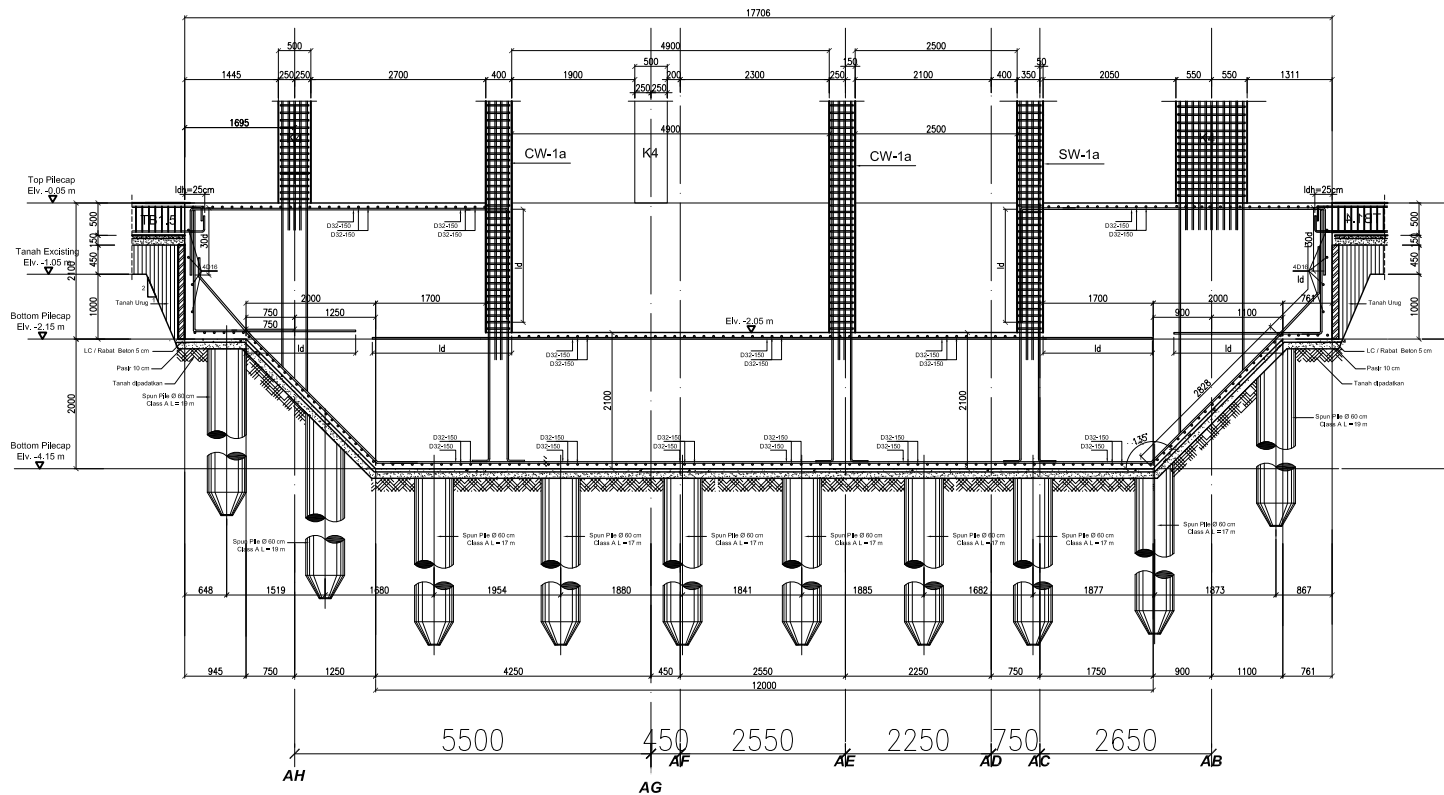
- Keterangan =
-  = SPUNPILE KONDISI BAIK / TIDAK RUSAK
 -  = SPUNPILE KONDISI PATAH SEDANG BISA DIGUNAKAN / USED
 -  = SPUNPILE KONDISI PATAH BURUK (BERPINDAH KOORDINAT)
 -  = KOORDINAT TIANG PANCANG AWAL/RENCANA

REMARKS			
REVISION			
NO.	ITEM	BY	DATE
DRAWING STATUS BY			
NO.	DESCRIPTION	DATE	SIGN
A	APPROVED		
B	APPROVED WITH NOTE		
C	REVISED & RESUBMITTAL		
D	REJECTED		
PROJECT :			
			
Owner :			
PT.SURYA BUMIMEGAH SEJAHTERA			
Construction management :			
PT.SURYA BUMIMEGAH SEJAHTERA IN HOUSE			
Architectural design consultants :			
			
structural design consultants :			
			
Mechanical & Electrical design consultants :			
			
Quantity surveyors :			
PT.SURYA BUMIMEGAH SEJAHTERA IN HOUSE			
Main Contractor :			
			
MP	IR.M.YUSUF	<i>Yusuf</i>	
CO.ENGINEERING	DHANI RAGIL ASTI		
ENGINEERING	WODOO S.ST		
DRAFTER	MUH ALFAN, I	<i>Alfan</i>	
Submit by		Checked by	
Date		Date	
Drawing title :			
DENAH & TITIK KOORDINAT BORE PILE P100 SEKTOR 5 TOWER A			
Scale : 1:50			
Drawing Status :			
SHOP DRAWING			
Dwg code	Drawing no		
STR	SD/WG-PMA STR-BPTA-02-P1-18.A		
REFER DWG		REVISI NO	
CAD FILE	p100-18-10-2017.dwg		01



DETAIL TULANGAN POTONGAN A
P100 AS (AB-AH ~ A15-A21)
 SKALA 1 : 100

REMARKS			
REVISION			
NO.	ITEM	BY	DATE
DRAWING STATUS BY			
NO.	DESCRIPTION	DATE	SIGN
A	APPROVED		
B	APPROVED WITH NOTE		
C	REVISED & RESUBMITTAL		
D	REJECTED		
PROJECT :			
 PUNCAK MER PARTEM			
Owner :			
PT.SURYA BUMIMEGAH SEJAHTERA			
Construction management :			
PT.SURYA BUMIMEGAH SEJAHTERA IN HOUSE			
Architectural design consultants :			
 RENIK <small>REKONSTRUKSI DAN PERENCANAAN</small> <small>JALAN MERDEKA NO. 67</small> <small>TELUK ANSON, KEMAMAN 06000</small>			
Structural design consultants :			
 BIRO ENGINEERING PT. WIJAYA KARYA BANGUNAN GEDUNG			
Mechanical & Electrical design consultants :			
 PT. WIJAYA KARYA BANGUNAN GEDUNG			
Quantity surveyors :			
PT.SURYA BUMIMEGAH SEJAHTERA IN HOUSE			
Main Contractor :			
 PT. WIJAYA KARYA BANGUNAN GEDUNG			
MP	IR.M.YUSUF	<i>YM</i>	
CO.ENGINEERING	DHANI RAGIL A,ST		
ENGINEERING	WODOO S,ST		
DRAFTER	MUH ALFAN , I	<i>AL</i>	
Submit by	Checked By		
Date	Date		
Drawing title :			
DENAH TITIK KOORDINAT BOREPILE P100 SEKTOR 5 TOWER A			
Scale : 1:100			
Drawing Status :			
SHOP DRAWING			
Dwg code	Drawing no		
STR	SD/WG - PMA STR-		
REFER DWG			REVIS NO
CAD FILE	p100_tg 10.10.2017.dwg		



DETAIL TULANGAN POTONGAN B P100 AS (AB-AH ~ A15-A21)

SKALA 1 : 100

REMARKS

REVISION

NO.	ITEM	BY	DATE

DRAWING STATUS BY

NO.	DESCRIPTION	DATE	SIGN
A	APPROVED		
B	APPROVED WITH NOTE		
C	REVISED & RESUBMITTAL		
D	REJECTED		

PROJECT :



**PUNCAK MER
APARTEM**

Owner :
PT.SURYA BUMIMEGAH SEJAHTERA

Construction management :
**PT.SURYA BUMIMEGAH SEJAHTERA
IN HOUSE**

Architectural design consultants :
RENİK
ARQUITETUR DAN PERENCANAAN
JALAN KHARISMA NO. 67
TAMAN KESPA, BANYUWANGI - JAWA BARU 71320

Structural design consultants :
Gedung BIRO ENGINEERING
PT. WIJAYA KARYA
BANGUNAN GEDUNG

Mechanical & Electrical design consultants :
Gedung PT. WIJAYA KARYA
BANGUNAN GEDUNG

Quantity surveyors :
**PT.SURYA BUMIMEGAH SEJAHTERA
IN HOUSE**

Main Contractor :
Gedung PT. WIJAYA KARYA
BANGUNAN GEDUNG

MP	IR.M.YUSUF	<i>Yusuf</i>
CO. ENGINEERING	DHANI RAGIL A.S.T	
ENGINEERING	WIDODO S.ST	
DRAFTER	MUH ALFAN, I	<i>Alfan</i>
Submit by	Checked by	
Date	Date	

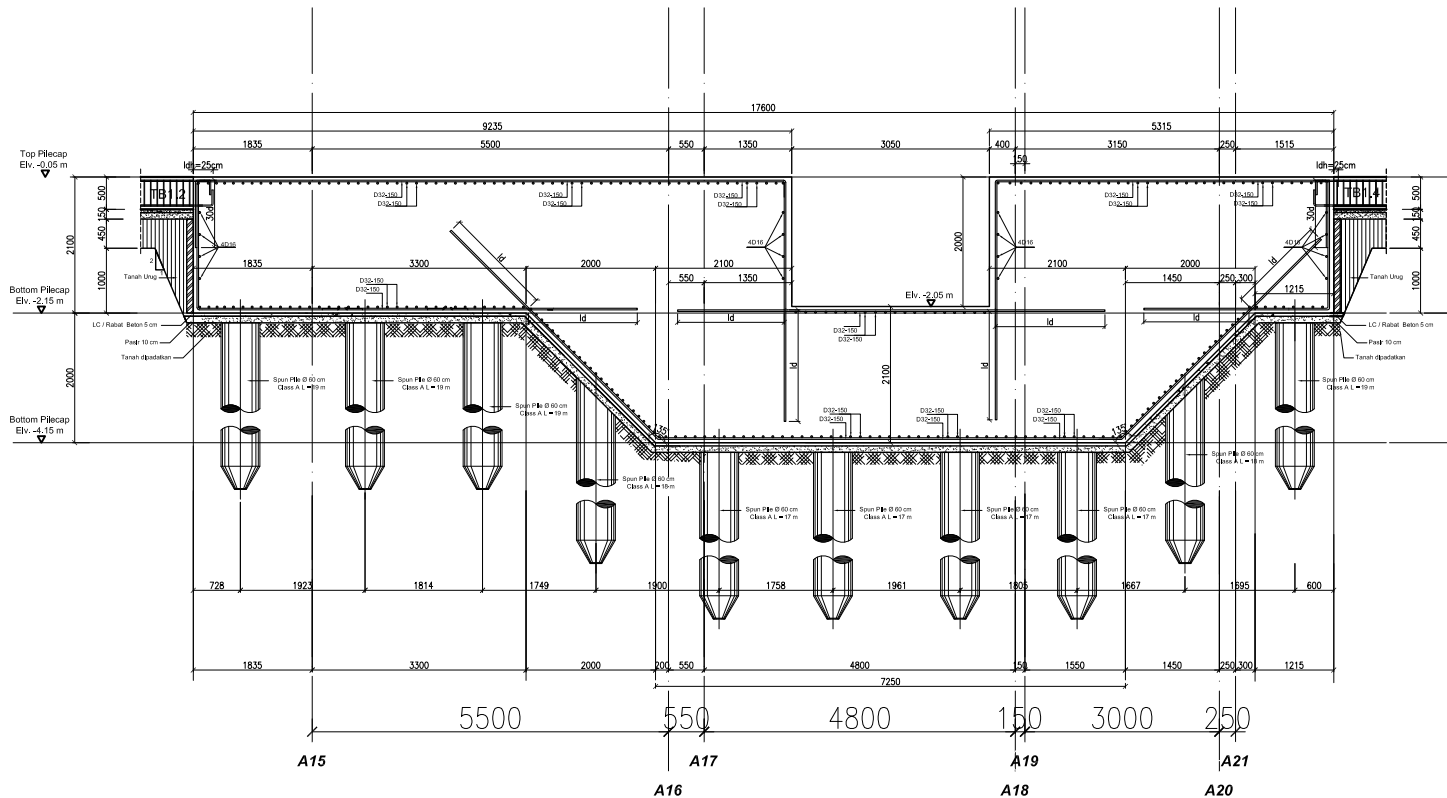
Drawing title :
**DENAH TITIK KOORDINAT BOREPILE
P100 SEKTOR 5
TOWER A**

Scale : 1:NTS

Drawing Status :
SHOP DRAWING

Dwg code	Drawing no
STR	SD/WG-PMA STR-

REFER DWG	REVISI NO
CAD FILE	p100_tg 10.10.2017.dwg



DETAIL TULANGAN POTONGAN C
P100 AS (AB-AH ~ A15-A21)

SKALA 1 : 100

REMARKS

REVISION

NO.	ITEM	BY	DATE

DRAWING STATUS BY

NO.	DESCRIPTION	DATE	SIGN
A	APPROVED		
B	APPROVED WITH NOTE		
C	REVISED & RESUBMITTAL		
D	REJECTED		

PROJECT :



PUNCAK MER
R P A R T E M

Owner :
PT.SURYA BUMIMEGAH SEJAHTERA

Construction management :
PT.SURYA BUMIMEGAH SEJAHTERA
IN HOUSE

Architectural design consultants :
RENİK
ARQUITECTURA
LACONIA AVENUE SUKSES
TAMAN SUNDA BARU - JABAR 15320

Structural design consultants :
Gedung BIRO ENGINEERING
PT. WIJAYA KARYA
BANGUNAN GEDUNG

Mechanical & Electrical design consultants :
Gedung PT. WIJAYA KARYA
BANGUNAN GEDUNG

Quantity surveyors :
PT.SURYA BUMIMEGAH SEJAHTERA
IN HOUSE

Main Contractor :
Gedung PT. WIJAYA KARYA
BANGUNAN GEDUNG

MP	IR.M.YUSUF	<i>Yusuf</i>
CO. ENGINEERING	DHANI RAGIL A,ST	
ENGINEERING	WODOO S,ST	
DRAFTER	MUH ALFAN, I	<i>Alfan</i>
Submit by	Checked by	
Date	Date	

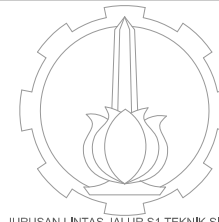
Drawing title :
DENAH TITIK KOORDINAT BOREPILE
P100 SEKTOR 5
TOWER A

Scale : 1:NTS

Drawing Status :
SHOP DRAWING

Dwg code	Drawing no
STR	SD/WG - PMA STR-

REFER DWG		REVISI NO
CAD FILE	p100_tg 10.10.2017.dwg	



JURUSAN LINTAS JALUR S1 TEKNIK SIPIL -
FTSLK INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER
SURABAYA

TUGAS AKHIR

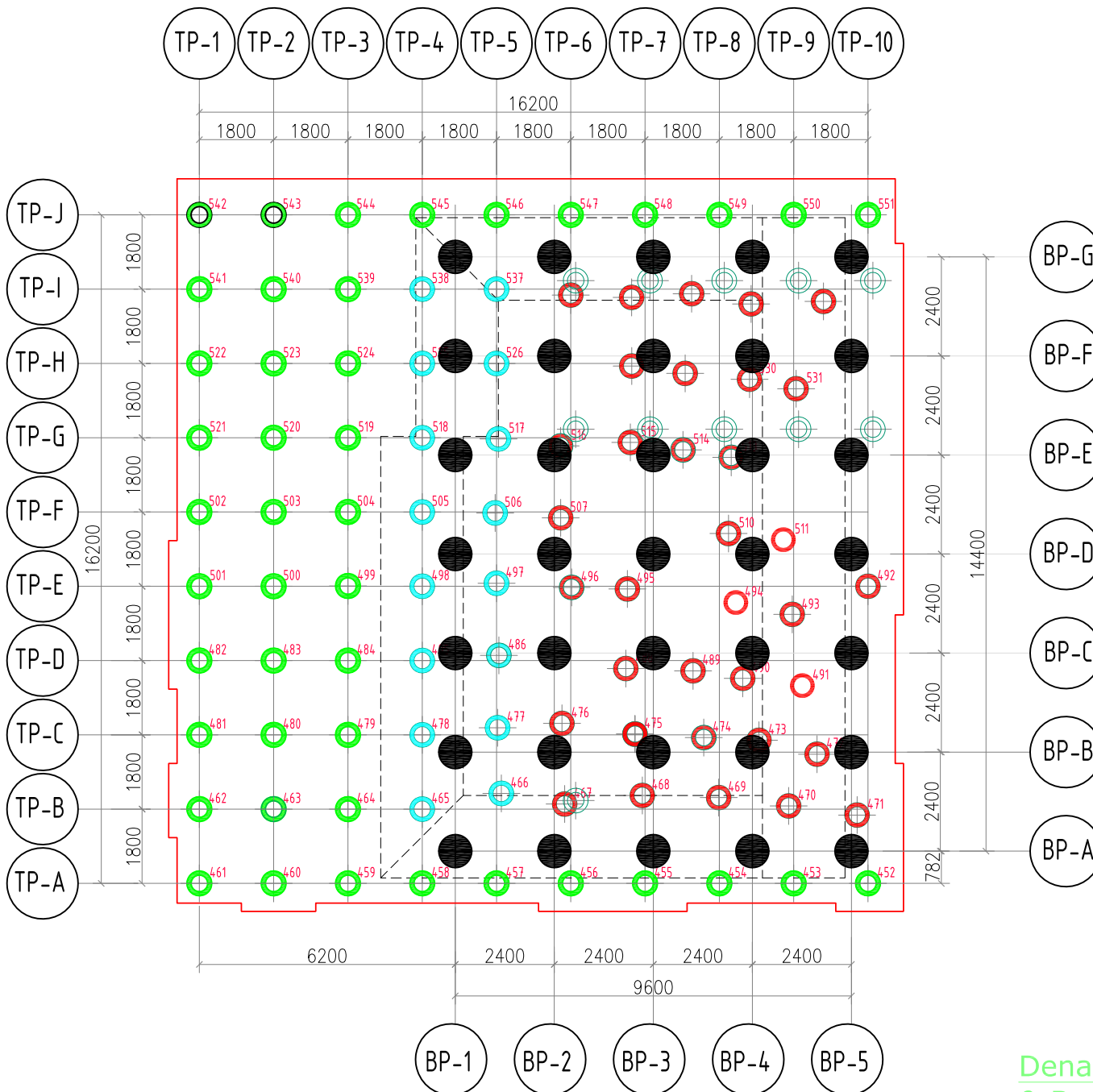
CATATAN

REVISI

DOSEN PEMBIMBING 1	Prof. Indrasurya B.M
DOSEN PEMBIMBING 2	Putu Tantri K. S. ST., MT
MAHASISWA 1	NABILAH R. I.
NRP	03111745000018

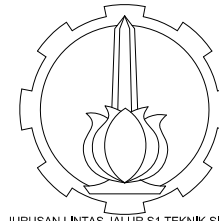
JUDUL SKALA

KODE GMBR	NO LMBR	JMLH LMBR
		1



- Keterangan =
- = SPUNPILE KONDISI BAIK / TIDAK RUSAK
 - = SPUNPILE KONDISI PATAH SEDANG BISA DIGUNAKAN / USED
 - = SPUNPILE KONDISI PATAH BURUK (BERPINDAH KOORDINAT)
 - = KOORDINAT TIANG PANCANG AWAL/RENCANA
 - = BOREPILE TAMBAHAN D80

Denah Spun Pile (Eksisting) & Bore Pile
skala = 1:100



JURUSAN LINTAS JALUR S1 TEKNIK SIPIL -
FTSLK INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER
SURABAYA

TUGAS AKHIR

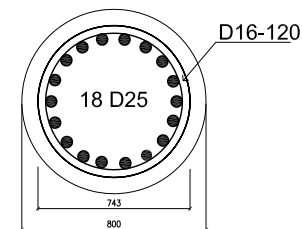
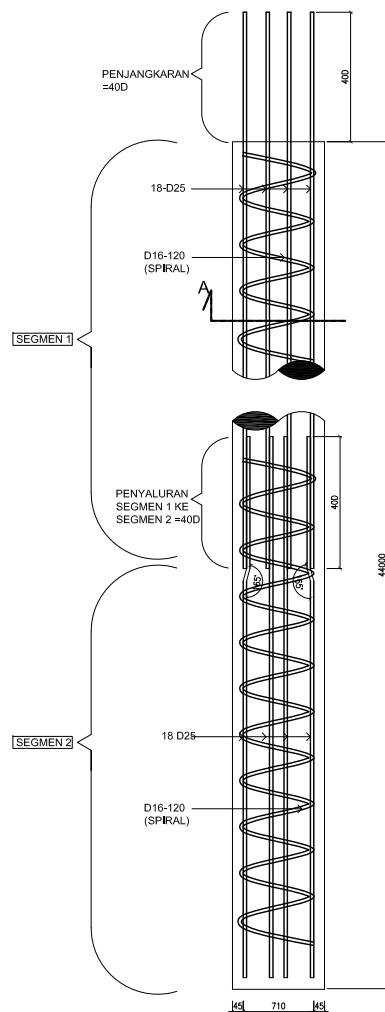
CATATAN

REVISI

DOSEN PEMBIMBING 1	Prof. Indrasurya B.M
DOSEN PEMBIMBING 2	Putu Tantri K. S. ST., MT
MAHASISWA 1	NABILAH R. I.
NRP	03111745000018

JUDUL	SKALA

KODE GMBR	NO LMBR	JMLH LMBR



POTONGAN A
SKALA 1 : 25

BORE PILE Ø80 (L = 44 m)
SKALA 1 : NTS



PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil Lt.2, Kampus ITS Sukotilo, Surabaya 60111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



Form AK/TA-04
rev01

NAMA PEMBIMBING	: Prof. Indrasurya B. Mochtar
NAMA MAHASISWA	: NABILAH RAHMANITA ISTIARY
NRP	: 03111745000018
JUDUL TUGAS AKHIR	: Analisa Daya Dukung Tiang Pancang yg Mengalami Pergeseran dan Penyebabnya pd Apartemen Puncu MERR Surabaya.
TANGGAL PROPOSAL	: Selasa 8 Januari 2019
NO. SP-MMTA	:

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1	26-03/2019	Mencari Mencari momen maksimum yg dapat diterima oleh TP yg mengalami pergeseran.		Slm
2	05-04/2019	Excess pore pressure ada pada Pondasi, analisa hasil PIT		Slm
3	17-04/2019	Perhitungan daya dukung yang digunakan pada pondasi eksisting		Slm
4	24-05/2019	Perhitungan pondasi eksisting dan Perencanaan kekuatannya dengan borpile		Slm
5	26-05/2019		Ada kejanggalan, daya dukung $\phi 80$ hanya sedikit di atas daya dukung $\phi 60$. Juga perhitungan dasarnya tidak cocok!	Slm



Form AK/TA-04
rev01

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil Lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: Putu Tanti Kumala S., ST. MT
NAMA MAHASISWA	: Nabilah R.I
NRP	: 0311174500018
JUDUL TUGAS AKHIR	: Analisa Daya Dukung Tiang pancang yg mengalami Pergeseran dan penyebabnya pada Apartemen Puncak MERR Surabaya.
TANGGAL PROPOSAL	: Selasa 8 Januari 2019
NO. SP-MMTA	:

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1.	29/03 '19	Menganalisa data tanah		
2.	08/04 '19	Pemodelan pondasi menggunakan Plaxis		
3.	19/04 '19	Analisa daya dukung yg digunakan untuk perhitungan perencanaan Pondasi (metode Meyerhoff / LDecourt)		
4.	30/04 '19	-Perhitungan daya dukung pondasi eksisting terhadap beban rencana. -Pemodelan excess pore pressure		
5.	17/05 '19	Perhitungan daya dukung pondasi eksisting memperhimbangkan galian pd lokasi		
6.	24/05 '19	Perencanaan penambahan pondasi borpile pada lokasi		
7.	26/05 '19	Perencanaan penambahan borpile pd Pondasi		