

BAB I

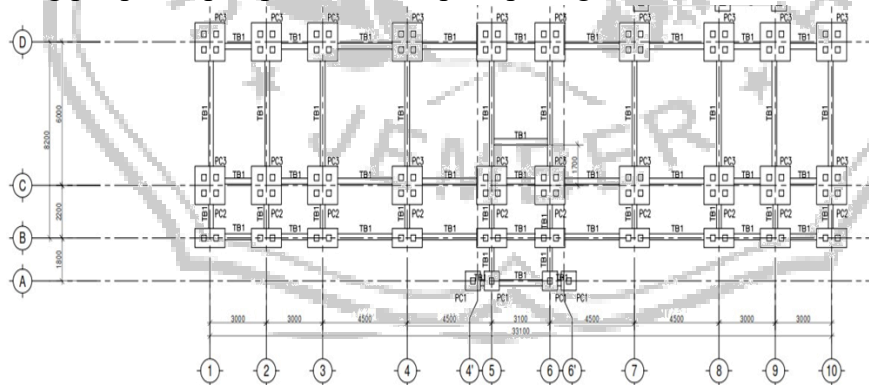
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pondasi adalah elemen struktur yang berada di posisi paling bawah dan langsung bersentuhan dengan tanah, berfungsi untuk menahan dan mendistribusikan beban dari bangunan ke tanah. Agar bangunan berdiri dengan kokoh dan stabil, pondasi harus dirancang serta dibangun dengan penuh ketelitian. Perencanaan pondasi mencakup pertimbangan dimensi dan perhitungan mekanis secara analitis. Jenis, kekuatan, dan daya dukung tanah sangat memengaruhi desain pondasi. Jika kondisi tanah baik, maka pondasi yang sederhana sudah cukup. Namun, bila tanah terdiri dari beberapa lapisan dan daya dukungnya lemah, maka dibutuhkan pondasi yang lebih rumit.

Dalam proses perancangannya, pondasi harus mempertimbangkan dua hal utama, yaitu penurunan (settlement) dan daya dukung tanah. Penurunan bisa terjadi secara merata (penurunan total) atau tidak merata (penurunan diferensial), yang dapat menyebabkan gangguan atau kerusakan pada struktur bangunan di atasnya.

Struktur pondasi rumah susun Pondok pesantren Mabadiul Ihsan digunakan Pondasi Tiang Pancang dengan ukuran 25×25 cm kedalam 6 m. Susunan Tiang per pile cap, diperlihatkan seperti pada gambar

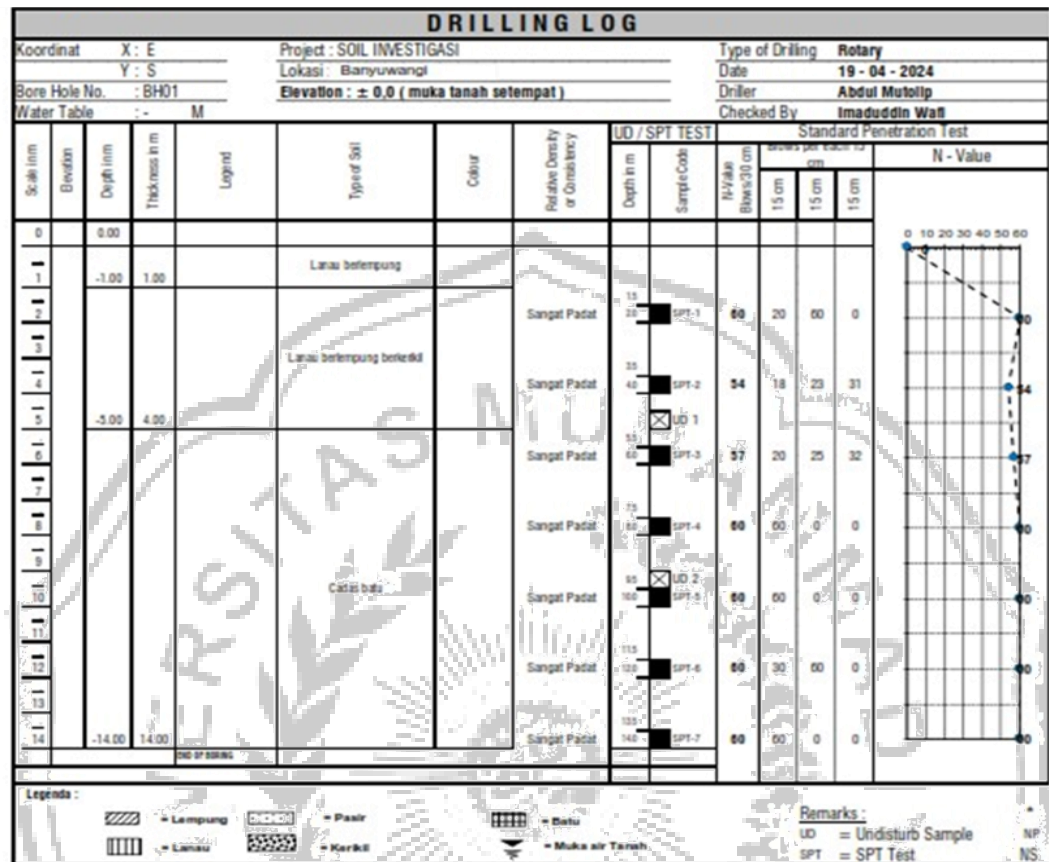


Gambar 1.1 Denah dan detail pondasi (rencana)

(Sumber: Dokumen Rencana PT. Adhihutama Konsulido)

Sedangkan data tanah yang tersedia sebagai berikut

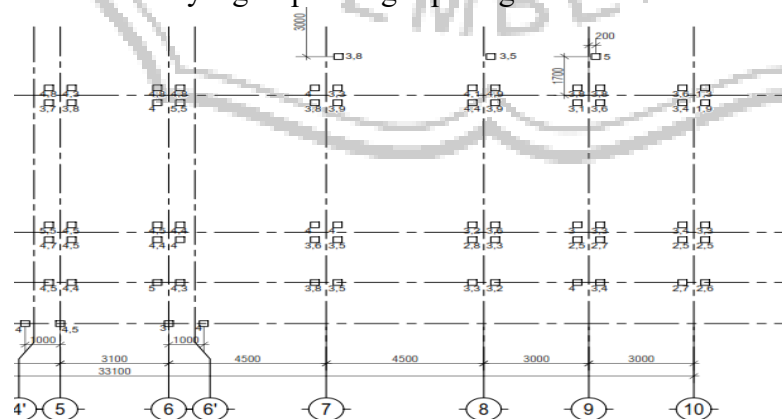
Tabel 1.1 Data Tanah Yang Tersedia



Gambar 1.2 Data tanah yang tersedia

(Sumber : Penyelidikan Tanah CV. Cipta Purnama Mandiri)

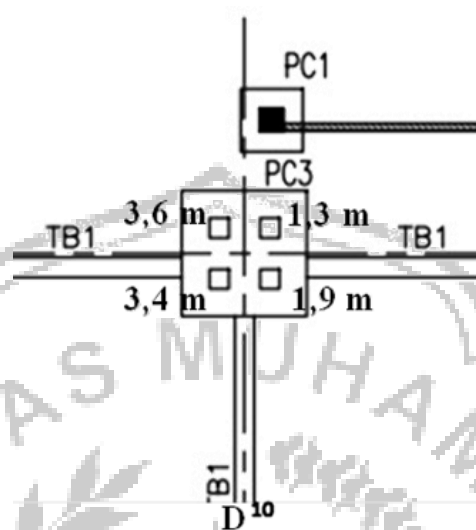
Memperhatikan pada Data tanah seperti yang tergambar pada Gambar 1/2 Pelaksanaan pemancangan tiang pancang telah dilaksanakan dan mendapatkan suatu variasi kedalaman yang terpancang seperti gambar berikut :



Gambar 1.3 Realisasi kedalaman tiang yang terlaksana

(Sumber : Dokumen CV. Mega Copilas)

Memperhatikan atas hasil kedalaman yang terlaksana, terdapat tiang yang terpenetrasi hanya sedalam 1,3 m dan 1,9 m, pada as D-10, seperti tergambar secara denah sebagai berikut.



Gambar 1.4 Plan Kedalaman tiang di pilecap dengan kedalaman tiang yang pendek.

(Sumber: Dokumen CV. Mega Copilas)

Pada dasarnya, dikarenakan tiang kategori “ end bearing “, dan sehingga bila terdapat suatu “ final set “, dengan ditandai kalendering. Hasil analisa daya dukung tiang dengan data kalendering telah dilakukan dan menghasilkan suatu hasil daya dukung yang memenuhi persyaratan yang direncanakan.

Memperhatikan Gambar 1.3 ,dan dikarenakan tebal pile cap 0,8 m maka badan tiang yang akan masih tertanam di tanah, hanya sebesar 0,5 m dan 1,1 m masing-masing untuk tiang yang masuk 1,3 m dan 1,9 m.

Bangunan gedung, selalu disertai dengan tie beam yang merupakan kopel antar pilecap, dengan ditandai bahwa tie beam akan direncanakan untuk memikul suatu gaya tarik atau tekan sebesar 10% dari reaksi vertikal di dasar kolom lantai 1.

Sehingga tidak dimungkinkan terjadinya suatu pergeseran lateral pilecap, yang sehingga suatu persyaratan tiang harus dikontrol kemampuan tahanan lateral tiang tidak diperlukan lagi.

Akan tetapi, memperhatikan suatu aturan bahwa disaat terjadi beban gempa, maka standar SNI 1726:2019 mengatur bahwa beban gempa yang ekstrim terjadi di saat bekerja menyudut dari bidang Cartesian gedung, yakni 100% dan 30% bekerja secara bersamaan.

Sifat beban gempa, yakni akan menjadikan gedung akan terguling, sehingga kemungkinan tiang pancang akan terjadi tegangan tarik bisa terjadi. Umumnya akan terjadi pada tiang yang berposisi ujung dan terluar, yakni pada pilecap as D-10, D-1, B-1 dan B-10.

Selain as D-10, kedalaman tiang yang tertanam masih bisa dianggap memenuhi syarat akan kekuatan tarik tiang akibat tanah, akan tetapi pada tiang pilecap As D-10, dengan hanya kedalaman yang tertanam 0,5m, maka kuat tarik tiang yang masih dimiliki tiang akibat tanah dianggap nol atau tidak ada. Oleh karena itu, atas hasil pelaksanaan penetrasi tiang tersebut, diperlukan suatu kajian.

1.2 Rumusan Masalah

Dari penjelasan pada bagian latar belakang, dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

- a. Apa yang menjadi perilaku tegangan pada tiang di pilecap As D-10.
- b. Rekomendasi apa yang dibutuhkan terhadap pilecap As D-10.

1.3 Maksud dan Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui tegangan pada tiang di pilecap As D-10
2. Untuk mendapatkan suatu rekomendasi teknis yang dibutuhkan terhadap pilecap As D-10

1.4 Batasan Masalah

1. Gedung yang di tinjau adalah gedung Rumah Susun Ponpes Mabadiul Ihsan Banyuwangi
2. Struktur bangunan dianalisa menggunakan SAP2000
3. Tidak menghitung RAB (Rencana Anggaran Biaya)

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Struktur Pondasi Pile Cap

Pada umumnya, Pile cap dibuat dari beton bertulang yang dicor secara langsung di atas permukaan tanah. Namun, jika kondisi tanah bersifat ekspansif, material pile cap perlu disesuaikan. Untuk kebutuhan konstruksi di wilayah lepas pantai, pile cap sering kali menggunakan bahan baja dan dicetak terlebih dahulu. Elemen ini juga berfungsi menyalurkan reaksi dari struktur atas ke tiang pancang di bawahnya (Hadi & Yasin, 2023). Pondasi Pile Cap digunakan untuk menghubungkan beberapa tiang pancang sehingga beban bangunan dapat didistribusikan secara merata ke setiap tiang yang terhubung dalam satu pondasi Pile Cap (Waryanto, 2018). Tahapan pelaksanaan pondasi Pile Cap meliputi pengukuran, penggalian, pemasangan besi, dan pengecoran. Proses ini dilaksanakan dengan fokus pada kualitas, biaya, dan waktu, serta memanfaatkan teknologi inovatif untuk mempercepat pengerjaan (Suprianto, 2019).

2.1.1 Elmen Struktur

Elemen struktur merupakan bagian penting dalam suatu bangunan yang berfungsi untuk menahan beban yang bekerja padanya. termasuk beban berat, gaya lateral, dan tegangan dari berbagai kondisi operasional. Elemen-elemen ini bisa berupa kolom, balok, pelat, dan lain-lain, yang saling terhubung dan bekerja sama untuk membentuk struktur bangunan yang kuat dan aman (Kapa' et al., 2023).

2.1.2 Gaya Lintang

Gaya lintang ialah gaya tegak lurus terhadap arah panjang batang terhadap potongan melintang yang menyebabkan suatu penampang akan bergeser bergerak keatas atau kebawah satu sama lain. (Alfisyahrin, A.2025)

2.1.3 Momen

Gaya dalam yang menahan lentur sumbu batang. Momen akan muncul ketika suatu gaya bekerja pada suatu titik yang tidak berimpit dengan titik tumpu atau titik rotasi, yaitu terdapat jarak tertentu di antaranya. Besarnya momen ditentukan dari hasil perkalian antara besar gaya yang bekerja dan jarak tegak

lurus dari titik gaya tersebut terhadap titik putar atau tumpuan. (Muanawir & Rismaliza, 2019)

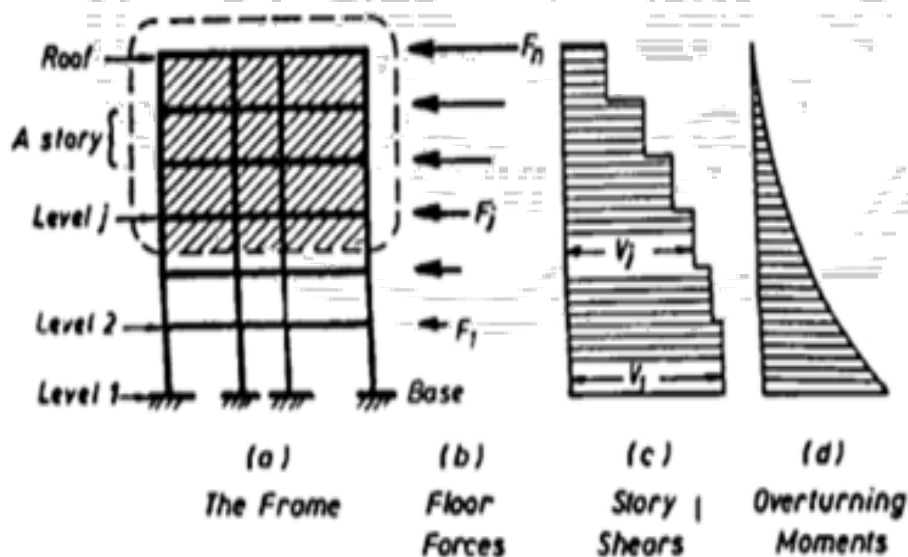
2.1.4 Gaya Normal

Gaya normal adalah gaya dalam yang bekerja sepanjang garis yang sejajar atau berimpit dengan sumbu utama batang, dan tegak lurus terhadap luas penampangnya. (Hermigo, 2012).

2.1.5. Respons beban gempa

Respons beban gempa dibedakan atas:

Respons dalam arah vertikal : gedung dianggap sebagai kantilver vertikal. Bila gedung hanya dibebani gaya lateral saja, struktur gedung akan berperilaku sebagai suatu kantilver vertikal. Gaya horisontal total yang dihasilkan dan momen guling akan ditransmisikan di bagian struktur bawah atau pondasi. Saat gaya lateral, yang bekerja di tiap tingkat diketahui, dan disebut sebagai gaya geser tingkat, maka dengan mudah bisa dihitung momen gulingnya, seperti diperlihatkan di Gambar 1.1, yang dapat menjelaskan dengan membuat hubungan kesetimbangan gaya. Sebagai contoh, di Gambar 1.1(a), maka jumlah V_i dari semua yang bekerja di lantai (yang diarsir) harus ditahan oleh Elemen struktur mengalami gaya aksial, gaya geser, dan momen lentur sebagai respons terhadap beban vertikal tingkat ketiga.



Gambar 2.1 Pengaruh gaya lateral akibat gempa di struktur gedung

(sumber: Paulay. T. and M.J.N Priestley, 1992)

2.2 Bangunan Tahan Gempa

Sesuai dengan SNI 1726:2019 yang diterbitkan oleh BSN, beban gempa dalam perencanaan struktur dianggap sebagai beban dominan. Namun, struktur tahan gempa boleh dirancang dengan Gaya gempa yang telah dikurangi menggunakan faktor reduksi respons struktur (R), yang menggambarkan kemampuan daktil sistem struktur. Umumnya, elemen struktur yang dirancang untuk plastifikasi adalah elemen yang bersifat daktil dan tidak mudah mengalami keruntuhan.

Pada perencanaan elmen Pada struktur yang dirancang tetap elastis, perlu diterapkan faktor kuat lebih (overstrength) untuk memastikan keamanannya. Agar bangunan tidak mengalami keruntuhan saat gempa besar terjadi, Bagian-bagian struktur yang kemungkinan besar akan mengalami plastifikasi perlu diberikan detail penulangan yang cukup, agar tetap dapat mempertahankan kestabilannya meskipun terjadi deformasi inelastik yang cukup besar. SNI 1726:2019 mengatur ketentuan detailing penulangan struktur beton berdasarkan tingkat risiko gempa di lokasi bangunan. Semakin besar potensi risiko gempa di suatu area, semakin stringent pula persyaratan detailing yang harus dipenuhi.

Tabel 2.1 Ketentuan Pasal 23.2 SNI 1726-2019

Resiko gempa	Jenis Struktur Yang Dapat Digunakan	Faktor Modifikasi Respon (R)
Rendah	Sistem Ranga Pemikul Momen	
	- SRPMB (Bab 3- Bab 20)	3-3,5
	- SRPMM (Pasal 23.10)	5-5,5
	- SRPMK (Pasal 23.3-23.5)	8-8,5
	Sistem Dinding Struktural	8-8,5
	- SDSB (Bab 3- Bab 20)	4-4,5
Menengah	- SDSK (Pasal 23.6)	5,5-6,5
	Sistem Rangka Pemikul Momen	
	- SRPMM	5-5,5
	- SRPMK	8-8,5
	Sistem Rangka Dinding Struktural	

	- SDSB	4-4,5
	- SDSA	5,5-6,5

(Sumber : SNI 03-1726-2019)

2.2.1 Faktor prioritas dan tingkat risiko yang dikaitkan dengan struktur bangunan

Perencanaan ketahanan gempa mengacu pada SNI 1726:2019 dan SNI 1726:2002 mengatur pedoman perencanaan struktur bangunan agar tahan terhadap beban gempa. Dalam standar tersebut, pengaruh gempa rencana terhadap struktur, baik untuk bangunan gedung maupun non-gedung, harus disesuaikan berdasarkan kategori risiko bangunan seperti tercantum dalam Tabel 2.2, dengan pengalinya adalah faktor keutamaan (I_e) sesuai Tabel 2.3. Khusus untuk bangunan dengan kategori risiko IV, apabila bangunan tersebut terhubung atau memiliki akses masuk yang penting terhadap bangunan lain di sekitarnya, maka bangunan yang bersebelahan tersebut juga wajib dirancang mengikuti ketentuan yang berlaku untuk kategori risiko IV. (Budiono et al., 2016).

Tabel 2.2 Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Non Gedung Untuk Beban Gempa

Jenis Pemanfaat	Kategori Risiko
Bangunan gedung maupun non-gedung yang memiliki potensi risiko rendah terhadap keselamatan jiwa manusia jika mengalami kerusakan, mencakup namun tidak terbatas pada beberapa jenis berikut: - Sarana yang berkaitan dengan kegiatan pertanian, kebun, peternakan, serta budidaya ikan. - Bangunan atau struktur yang digunakan untuk jangka waktu terbatas dan tidak dirancang sebagai konstruksi permanen.	I

- Pos penjagaan serta bangunan berukuran kecil lainnya yang memiliki fungsi pendukung dan bukan merupakan bagian utama dari suatu fasilitas.	
- Seluruh jenis bangunan dan struktur, selain yang telah diklasifikasikan ke dalam kategori risiko I hingga IV, mencakup namun tidak terbatas pada hal-hal berikut: - Kawasan tempat tinggal yang terdiri dari bangunan hunian untuk individu atau keluarga. - Bangunan hunian yang sekaligus difungsikan sebagai tempat usaha, seperti toko atau kantor. - Tempat atau area yang digunakan untuk kegiatan jual beli barang dan jasa antara penjual dan pembeli - Struktur bangunan yang digunakan untuk mendukung aktivitas kerja dan pelayanan kantor - Bangunan bertingkat yang terdiri dari unit-unit hunian yang digunakan secara vertikal dan diperuntukkan bagi beberapa keluarga atau individu secara terpisah. - Bangunan komersial berskala besar yang menampung berbagai jenis toko, gerai, dan fasilitas layanan publik dalam satu area terintegrasi. - Fasilitas fisik yang digunakan untuk kegiatan produksi, pengolahan, perakitan, atau distribusi barang dalam skala besar. - Tempat atau sarana yang digunakan untuk	II

proses produksi barang melalui pengolahan bahan baku menjadi produk jadi secara mekanis, kimiawi, atau manual - Bangunan atau fasilitas yang digunakan untuk menjalankan proses produksi barang dalam jumlah besar, biasanya melibatkan mesin dan tenaga kerja.	
Bangunan gedung maupun non-gedung yang apabila mengalami kerusakan atau kegagalan struktur dapat menimbulkan dampak serius terhadap keselamatan jiwa manusia, meliputi namun tidak terbatas pada jenis-jenis berikut: - Tempat atau gedung yang digunakan untuk menayangkan film kepada publik sebagai sarana hiburan. - Bangunan yang digunakan sebagai tempat untuk menyelenggarakan acara, rapat, atau kegiatan berkumpulnya orang dalam jumlah tertentu. Stadion - Sarana layanan medis yang tidak menyediakan fasilitas operasi maupun penanganan darurat secara langsung. - Tempat yang menyediakan layanan pengasuhan dan perawatan anak selama orang tua atau wali tidak dapat mendampingi. - Fasilitas yang digunakan untuk menahan individu yang sedang menjalani hukuman pidana atau dalam proses hukum. - Fasilitas yang diperuntukkan bagi lansia untuk mendapatkan perawatan, tempat tinggal, dan pendampingan dalam menjalani	III

aktivitas sehari-hari. Bangunan gedung maupun non-gedung yang tidak tergolong dalam kategori risiko IV, namun memiliki potensi menimbulkan kerugian ekonomi besar dan/atau mengganggu aktivitas masyarakat secara luas jika mengalami kegagalan, termasuk tetapi tidak terbatas pada jenis-jenis berikut: - Fasilitas yang berfungsi untuk menghasilkan energi listrik secara konvensional melalui proses pembangkitan energi. - Sarana atau instalasi yang digunakan untuk mengelola, mengolah, dan mendistribusikan air. - Sarana atau instalasi yang berfungsi untuk mengelola, mengolah, dan mengurangi dampak limbah sebelum dibuang atau didaur ulang. - Fasilitas yang berperan sebagai pusat pengelolaan dan distribusi layanan komunikasi jarak jauh. Bangunan gedung maupun non-gedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, namun digunakan untuk kegiatan seperti manufaktur, pengolahan, penyimpanan, pemanfaatan, atau pembuangan bahan berbahaya seperti bahan bakar, zat kimia beracun, limbah berbahaya, atau material yang mudah meledak dan mengandung jumlah melebihi ambang batas yang ditentukan oleh otoritas berwenang, dapat menimbulkan risiko serius bagi masyarakat apabila terjadi kebocoran.	
Fasilitas vital dapat berupa bangunan gedung maupun non-gedung yang telah diidentifikasi	IV

sebelumnya, dan mencakup berbagai jenis, meskipun tidak terbatas hanya pada yang disebutkan berikut ini:

- Struktur bangunan yang memiliki nilai sejarah, budaya, atau arsitektur yang penting dan khas
- Bangunan dan sarana yang digunakan untuk kegiatan belajar mengajar serta aktivitas pendidikan lainnya.
- nstitusi pelayanan kesehatan seperti rumah sakit dan fasilitas medis lain yang dilengkapi dengan ruang operasi serta unit penanganan kondisi darurat.
- Sarana yang meliputi markas pemadam kebakaran, unit ambulans, kantor kepolisian, serta tempat parkir khusus untuk kendaraan darurat lainnya.
- Lokasi atau fasilitas yang dirancang khusus untuk memberikan perlindungan selama terjadinya gempa bumi, badai angin, serta situasi darurat lainnya.
- Sarana yang meliputi pusat kesiapsiagaan darurat, sistem komunikasi, pusat kendali operasi, serta fasilitas pendukung lainnya untuk penanganan keadaan darurat.
- Fasilitas pembangkit listrik serta sarana umum lain yang menjadi kebutuhan penting saat terjadi situasi darurat.
- Struktur pelengkap seperti menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, bangunan stasiun listrik, tangki air untuk pemadam kebakaran,

serta bangunan atau struktur penunjang untuk air, material, atau peralatan pemadam kebakaran yang diperlukan agar dapat berfungsi saat kondisi darurat.	
- Struktur gedung maupun non-gedung memiliki peran yang signifikan. dalam menjaga kinerja struktur lain yang termasuk dalam kategori risiko IV.	

(Sumber : SNI 1726-2019)

Tabel 2.3 Faktor Keutamaan I untuk Berbagai Kategori Gedung SNI 1726-2019

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

(Sumber : SNI 1726-2019)

Tabel 2.4 Faktor R, Cd, dan Ω_0 Untuk Sistem Penahan Gaya Gempa

Sistem penahan gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R	Faktor kuat lebih sistem, Ω_0	Faktor pembesaran defleksi, C_d	Ketentuan mengenai jenis sistem struktur dan tinggi maksimum struktur, $h_n(m)$, diatur berdasarkan standar yang berlaku				
				Kategori Desain seismik				
				B	C	D	E	F
A. Struktur dinding pemikul beban								
1. Elemen dinding geser dari beton bertulang dengan spesifikasi khusus	5	2,5	5	TB	TB	48	48	30

2. Dinding geser dari beton bertulang dengan spesifikasi standar	4	2,5	4	TB	TB	TI	TI	TI
3. Dinding geser yang terbuat dari beton tanpa tulangan	2	2,5	2	TB	TI	TI	TI	TI
4. Dinding geser dari beton polos dengan spesifikasi standar	1,5	2,5	1,5	TB	TI	TI	TI	TI
B. Kerangka struktur bangunan								
1. Dinding geser dari beton bertulang dengan spesifikasi khusus	6	2,5	5	TB	TB	48	48	30
2. Dinding geser dari beton bertulang dengan spesifikasi standar	5	2,5	4,5	TB	TB	TI	TI	TI
3. Dinding geser beton polos dengan penambahan detail penulangan	2	2,5	2	TB	TI	TI	TI	TI
4. Dinding geser dari beton polos dengan spesifikasi standar	1,5	2,5	1,5	TB	TI	TI	TI	TI
C. Sistem rangka Komponen penahan momen								
1. Rangka beton bertulang yang dirancang khusus untuk menahan momen	8	3	5,5	TB	TB	TB	TB	TB
2. Sistem rangka beton bertulang yang dirancang untuk menahan momen pada tingkat menengah.	5	3	4,5	TB	TB	TI	TI	TI
3. Rangka beton bertulang pemikul momen Biasa	3	3	2,5	TB	TI	TI	TI	TI
D. Sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus yang mampu menahan paling sedikit 25 persen gaya gempa yang ditetapkan								
1. Dinding geser beton bertulang khusus	7	2,5	4	TB	TB	TB	TB	TB
2. Dinding geser beton bertulang biasa	6	2,5	5	TB	TB	TI	TI	TI

E. Sistem ganda dengan rangka pemikul momen menengah yang mampu menahan paling sedikit 25 persen gaya gempa yang ditetapkan								
1. Dinding geser beton bertulang khusus	6,5	2,5	5	TB	TB	48	30	30
2. Dinding geser beton bertulang biasa	3	3	2,5	TB	48	TI	TI	TI
F. Sistem gabungan antara dinding geser dan rangka, yang terdiri dari rangka pemikul momen beton bertulang konvensional serta elemen dinding geser beton bertulang standar.	4,5	2,5	4	TB	TI	TI	TI	TI
G. Sistem kolom kantilever dirancang secara khusus agar sesuai dengan ketentuan yang ditetapkan untuk								
1. Struktur rangka beton bertulang yang dirancang untuk menahan momen dengan ketangguhan tinggi sesuai kriteria.	2,5	1,25	2,5	10	10	10	10	10
2. Struktur rangka beton bertulang yang memiliki kapasitas menahan momen dengan tingkat kekuatan dan keuletan menengah.	1,5	1,25	1,5	10	10	TI	TI	TI
3. Struktur rangka beton bertulang yang dirancang untuk menahan beban momen dengan tingkat keuletan dasar atau standar.	1	1,25	1	10	TI	TI	TI	TI

Catatan: R mereduksi gaya sampai tingkat kekuatan, bukan tingkat tegangan ijin.^a

TB= Tidak Dibatasi, TI = Tidak diijinkan

(Sumber Table 9, SNI 1726:2019)

2.3 Pembebanan Struktur

Beban yang harus diperhitungkan dalam perancangan struktur meliputi beban vertikal dan horizontal. Beban horizontal mencakup beban akibat angin dan gempa, namun dalam desain struktur portal, yang dianalisis hanya beban gempa karena pengaruhnya lebih dominan dibandingkan angin, terutama pada struktur beton bertulang. Sedangkan beban vertikal terdiri dari beban mati dan beban hidup. Hasil analisis beban ini menjadi dasar dalam merancang struktur untuk dapat merespons serta menahan gaya-gaya yang diterapkan sehingga bangunan dapat berfungsi dengan aman dan stabil. (Akbar et al., 2018).

Beban merupakan gaya luar yang memengaruhi suatu struktur. Besarnya beban yang dikenakan pada struktur umumnya ditentukan melalui proses estimasi serta pendekatan terhadap distribusinya, dengan mempertimbangkan sejumlah asumsi. Setelah seluruh beban yang diperkirakan bekerja pada struktur diketahui, langkah selanjutnya adalah menentukan kombinasi beban yang paling berpengaruh terhadap sistem struktur tersebut.

Pile cap berperan dalam menyalurkan gaya dari kolom atas ke sistem pondasi di bawahnya. Selain itu, pile cap juga berfungsi untuk menyatukan kelompok tiang pancang agar gaya dari kolom dapat terdistribusi merata ke seluruh elemen pondasi. Dalam mendukung kestabilan dan kekuatan bangunan, pondasi termasuk pemasangan pile cap memegang peranan penting yang harus direncanakan dengan seksama.

2.3.1 Beban Mati

Beban mati adalah jenis beban yang sifatnya tetap dan tidak berubah selama masa pemakaian bangunan. Umumnya, beban ini berasal dari berat komponen bangunan itu sendiri, sehingga dapat dihitung secara presisi berdasarkan dimensi, bentuk, serta massa jenis bahan yang digunakan. Contoh dari beban mati meliputi berat lantai, dinding, balok, plafon, dan elemen struktural permanen lainnya. Pada struktur skybridge, beban mati mencakup berat rangka utama, sambungan baut dan mur, serta sambungan pelat.

2.3.2 Beban Hidup

Beban hidup adalah beban yang muncul akibat berbagai aktivitas yang terjadi pada bagian luar maupun bagian dalam bangunan. Karena jenis dan intensitas aktivitas ini tergantung pada fungsi bangunannya, besar beban hidup cenderung tidak tetap. Menurut Scheller (1989), beban yang berasal dari perabotan, peralatan, atau benda lain yang berada beban yang berasal dari aktivitas atau elemen yang berada di bagian dalam maupun atas bangunan dikenal sebagai beban hunian (occupancy load)

2.3.3 Beban Angin

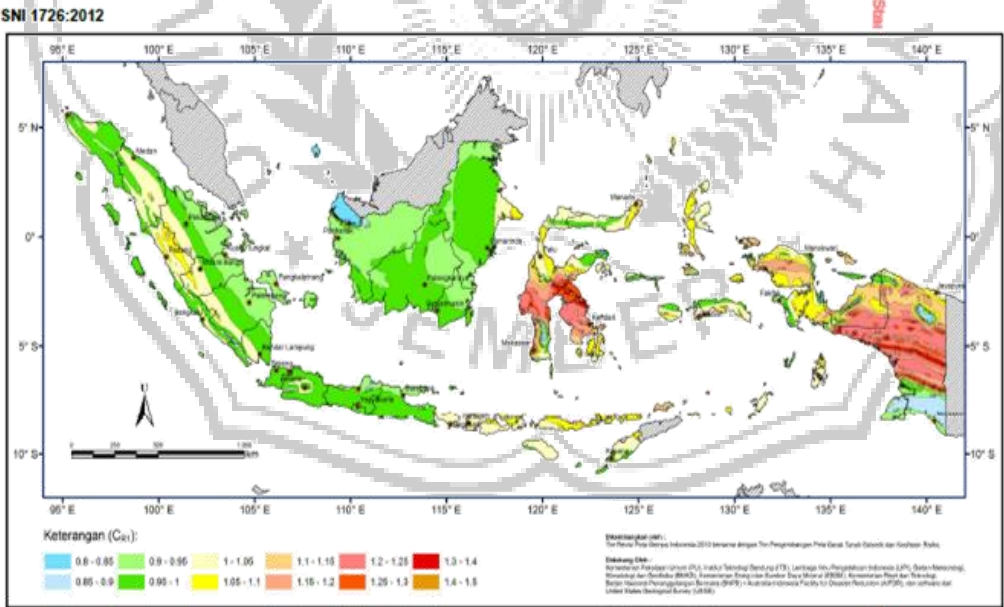
Menurut PPIUG 1983, Bab I Pasal 1 Ayat 3, beban angin didefinisikan sebagai gaya yang bekerja pada bangunan atau bagian-bagiannya akibat perbedaan tekanan udara. Sementara itu, Sesuai dengan ketentuan dalam SNI 1727:2019 mengenai beban minimum pada bangunan dan struktur lainnya, penentuan beban angin memerlukan data seperti kecepatan dasar angin, arah angin dominan, jenis eksposur area, kondisi topografi, efek tiupan, dan nilai koefisien tekanan dari dalam maupun luar bangunan, termasuk eksposurnya.

2.3.4 Beban Gempa

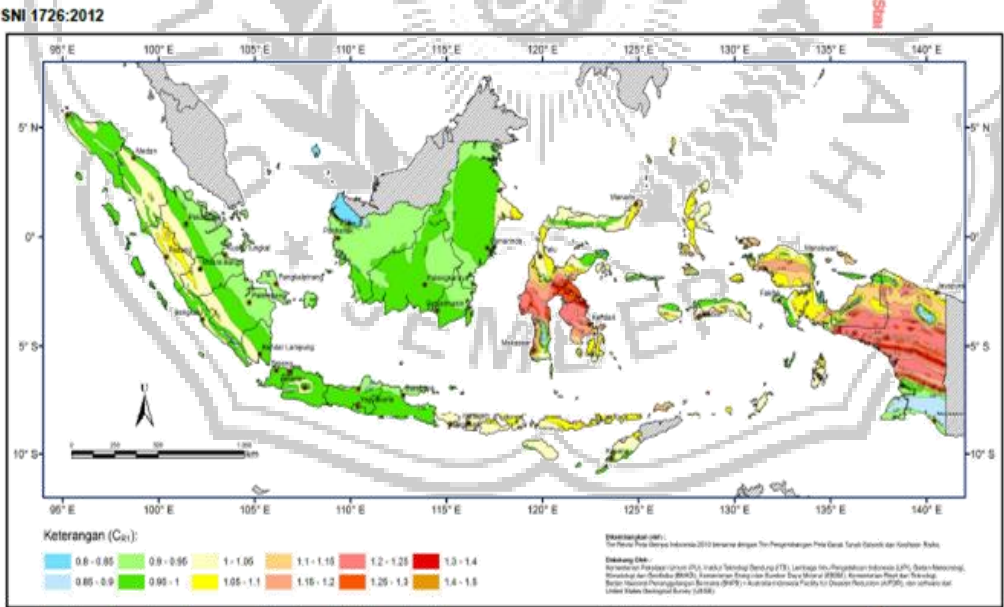
SNI 1726-2019 menjelaskan secara rinci proses analisis gempa untuk bangunan gedung. Proses ini sangat penting untuk menilai keamanan struktur dengan membandingkan simpangan horizontal aktual akibat gempa dengan batas simpangan yang diperbolehkan. Selain itu, analisis gempa juga bertujuan untuk memastikan bahwa Struktur bangunan dirancang agar dapat menahan gaya lateral akibat aktivitas seismik.

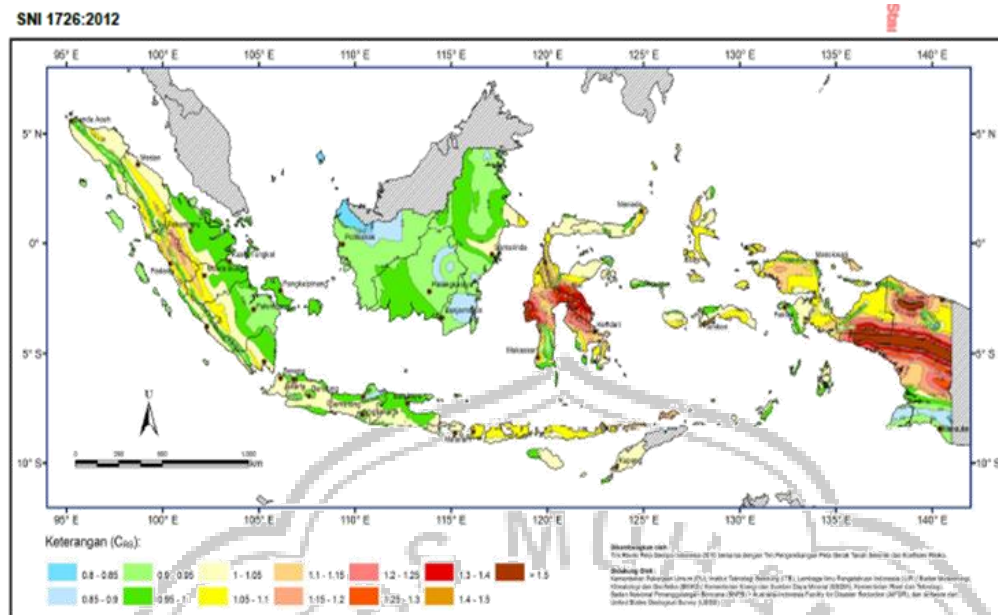
2.4 Peraturan Gempa Indonesia SNI 1726:2019

SNI 1726-2019 merupakan standar terbaru untuk perencanaan ketahanan gempa pada struktur bangunan gedung maupun non-gedung, yang menggantikan SNI 1726-2002 secara resmi. Sedangkan Peta Zonasi Gempa Indonesia yang terbaru diterbitkan pada tahun 2010 oleh Tim Revisi Peta Gempa Indonesia, dibuat berdasarkan nilai percepatan puncak pada batuan dasar, yang dikenal dengan istilah Peak Ground Acceleration (PGA).



Gambar 2.4 Koefisien Nilai tengah geometris (MCEQ) untuk kelas situs SB.
(Sumber : SNI 1:1726:2019)





Gambar 2.6 Koefisien risiko yang dipetakan dan periode respons spektral 1 detik
(Sumber: SNI 1726:2019).

Respons spektrum yang digunakan dalam perhitungan beban gempa didasarkan pada peta percepatan batuan dasar dengan periode pendek 0,2 detik (S_s) dan periode 1 detik (S_1). Nilai-nilai ini dihitung untuk probabilitas terlampaui sebesar 2% dalam jangka waktu 50 tahun, dengan tingkat redaman sebesar 5%.

2.4.1 Kombinasi Pembebanan

Sesuai dengan Pasal 4.2 pada SNI 1726-2019 mengatur bahwa dalam perancangan struktur bangunan gedung maupun struktur lainnya, penggunaan kombinasi beban terfaktor dan beban layanan harus mengikuti ketentuan kombinasi pembebanan yang berlaku, mengacu pada Metode Ultimit atau Metode Tegangan Ijin.

a. Kombinasi Beban untuk Metode Ultimit

Desain struktur, termasuk komponen dan elemen pondasi, harus mampu menahan pengaruh beban terfaktor dengan kombinasi sebagai berikut:

1. 1,4 D
2. 1,2 D + 1,6 L + 0,5 (Lr atau R) + (L atau 0,5 W)
3. 1,2 D + 1,6 (Lr atau R)+ (L atau 0,5 W)
4. 1,2 D + 1,0 W + L + 0,5 (Lr atau R)
5. 1,2 D + 1,0 E+L

$$6. 0,9 + 1,0 W$$

$$7. 0,9 + 1,0 E$$

b. Kombinasi Beban untuk Metode Tegangan Ijin

Untuk perancangan struktur, komponen struktur, dan elemen pondasi menggunakan metode tegangan ijin, beban-beban berikut harus dievaluasi dengan kombinasi-kombinasi tertentu :

1. D
2. D + L3
3. D + (Lr atau R)
4. D + 0,75L + 0,75 (Lr atau R)
5. D + (0,6 W atau 0,7E)
6. D + 0,75 (0,6 W atau 0,7E)+0,75L+0,75(Lr atau R)+0,6D+0,6W
7. 0,6 D + 0,7 E

diperhitungkan dengan nilai faktor yang sama dengan faktor beban untuk beban mati D pada kombinasi 1-6 atau 8.

Apabila terdapat beban H yang bekerja pada struktur, maka pengaruhnya wajib dimasukkan dalam perhitungan dengan ketentuan sebagai berikut:

- a. Jika beban H memberikan kontribusi tambahan terhadap beban vertikal utama, maka pengaruh beban H dihitung dengan menggunakan faktor beban sebesar 1,0.
- b. Namun, jika beban H justru bekerja berlawanan dengan pengaruh beban utama yang bersifat variabel, maka nilainya dikalikan dengan faktor 0,6 apabila beban tersebut bersifat permanen, atau dianggap nol bila tidak memenuhi syarat tersebut.

Pengaruh Analisis terhadap Pertimbangan beban angin dan gempa merupakan aspek krusial dalam merancang struktur bangunan. perencanaan struktur, namun keduanya tidak wajib diperhitungkan secara bersamaan. Merujuk pada SNI 1726:2019 Pasal 10.4, terdapat penjelasan khusus terkait definisi dampak dari gaya gempa (E).

Pengaruh beban angin dan beban gempa merupakan faktor penting yang perlu dianalisis dalam perencanaan struktur, namun keduanya tidak harus

diperhitungkan secara bersamaan. Mengacu pada SNI 1726:2019 Pasal 10.4, terdapat penjabaran khusus mengenai definisi dan ketentuan terkait pengaruh beban gempa (E). Pengaruh beban gempa E harus dihitung dengan ketentuan berikut :

1. Penggunaan untuk kombinasi beban 5, maka ditentukan E sebagai berikut:

$$E = E_h + E_v \text{ (Pers.22 SNI 1726:2019)}$$

2. Penggunaan untuk kombinasi 7, maka ditentukan E sebagai berikut:

$$E = E_h - E_v \text{ (Pers.23 SNI 1726:2019)}$$

Dimana:

E_h = pengaruh beban gempa horizontal = ρQ_E (Pers.23 SNI 1726:2019)

E_v = pengaruh beban gempa horizontal = $0,2 S_{DS} D$ (Pers.23 SNI 1726:2019)

ρ = faktor redundansi dan dapat diambil dengan nilai 1,0 untuk KDS A, B, C, sedangkan untuk KDS D, E, dan F adalah 1,3.

Tidak perlu diambil lebih besar 1,3.

S_{DS} = merupakan parameter percepatan spektral yang menunjukkan respons desain

Pada periode pendek. Namun, pengaruh beban gempa vertikal (E) dapat dianggap nol apabila memenuhi kondisi-kondisi tertentu berikut:

1. Pada persamaan 22 dan 23 dimana $SDS \leq 0,125$
2. Pada persamaan 23 apabila Untuk menentukan kebutuhan pada bidang kontak antara struktur dan tanah pada sistem pondasi, digunakan kombinasi dasar pembebanan sebagai berikut:

Kombinasi untuk perencanaan berdasarkan kekuatan:

1. $(1,2 + 0,2 SDS) \times D + \rho Q_E + L$
- b. $(0,9 - 0,2 SDS) \times D + \rho Q_E + 1,6 H$

Kombinasi untuk perencanaan berdasarkan tegangan ijin:

1. $(1,0 + 0,14 SDS) D + H + F + 0,7 \rho Q_E$
2. $(1,0 + 0,10 SDS) D + H + F + 0,525 \rho Q_E + 0,75 L + 0,75 (L_r \text{ atau } R)$
3. $(0,6 - 0,14 SDS) D + 0,7 \rho Q_E + H$

2.5 Menentukan Klasifikasi Situs

Berdasarkan SNI 1726:2019 Pasal 5.1, dilakukan pengelompokan jenis tanah untuk menetapkan parameter desain seismik suatu bangunan, khususnya dalam menentukan besar amplifikasi percepatan gempa maksimum. Penentuan kelas tanah ini harus dilakukan oleh ahli geoteknik melalui hasil investigasi tanah di lapangan dan/atau pengujian laboratorium. Jika data tanah tidak tersedia secara spesifik hingga kedalaman 30 meter, maka ahli geoteknik bersertifikat diwajibkan melakukan estimasi terhadap karakteristik tanah tersebut. Ketika terdapat lapisan tanah granular dengan tebal melebihi 3 meter permukaan pondasi dan tanah asli, maka penggunaan klasifikasi situs SA (batuan sangat keras) dan SB (batuan keras) tidak diperbolehkan. Tabel klasifikasi situs lengkap dapat ditemukan dalam Pasal 5.3 SNI 1726:2019.

Tabel 2.5 Klasifikasi Tanah

Kelas Situs	$\bar{v}_s(\text{m/det})$	$\bar{N}$ atau $\bar{N}_{ch}$	$\bar{s}_u(\text{kPa})$
SA(batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB(batuan)	750 s/d 1500	N/A	N/A
SC(tanah keras, sangat padat, dan batuan lunak)	350 s/d 750	>50	≥ 100
SD(tanah sedang)	175 s/d 350	15 s/d 350	50 s/d 100
SE (tanah lunak)	<175	<15	<50
	Atau, tanah dapat diklasifikasikan sebagai tanah khusus apabila memiliki lapisan dengan ketebalan lebih dari 3 meter yang menunjukkan karakteristik berikut: 1. Indeks plastisitas (PI) lebih dari 20, 2. Kadar air (w) sama dengan atau melebihi 40%, 3. Nilai rata-rata kuat geser tak terdrain (s_u) kurang dari 25 kPa.		

SF merupakan jenis tanah khusus yang memerlukan penyelidikan geoteknik secara mendalam serta analisis respons spesifik terhadap kondisi lokasi, sebagaimana dijelaskan dalam Pasal 6.10.1 pada SNI 1726:2019.	setiap profil tanah yang memiliki satu atau lebih ciri berikut ini dikategorikan sebagai tanah khusus: - Memiliki kerentanan tinggi terhadap kegagalan saat terjadi gempa, seperti tanah yang mudah mengalami likuifaksi, lempung yang sangat sensitif, atau jenis tanah tersementasi dengan kekuatan rendah. - Mengandung lempung sangat organik atau gambut dengan ketebalan lebih dari 3 meter. - Terdiri dari lempung dengan plastisitas sangat tinggi (indeks plastisitas lebih dari 75) dan ketebalan lebih dari 7,5 meter. - Memiliki terdapat lapisan tanah lempung dengan konsistensi lunak hingga sedang, yang memiliki ketebalan lebih dari 35 meter serta nilai rata-rata kuat geser tak terdrain (s_u) berada di bawah 50 kPa.
--	--

CATATAN: N/A=tidak dapat dipakai

(Sumber : Tabel Klasifikasi Tanah)

Dalam menentukan parameter percepatan Dalam perhitungan respons spektral gempa (MCER) di permukaan tanah, digunakan faktor amplifikasi untuk dua periode, yakni 0,2 detik dan 1 detik. Faktor ini terbagi menjadi dua kategori utama, yaitu F_a untuk periode pendek dan F_v untuk periode 1 detik. Nilai kedua faktor tersebut diperoleh dari Tabel 2.6 dan 2.7. Jika nilai S_s atau S_1 berada di antara dua angka dalam tabel, maka dapat digunakan metode interpolasi linier untuk menentukan nilainya secara tepat.

Tabel 2.6 Koefisien Situs, F_a

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCER) terpetakan pada periode pendek, $T = 0,2$ detik, S_s				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
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		1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF			SS ^b		

(Sumber: SNI 1726:2019 tabel 6)

Tabel 2.7 Koefisien Situs, F_v

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCER) untuk periode waktu 1 detik direpresentasikan dengan simbol 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	2,0	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS ^b				

Catatan:

- Jika nilai S_1 berada di antara dua angka yang tersedia, maka penentuannya dapat dilakukan melalui inter polasi linier.
- Kategori SS merujuk pada jenis tanah yang membutuhkan investigasi geoteknik secara khusus serta analisis respons yang disesuaikan dengan kondisi lokasi, sebagaimana dijelaskan dalam Pasal 6.10.1 SNI 1726:2019.

(Sumber : Tabel Koefisien Situs F_v)

Setelah memperoleh nilai faktor amplifikasi dari Tabel 2.6 dan 2.7, nilai tersebut digunakan untuk menghitung Parameter spektrum respons percepatan terdiri dari SDS untuk periode pendek dan SD1 untuk periode 1 detik. Nilai dari kedua parameter ini disesuaikan dengan klasifikasi jenis tanah di lokasi dan diperoleh melalui perhitungan menggunakan rumus tertentu. yang telah ditentukan.

- $SDS = F_a S_s$
- $SD1 = F_v S1$

2.6 Stabilitas Struktur

Pada struktur yang stabil, deformasi akibat pembebanan umumnya relatif kecil, dan gaya dalam yang timbul akan cenderung mengembalikan struktur ke bentuk semula setelah beban dihilangkan. Sebaliknya, pada struktur yang tidak stabil, deformasi dapat terus meningkat selama beban bekerja, yang pada akhirnya dapat menyebabkan keruntuhan secara cepat dan menyeluruh. Ketidakstabilan ini bisa timbul karena berbagai faktor, seperti lemahnya kolom akibat gaya tekuk atau adanya pengaruh P-Delta.

Agar sebuah bangunan dianggap memenuhi kriteria kelayakan dan dapat digunakan dengan aman, maka kestabilan struktural menjadi hal yang sangat penting. Kestabilan berarti bahwa bangunan tidak akan roboh ketika menerima gaya luar.

Ada tiga metode yang umum digunakan untuk meningkatkan kestabilan struktur, yaitu:

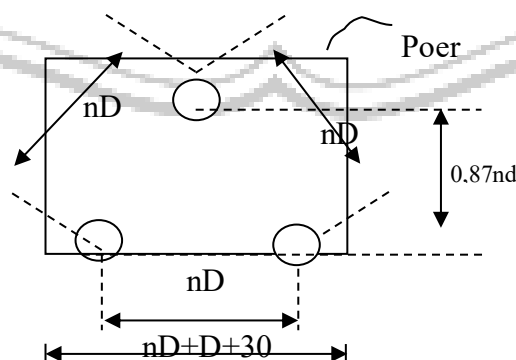
- Menambahkan elemen pengaku diagonal (bracing)
- Membuat bidang struktur yang kaku seperti diaphragm
- Menggunakan sambungan dengan kekakuan tinggi (rigid joint)

Untuk menciptakan sistem struktur yang stabil, perlu disediakan elemen-elemen minimum yang dipasang secara strategis. Dengan perencanaan dan pemasangan yang tepat, struktur diharapkan tidak hanya mampu menahan gaya luar dan deformasi sesuai batas aman, tetapi juga dapat berfungsi dengan baik sepanjang umur layan bangunan.

2.7 Pondasi/Telapak Tiang

2.7.1 Jarak antar tiang dalam satu kelompok tiang

a. 3 Tiang



Gambar 2.7 Gambar Pondasi Pilecap 3 Tiang

(Sumber: Priono, P. Buku Diktat Desain Dan Analisis Beton Bertulang 1)

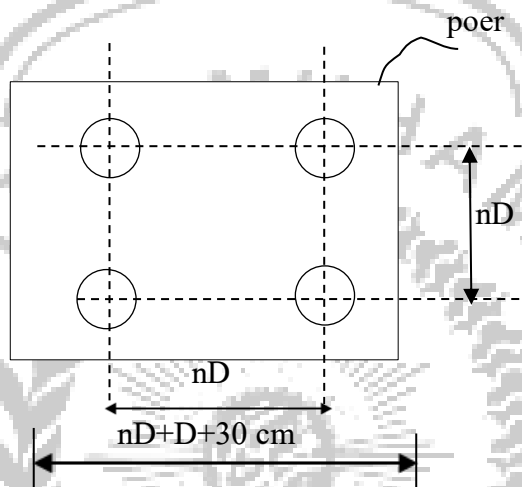
s_{minimum} diambil : $2D-2,5D$ (tiang dukung ujung dalam lapisan tanah keras)

s_{minimum} diambil : $3D-5D$ (tiang gesek)

D =diameter tiang

Catatan: Poer atau pile cap (=kepala tiang) adalah pelat pondasi yang bertugas Menyatukan elemen-elemen tiang agar berfungsi sebagai satu sistem terintegrasi. Tebal minimum bagian pile cap yang terletak diatas tulangan bawah = 300 mm.

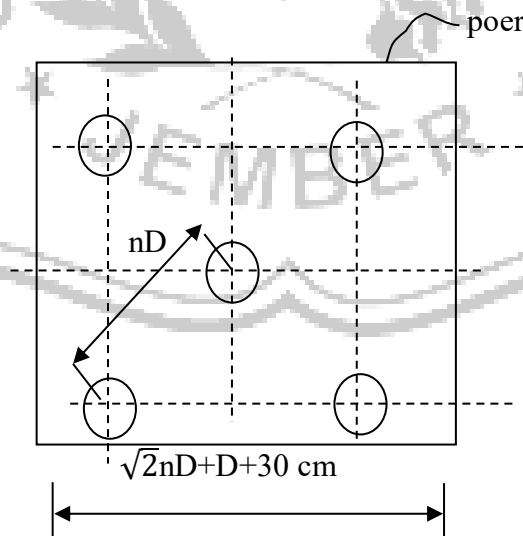
b. 4 tiang



Gambar 2.8 Gambar Pondasi Pilecap 4 Tiang

(Sumber: Priono,P.Buku Diktat Desain Dan Analisis Beton Bertulang 1)

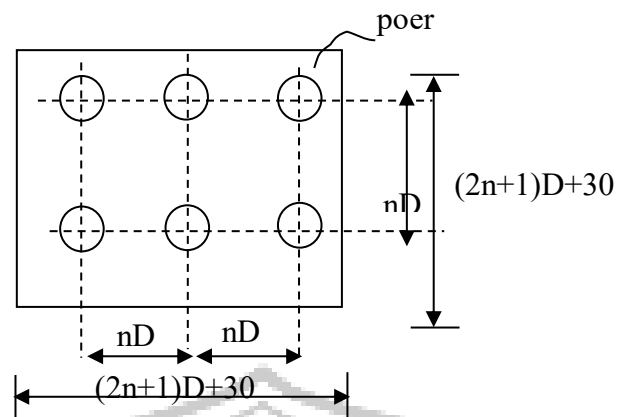
c. 5 tiang



Gambar 2.9 Gambar Pondasi Pilecap 5 Tiang

(Sumber: Priono,P.Buku Diktat Desain Dan Analisis Beton Bertulang 1)

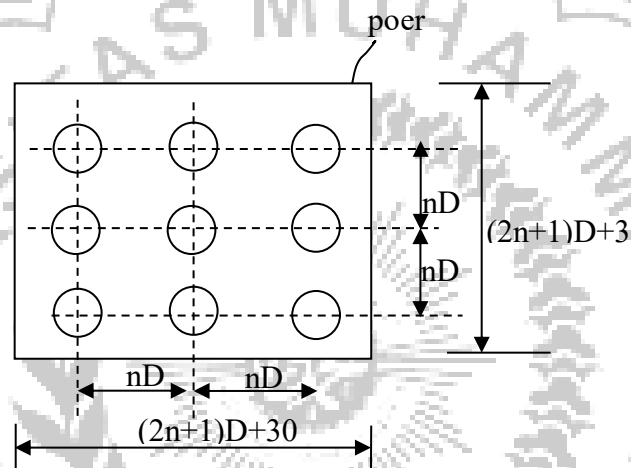
d. 6 tiang



Gambar 2.10 Gambar Pondasi Pilecap 6 Tiang

(Sumber: Priono,P.Buku Diktat Desain Dan Analisis Beton Bertulang 1)

e. 9 tiang



Catatan: n = angka pengali

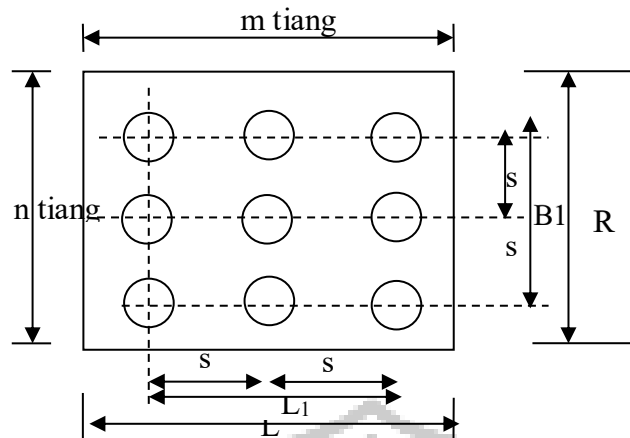
s = jarak antar tiang = nD

Gambar 2.11 Gambar Pondasi Pilecap 9 Tiang

(Sumber: Priono,P.Buku Diktat Desain Dan Analisis Beton Bertulang 1)

2.7.2 Efisiensi Kelompok tiang

Kapasitas dukung dari sekelompok tiang pancang yang disatukan melalui pile cap umumnya lebih rendah dibandingkan hasil perkalian perbandingan antara daya dukung tiang tunggal dan jumlah keseluruhan tiang dalam kelompok.



Gambar 2.12 Gambar Kelompok Tiang Pada Pilecap

(Sumber: Priono, P. Buku Diktat Desain Dan Analisis Beton Bertulang 1)

Jarak antar tiang, yang disimbolkan dengan s biasanya ditentukan dalam kisaran 2,5 hingga 3 kali dimensi penampang tiang (D)

di mana D merupakan ukuran diameter atau sisi dari penampang tiang tersebut

m = jumlah tiang dalam 1 kolom

n = jumlah tiang dalam 1 baris

$$L_1 = (m-1) s$$

$$L = L_1 + 1/2D + 1/2D = L_1 + D$$

$$\text{Jumlah tiang} = k = m \cdot n$$

$$B_1 = (n-1) s$$

$$B = B_1 + D$$

$$\text{Keliling kelompok tiang} = 2 (L+B)$$

$$= 2(L_1+B_1)+4D$$

$$= 2[(m-1)s+(n-1)s] + 4D$$

$$= 2(m+n-2)s + 4D$$

$$\text{Efisiensi kelompok tiang} = E_g = \frac{p f L_f}{(\pi DK) f L_f} = \frac{p}{\pi DK}$$

$$E_g = \frac{2(m+n-2)s+4D}{mn\pi D}$$

Dimana: p = keliling kelompok tiang

f = “friction” antara tanah dan selimut tiang (diperoleh hasil tes sondir)

L_f = kedalaman tiang

$$K = \text{jumlah tiang} = m.n$$

Catatan: rumus diatas untuk tiang pancang bundar, untuk bujur sangkar maka factor (πD) diganti dengan $4D$ dimana D = sisi bujur sangkar tersebut.

Rumus lain untuk menentukan E_g :

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

$$\theta = \arctan \frac{D}{s} \text{ (satuan derajat)}$$

D menyatakan ukuran penampang dari tiang

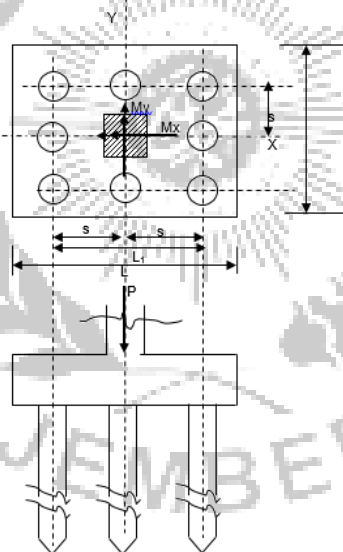
s adalah jarak antara satu tiang dengan tiang lainnya

m menunjukkan jumlah tiang dalam arah kolom

n menggambarkan jumlah tiang dalam arah baris

2.7.3 Merencanakan pilecap

Pilecap Berperan dalam menyatukan seluruh tiang menjadi satu sistem terpadu serta menyalurkan beban dari kolom. Berikut ini merupakan ilustrasi denah pile cap yang digunakan pada sistem fondasi tiang pancang.



Gambar 2.13 Gambar Perencanaan Pilecap

(Sumber: Priono, P. Buku Diktat Desain Dan Analisis Beton Bertulang 1)

R terletak sejauh e_x dari sumbu Y (garis berat pile cap), e_y dari sumbu X (garis berat pile cap)

Beban yang diterima oleh tiap tiang dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$P = \frac{W}{n} \pm \frac{M_y \cdot x}{\sum x^2} \pm \frac{M_x \cdot y}{\sum y^2}$$

Dimana: W = berat total yang Beban yang ditanggung oleh setiap tiang adalah jumlah dari beban kolom dan berat pile cap itu sendiri, dibagi dengan jumlah tiang (n).

M_y = menyatakan momen lentur terhadap sumbu Y .

M_x = Merupakan momen yang bekerja searah sumbu X .

x =Menggambarkan jarak antara tiang yang dianalisis dan sumbu Y .

y = menunjukkan letak tiang yang sedang dianalisis terhadap sumbu X .



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

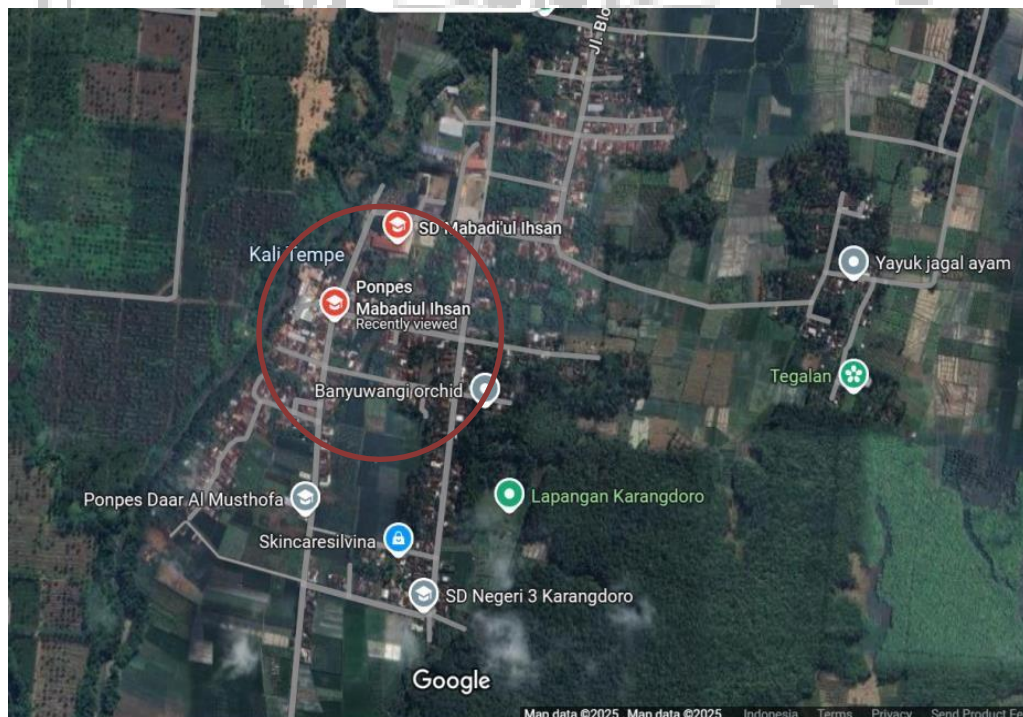
3.1 Pendahuluan

Bab ini akan menjelaskan metodologi yang digunakan dalam penelitian tentang kajian struktur pondasi terbangun pada rumah susun. Metodologi ini mencakup tahap-tahap yang diperlukan untuk mengumpulkan, menganalisis, dan mengevaluasi data yang berkaitan dengan pondasi rumah susun. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan dan rekomendasi yang bermanfaat untuk pengembangan desain dan konstruksi pondasi rumah susun di masa mendatang.

3.2 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian Tugas Akhir ini dilaksanakan di pondok pesantren Mabadi'ul Ihsan yang terletak dikecamatan Tegalsari, Kabupaten Banyuwangi.

Penelitian ini untuk mengkaji struktur pondasi di Pondok Pesantren Mabadi'ul Ihsan.

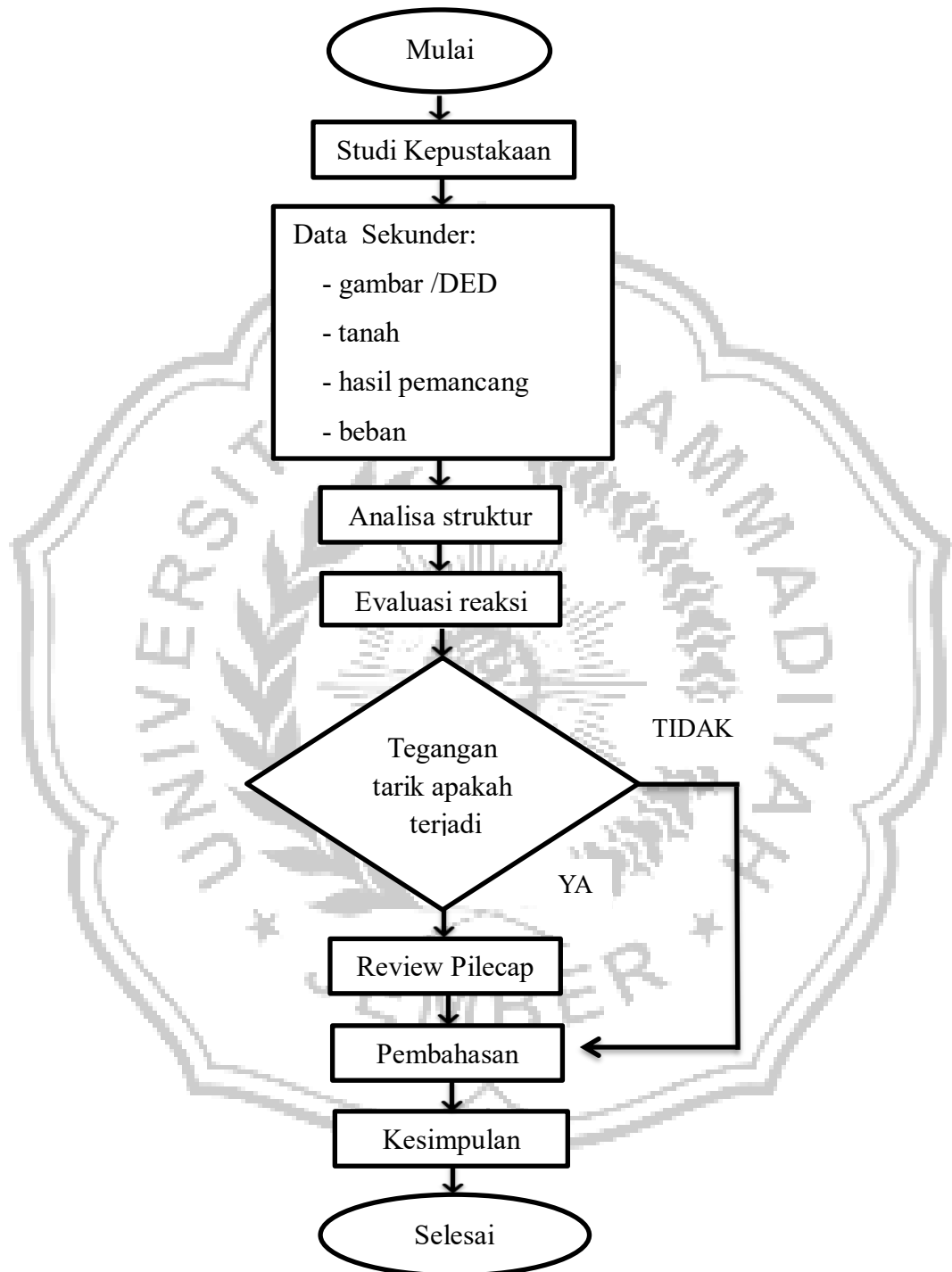


Gambar 3.1 Denah Lokasi Penelitian

(Sumber: Google maps 2023)

3.3 Kerangka Penelitian

Adapun kerangka penelitian dapat dilihat melalui *flow chart* berikut:



Gambar 3.2 Bagan Alur Penelitian

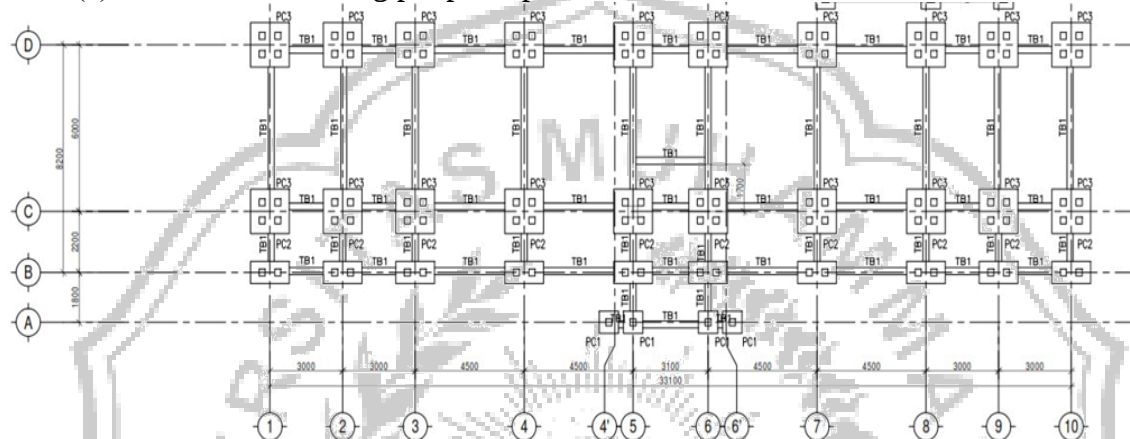
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data-data umum

Struktur pondasi Rumah Susun Mabadiul Ihsan digunakan pondasi Tiang Pancang dengan ukuran $25 \times 25 \text{ cm}$ kedalaman 5 m. Denah susunan tiang per pilecap dan detail potongan, digambarkan seperti gambar berikut :

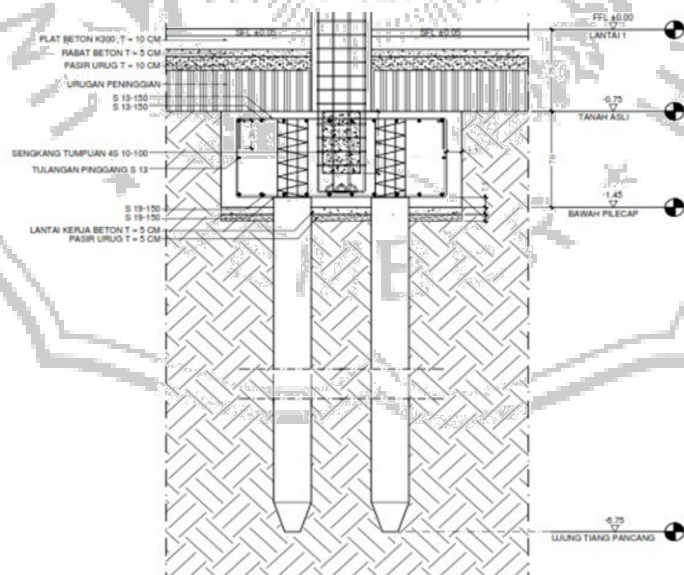
(a) Denah susunan tiang per pilecap



Gambar 4.1 Denah Susunan Tiang Per Pilecap

(Sumber : Dokumen CV. Mega Copilas)

(b) detail potongan pondasi (rencana)

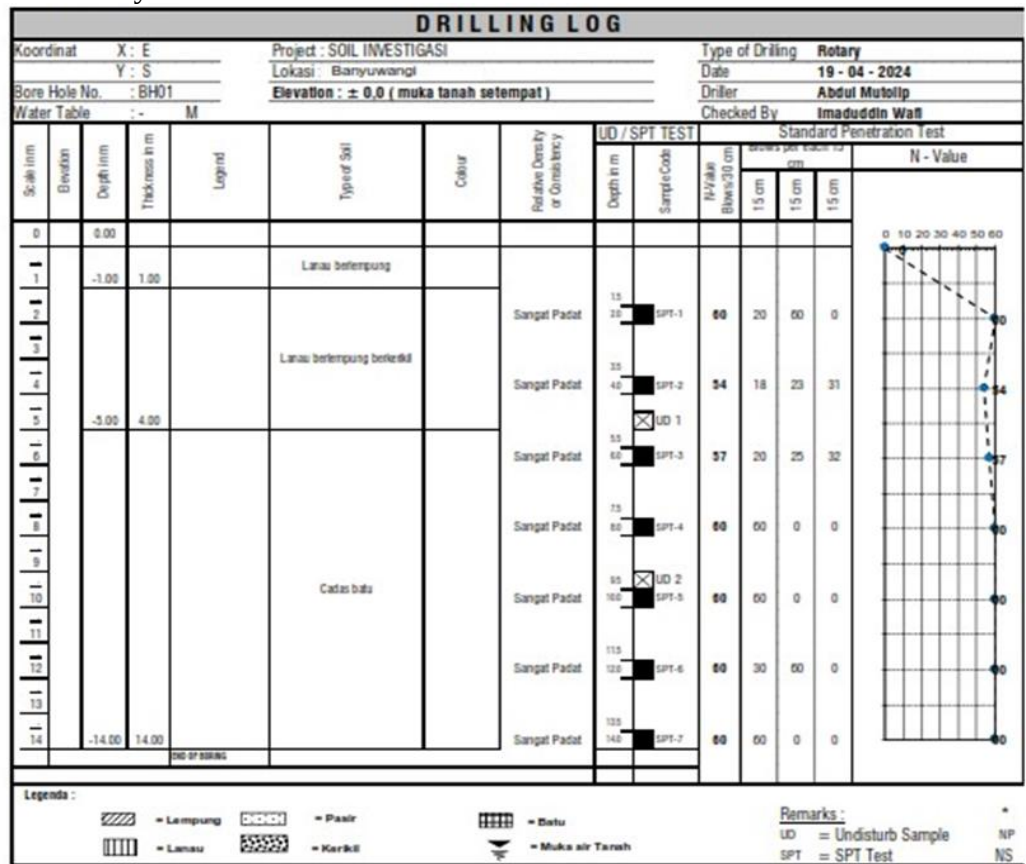


Gambar 4.2 Potongan Pondasi

(Sumber : Dokumen CV. Mega Copilas)

Data karakteristik tanah disajikan dalam tabel berikut.

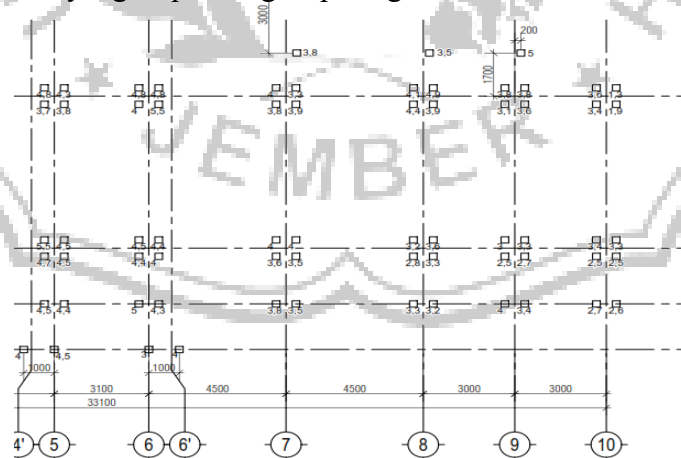
Tabel 4.1 Data Penyelidikan Tanah



Gambar 4.3 Data hasil penyelidikan tanah

(Sumber : Pengolahan Data)

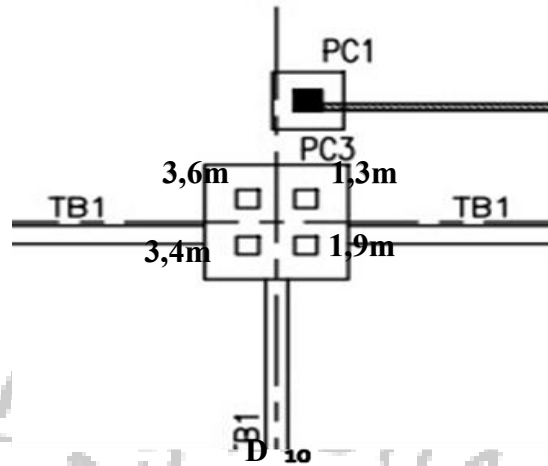
Pelaksanaan pemancangan tiang pancang telah dilaksanakan, dan mendapatkan suatu variasi kedalaman yang terpancang, seperti gambar berikut :



Gambar 4.3. Realisasi kedalaman tiang yang terlaksana.

(sumber: Dokumen CV. Mega Coplas)

Memperhatikan atas hasil kedalaman tiang yang terlaksana, terdapat tiang yang terpenetrasi hanya sedalam 1,3m dan 1,9 m, pada as D-10, seperti tergambar secara Denah sebagai berikut:



Gambar 4.4. Plan kedalaman tiang di pilecap As D-10

(sumber: CV. Mega Coplas)

Pada dasarnya, dikarenakan tiang kategori end bearing, dan sehingga bisa terdapat suatu final set, dengan ditandai kalendering. Hasil analisa daya dukung tiang dengan data kalendering telah dilakukan dan menghasilkan suatu hasil daya dukung yang memenuhi persyaratan yang direncanakan.

Memperhatikan Gambar 4.1(b), maka badan tiang yang akan masih tertanam di tanah, hanya sebesar 0,5 m dan 1,1 m masing-masing untuk tiang yang masuk 1,3m dan 1,9 m.

Sifat beban gempa, yakni akan menjadikan gedung akan terguling, sehingga kemungkinan tiang pancang akan terjadi tegangan tarik bisa terjadi. Umumnya akan terjadi pada tiang yang berposisi ujung dan terluar, yakni pada pilecap as D-10, D-1, B-1 dan B-10.

Selain as D-10, kedalaman tiang yang tertanam masih bisa dianggap memenuhi syarat akan kekuatan tarik tiang akibat tanah, akan tetapi pada tiang pilecap As D-10, dengan hanya kedalaman yang tertanam 0,5m, MK merekomendasikan untuk kuat tarik tiang yang masih dipunyai tiang akibat tanah

dianggap nol atau tidak ada. Oleh karena itu, atas hasil pelaksanaan penetrasi tiang tersebut, diperlukan suatu kajian Sifat beban gempa, yakni akan menjadikan gedung akan terguling, sehingga kemungkinan tiang pancang akan terjadi tegangan tarik bisa terjadi. Umumnya akan terjadi pada tiang yang berposisi ujung dan terluar, yakni pada pilecap as D-10, D-1, B-1 dan B-10.

Selain as D-10, kedalaman tiang yang tertanam masih bisa dianggap memenuhi syarat akan kekuatan tarik tiang akibat tanah, akan tetapi pada tiang pilecap As D-10, dengan hanya kedalaman yang tertanam 0,5 m, maka direkomendasikan untuk kuat tarik tiang yang masih dipunyai tiang akibat tanah dianggap nol atau tidak ada. Oleh karena itu, atas hasil pelaksanaan penetrasi tiang tersebut, diperlukan suatu kajian.

4.2. Pembebanan struktur

Sistem pembebanan yang diperhitungkan terdiri dari beban vertikal dan beban horizontal, yaitu:

a. Beban vertikal

1. Beban mati merupakan berat dari elemen struktur itu sendiri, termasuk seluruh komponen permanen yang melekat pada bangunan..
2. Beban hidup berasal dari aktivitas atau penggunaan bangunan yang bersifat tidak tetap dan berubah sesuai fungsinya.

b. Beban horizontal

- Beban gempa menjadi perhatian utama dalam perhitungan beban horizontal, sedangkan pengaruh beban angin diabaikan karena beban gempa dianggap memiliki dampak yang lebih signifikan.

4.2.1. Plat lantai 2 dan 3 (area ruang/koridor Pribadi)

Tebal Plat Direncanakan = 13 cm

Beban Mati

Berat Sendiri Plat	= $0,13 \times 2400$	= 312 kg/m
Berat Plafon	=	= 11 kg/m
Berat Penggantung	=	= 7 kg/m
Berat Ubin	=	= 24 kg/m
Berat Pasir	= $0,05 \times 1600$	= 80 kg/m
Berat Spesi	= $0,02 \times 2100$	= 42 kg/m
Beban Lain Lain	=	= 20kg/m
		qm = 196 kg/m

Beban hidup

Beban guna	=	= 196 kg/m ²
		qh = 196 kg/m

4.2.2. Plat lantai 2 dan 3 (area ruang/koridor Publik)

Tebal Plat Direncanakan = 13 cm

Beban Mati

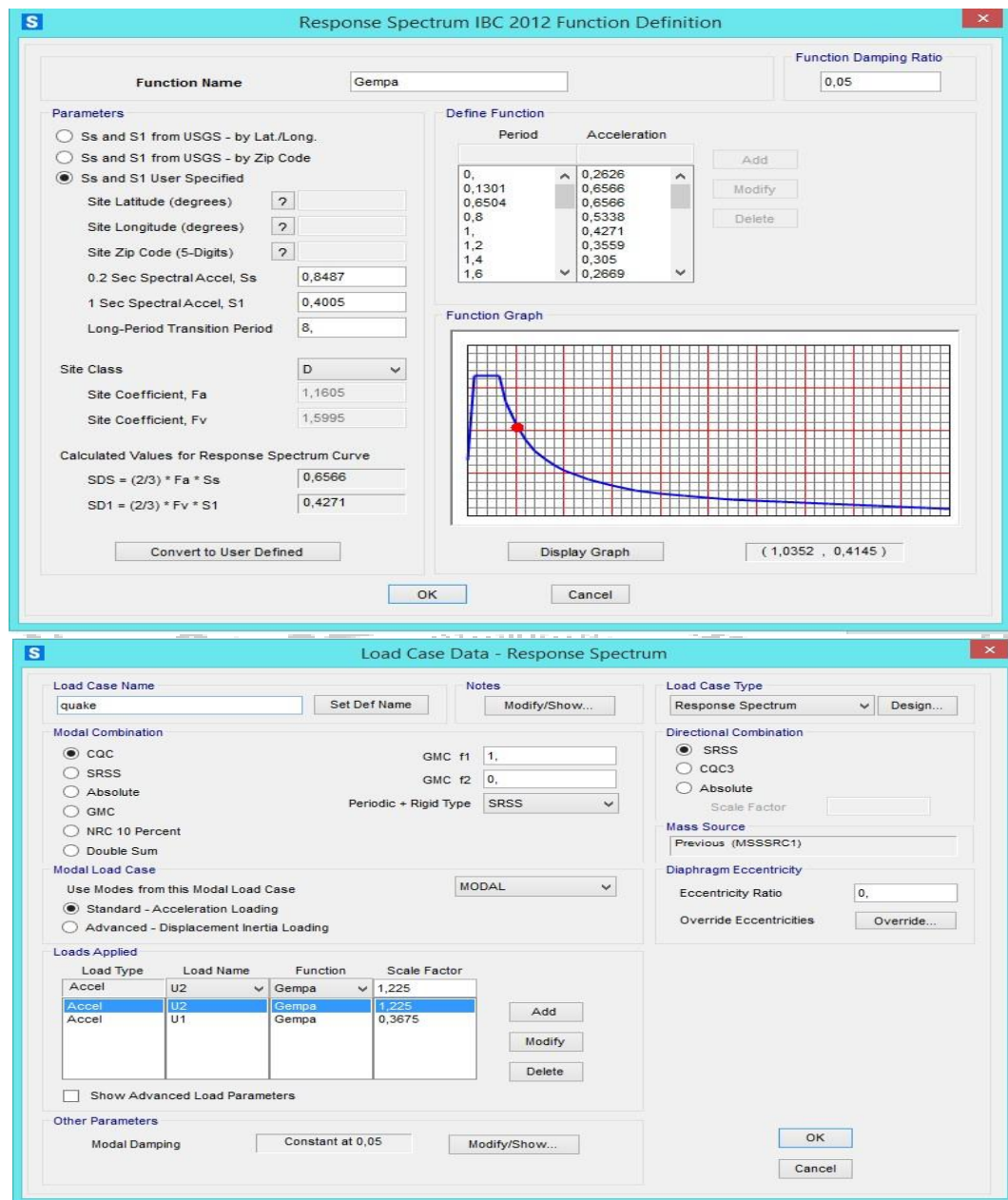
Berat Sendiri Plat	= $0,13 \times 2400$	= 312 kg/m
Berat Plafon	=	= 11 kg/m
Berat Penggantung	=	= 7 kg/m
Berat Ubin	=	= 24 kg/m
Berat Pasir	= $0,05 \times 1600$	= 80 kg/m
Berat Spesi	= $0,02 \times 2100$	= 42 kg/m
Beban Lain Lain	=	= 20kg/m
		qm = 496 kg/m

Beban hidup

Beban guna	=	= 489 kg/m ²
		qh = 489 kg/m

4.2.3. Beban Gempa

Beban Gempa digunakan respons spectrum yang diambil dari peraturan 2019



Gambar 4.5. Respon Spektrum Yang dipergunakan dan Load case nya

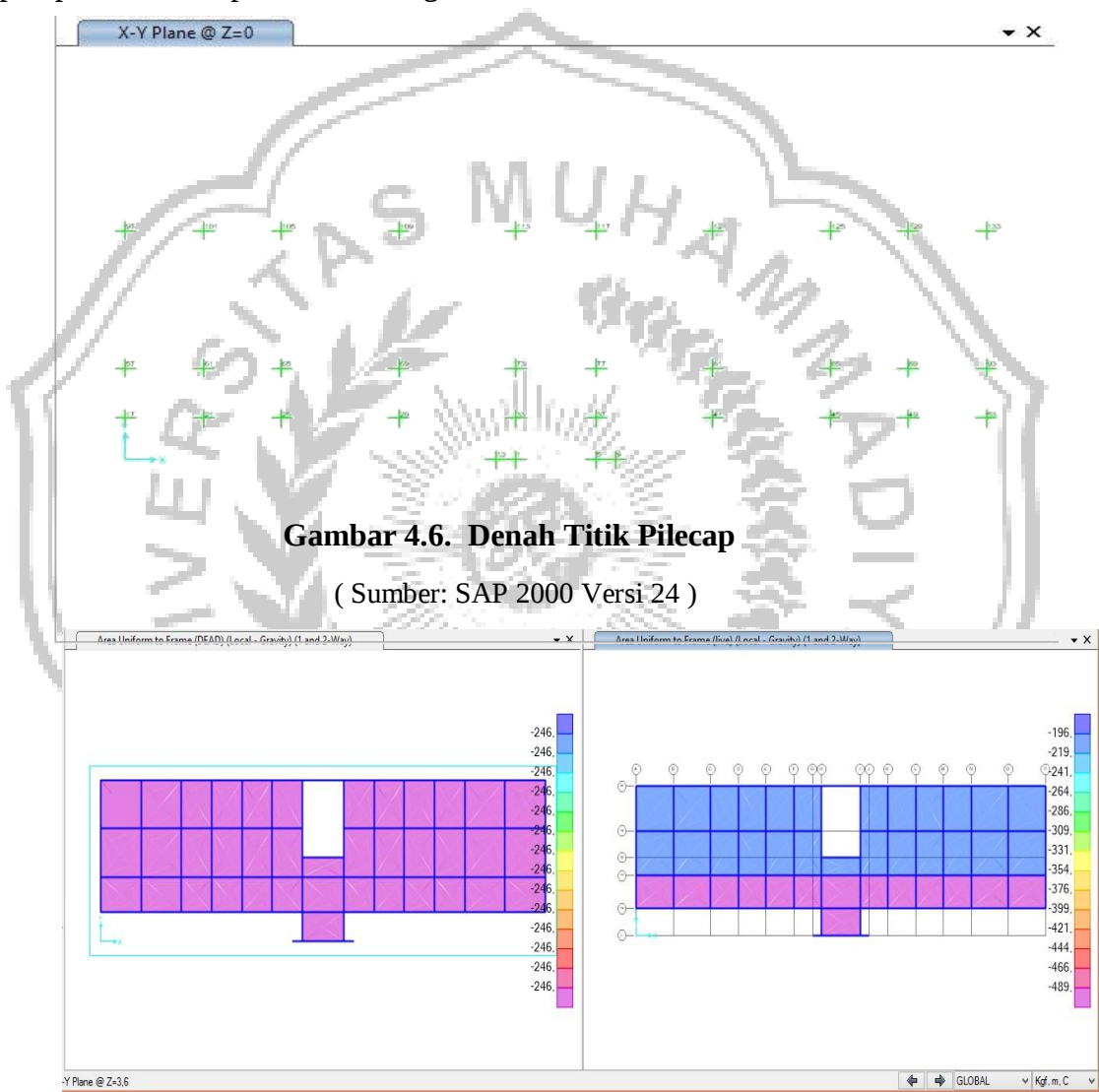
(Sumber : SAP 2000 versi 24)

Akan tetapi, memperhatikan suatu aturan bahwa disaat terjadi beban gempa, maka standar SNI 1726:2019 mengatur bahwa beban gempa yang ekstrim terjadi di saat bekerja menyudut dari bidang cartesian gedung, yakni 100% dan 30% bekerja secara bersamaan.

4.3. Analisa Reaksi Yang Bekerja Pada Pondasi

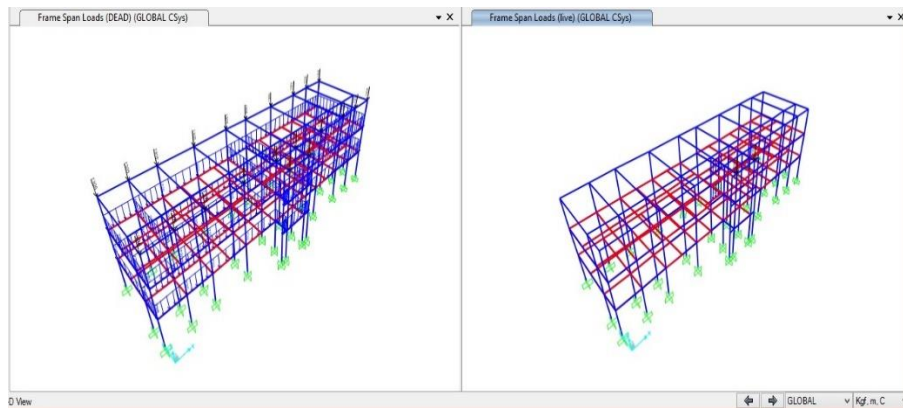
Reaksi pada Pondasi didapat dari analisa menggunakan sap 2000.

Adapun pemodelan dapat dilihat dari gambar dibawah ini.



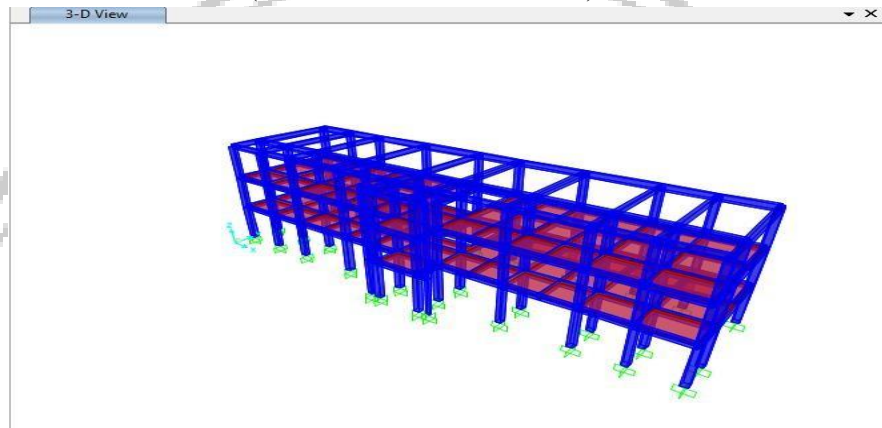
Gambar 4.7 Denah dan Pembebanan

(Sumber : SAP 2000 Versi 24)



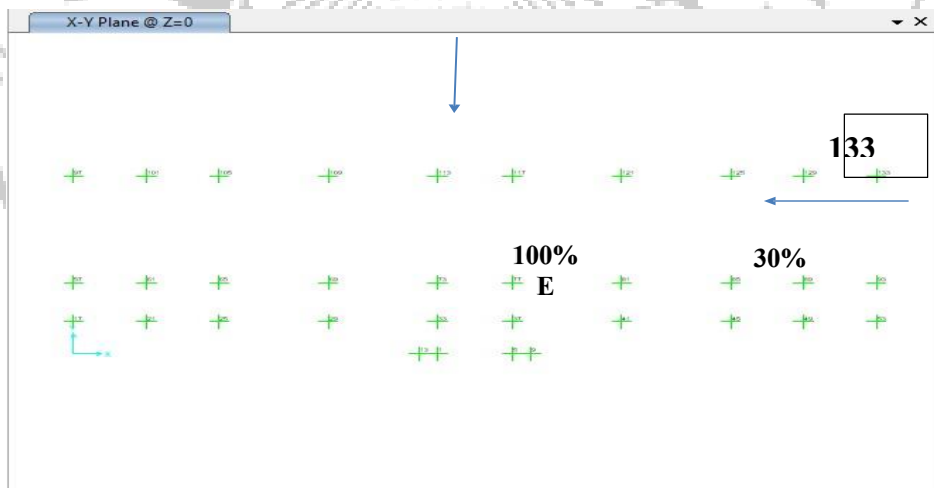
Gambar 4.8 Denah dan pembebanan lantai 2 dan lantai 3

(Sumber: SAP 2000 Versi 24)



Gambar 4.9 Pemodelan 3D dengan SAP 2000 Struktur Atas

(Sumber: SAP 2000 Versi 24)



Gambar 4.10 Pondasi Yang Ditinjau

(Sumber : Pengolahan Data)

Tabel 4.2 Reaksi yang bekerja Pada Pondasi Titik 133

	Joint Text	OutputCase	CaseType Text	F1 Kgf	F2 Kgf	F3 Kgf	M1 Kgf-m	M2 Kgf-m	M3 Kgf-m
▶	133	DEAD	LinStatic	-151,33	-735,78	22007,69	807,39	-179,65	-0,15

	Joint Text	OutputCase	CaseType Text	F1 Kgf	F2 Kgf	F3 Kgf	M1 Kgf-m	M2 Kgf-m	M3 Kgf-m
▶	133	live	LinStatic	-29,3	-104,12	1752,39	109,97	-34,81	-0,02388

	Joint Text	OutputCase	CaseType Text	StepType Text	F1 Kgf	F2 Kgf	F3 Kgf	M1 Kgf-m	M2 Kgf-m	M3 Kgf-m
▶	133	quake	LinRespSpec	Max	923,35	2861,18	4070,02	6506,57	1928,6	23,42

(Sumber:SAP 2000)

4.4 Perhitungan Pondasi Tipe A (Titik 133)

4.4.1 Evaluasi Kapasitas Daya Dukung Tiang

A. Spesifikasi Pondasi Tiang Bor

Bahan material pondasi

Mutu beton tiang

K- 300

Kuat beton tiang

$f'_c = 25$ Mpa

Modulus elastisitas beton

$E_c = 23452,95$ Mpa

Berat beton bertulang

$W_c = 25,00$ KN/m³

4.4.2 Kapasitas aksial maksimum tiang yang diizinkan.

B. Berdasarkan kemampuan material menahan beban

Kapasitas tekan beton sesuai perencanaan $f'_c = 25$ Mpa

Tegangan tekan ijin beton (Das,1985) $f_c = 0,2 f'_c = 4,980$ Mpa

Luas tampang tiang $A = D \times D = 0,0625$ m²

Diameter tiang/Ukuran $D = 0,25$ m

Panjang tiang $L = 6,0$ m

Berat tiang $W = 9,375$ kN

Kapasitas tiang $P = 311$ kN

Pijin= 302 kN

4.4.3 Berdasarkan Kekuatan Tanah

C. Menurut Meyerhoff (Data Pengujian SPT)

$$Q_{ult} = A_p q_p \quad (\text{daya dukung end bearing})$$

Dimana

$$Q_p = 0,4 p_a N$$

Dimana

$$N = (N_1 + N_2) / 2$$

N1 = Nilai rata-rata N sepanjang 10 D diatas ujung tiang

N2 = Nilai rata-rata N sepanjang 4 d dibawah ujung tiang

Tabel 4.3 Tabel Data SPT

Data SPT		
Kedalaman	L	N-SPT
0-2	2	60
2-4	2	54
4-6	2	57
6-8	2	60
8-10	2	60
10-12	2	60
12-14	2	60

Nilai N rata-rata sepanjang 10D di atas ujung tiang

Mulai kedalam 3,5 sampai 6,0

$$N_1 = 57,00$$

Nilai N rata-rata sepanjang 4D di bawah ujung tiang

Mulai kedalam 6 sampai 7

$$N_2 = 60$$

$$N = 58,5$$

$$q_p = 56160,00 \text{ kN/m}^2$$

$$< 23400 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_p = 23400,00 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_p = 1462,500 \text{ kN}$$

$$P_{ijin} = 487,5 \text{ kN}$$

4.4.4 Efisiensi Kelompok Tiang

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

Dimana:

$$m = 2 \text{ (sumbu x)}$$

$$n = 2 \text{ (sumbu y)}$$

$$\theta = \arctan \frac{25}{65}$$

$$= 0,37$$

$$= 21,04^\circ$$

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

$$= 1 - \frac{21,04[(2-1)2 + (2-1)2]}{90 \cdot 2 \times 2}$$

$$= 1 - 0,234 \times 1,0$$

$$= 0,766$$

4.4.5 Rekap Daya dukung Aksial Tiang

Tabel 4.4 Tabel Rekap Daya Dukung Aksial Tiang

No	Uraian Daya Dukung Aksial Tiang	P (kN)	
1	Berdasarkan kekuatan bahan	356,34375	
2	Pengujian SPT (Meyerhoff)	487,50	
	Daya dukung Aksial terkecil, P=	356,34	kN

Daya dukung ijin, kelompok = 272,96 kN

Data Beban

$$P, \text{ Total (M+H+E)} = 22,07 + 1,75 + 4,07 = 27,7 \text{ ton}$$

Jarak Tiang

Jumlah Tiang = 4 buah

Jarak Tiang (s) = 0,65 m

Dimensi Tiang = 0,25 m

Berat Poer

Tebal Selimut Beton = 0,04 m

Panjang = 1,6 m

Lebar = 1,6 m

Tebal Pile Cap = 0,7 m

Berat Poer = $p \times l \times t \times \gamma_{\text{beton}}$ = 4,30 ton

$W_{\text{poer}} = 4,30 \text{ ton}$

$\sum v = 4,3 + 27,7 = 32 \text{ ton}$

$f_y = 400 \text{ MPa} = 40000 \text{ T/m}^2$

$E_s = 200000 \text{ MPa} = 200000000 \text{ T/m}^2$

Data Momen

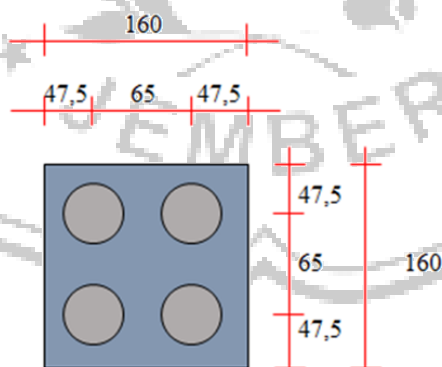
Momen pada beban mati $MD = 0,81 \text{ t.m}$

Momen beban hidup $ML = 0,11 \text{ t.m}$

Momen akibat beban gempa

$ME = 6,50 \text{ t.m}$

$M_{\text{max}} = MD + ML + ME = 7,42 \text{ t.m}$

4.4.6 Distribusi beban pada pondasi

$$P_0 = \frac{\sum V}{n} + \frac{M_{y\text{mak}}}{n y \sum x^2} + \frac{M_{x\text{mak}}}{n x \sum y^2}$$

Berat Poer

Panjang = 1,6 m

Lebar = 1,6 m

Tinggi = 0,7 m

Berat Poer = $P \times l \times \gamma_{\text{beton}}$ = 4,30 ton
= 4,30 ton

f_c' = 25 Mpa = 2500 T/m²

f_y = 400 Mpa = 40000 T/m²

E_s = 200000 Mpa = 20000000 T/m²

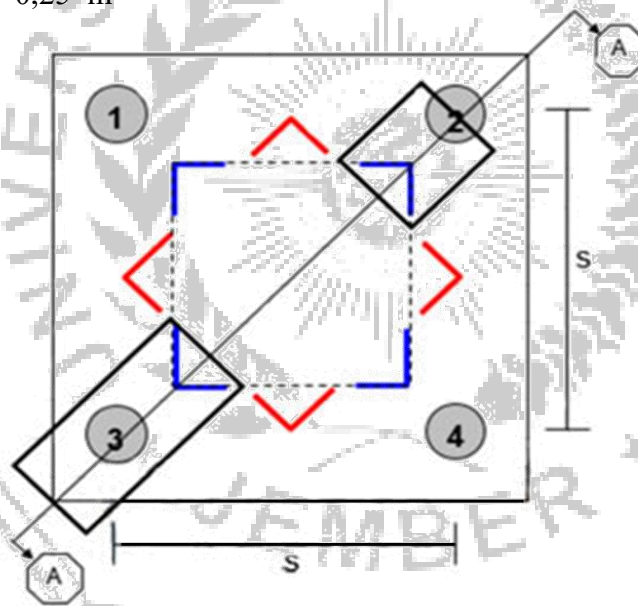
Jarak Tiang

Jarak Tiang (s) = 0,65 m

$k = \sqrt{s^2 + s^2} = 0,919$ m (Jarak Diagonal Tiang)

$d = k/2 = 0,460$ m

Dimensi Tiang = 0,25 m



$$P = (\Sigma v/n \pm (\Sigma M \cdot di)/\Sigma di)$$

Beban akibat gaya axial di tahan oleh 4 tiang

Beban akibat momen ditahan oleh 2 tiang (tiang 2 dan 3)

Ket : satu tiang menahan tarik, satu tiang menahan tekan

Reaksi akibat aksial = $\Sigma v/n$ = $32/4$ = 8,00 ton

$$\begin{aligned}
 \text{Reaksi akibat momen} &= (\Sigma M_i) / \Sigma d_i^2 = 8,072 \text{ ton} \\
 \text{Tegangan pada tiang di potongan A-A} & \\
 \text{Daya dukung Tiang Kel} &= 27,2 \text{ (SF=3)} \\
 \text{Reaksi Maksimum} &= 8,0 + 8,072 = 16,072 \text{ ton} < 27,2 \text{ OK} \\
 \text{Reaksi Minimum} &= 8,0 - 8,072 = -0,072 \text{ ton Tarik}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil diatas, diperoleh suatu tegangan tarik pada tiang di pile cap As D-10, yang mana untuk keadaan yang telah diuraikan diatas tidak diperbolehkan.

4.5. Pembahasan

Untuk tujuan menghindari tegangan tarik tersebut adalah memperbesar berat pilecap, dengan tujuan meningkatkan nilai gaya aksial tambahan. Ada dua cara yakni :

- (a) Dengan cara memperbesar ukuran pilecap dari sisi dimensi panjang dan lebarnya dengan tebal tetap.
- (b) Dengan cara mempertebal ketebalan pilecap.

Dimana cara : (a) Akan mengakibatkan mendapatkan suatu lengan jarak antar tiang yang membesar dan itu baik untuk tujuan mereduksi sumbangan beban aksial yang terjadi akibat penambahan berat pilecap, sedangkan cara (b) cara yang baik untuk mempertahankan bahwa geser pons pilecap akibat tekanan tiang tetap terpenuhi. Akan tetapi karena jenis pondasi adalah end bearing dan kapasitas dukung ijin tiang yang menentukan adalah end bearing baik oleh tanah maupun bahan, cenderung kapasitas dukung tiang akan tetap seperti rencana dan sedangkan untuk menganalisa geser pons pile cap beban tekan yang digunakan adalah kapasitas tiang rencana, maka mempertebal pile cap tidak banyak membantu untuk mengatasi dalam rangka mempertahankan geser pons pilecap.

Telah dilakukan suatu analisis pembesaran ukuran pilecap agar terhindar dari terjadinya tegangan tarik pada tiang menghasilkan ukuran pilecap 2,4x2,4 dengan tebal tetap. Dengan hasil

Daya dukung tiang kelompok	=	27,2 ton	(SF=2)
Reaksi Maksimum	=	17,416 ton	< 27,2 ton (OK)
Reaksi Minimum	=	1,272 ton	Tekan

dan tegangan tarik pada tiang tidak terjadi.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

1. Dari perhitungan diatas tiang pada pile cap As D-10 dengan dimensi pile cap sesuai rencana ukuran $1,6 \text{ m} \times 1,6 \text{ m}$,Tebal 0,7 m terjadi tegangan tarik
2. Rekomendasi memperbesar dimensi pile cap sebesar $2,4 \times 2,4 \text{ m}$, dengan tebal tetap sesuai rencana.0,7 m menghasilkan tegang tiang pancang pada pile as D-10 tetap tekan.

5.2. Saran-saran

Diperlukan suatu kajian lanjut tentang biaya dan alternatif lain seperti penempatan pile cap dengan ukuran yang sama dengan rencana.

DAFTAR PUSTAKA :

- Hardiyatmo,H,C.(2008). Teknik Pondasi II, ed.2 . Beta Offset Perum FT-UGM No.3 Seturan YK
- Nasution,A. (2009). “Analisis dan Desain Struktur Beton Bertulang”. ITB. Bandung.
- Nawy,E.G.(1985). “Reinforced Concrete-A Fundamental Approach”.Prentice-Hall,Inc, New Jersey.
- Park,R. and T. Paulay (1975). “Reinforced Concrete Structures”.John Wiley & Sons, New York.
- Priyono,P. (2024). Buku Ajar Beton Bertulang I. Revka Prima-Surabaya
- Priyono,P. (2025). Buku Ajar Beton Tahan Gempa. Pusdtaka Abadi-Jember
- PPIUG (1983). Standar Pembebanan Indonesia Untuk Gedung
- Setiawan,A.(2016). “Perancangan Struktur Beton Bertulang (Berdasarkan SNI 2847-2019)”. Erlangga, Jakarta.
- “Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI 2847:2019)”. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- “Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung Tahan Gempa (SNI 1726:2019)”. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- Wang,C.K. and C.G. Salmon (1985). “Reinforced Concrete Design” ,4th ed. , Harper & Row Publisher,New York.
- Vis,W.C dan Gideon K.(1993). “Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang berdasarkan SK SNI T-15-1991-03”. Erlangga. Jakarta.
- Hadi, R. R., & Yasin, N. (2023). Perhitungan Volume Beton Pile Cap Pada Proyek Pembangunan Struktur Parkir (Elevated) Taman Mini Indonesia Indah (TMII).UGJurnal,17(01),28–44.
- Waryanto, H. (2018). Pelaksanaan Pondasi Pile Cap Proyek Foresta Business Loft 6 BSD Tangerang Selatan. Jurnal UMB.
- Kapa’, S. R., Rangan, P. R., & Ampangallo, B. A. (2023). Analisis Kapasitas Elemen Struktur Gedung Kantor Rektorat IAKN Toraja Terhadap Beban Gempa DenganMetode Pushover.Journal DynamicSaint, 8(1).

- Muanawir, & Rismaliza. (2019). Pengaruh Jumlah Siklus Terhadap Keakuratan Hasil Perhitungan Struktur Menggunakan Metode Cross (Distribusi Momen). Jurnal Teknik Sipil, 8(1).
- Hermigo, A. (2012). Rancang Bangun Roller Mesin Pemeran Batang Sorghum. Digilib.Uns.Ac.Id.
- Suprianto, D. (2019). Metode Pekerjaan Pile Cap Proyek Two Senopati [Universitas Mercu Buana Jakarta].

