

PENGARUH VARIASI KOMBINASI BEBAN GEMPA TERHADAP DESAIN STRUKTUR PONDASI

Asshidiqie Kusnadi¹, Eding Iskak Imananto², dan Ester Priskasari³

¹Jurusan Teknik Sipil, ITN Malang, Jalan KH. Hasan Shinhaji No. 100 Pamekasan
Email: asshidiqiekusnadi@gmail.com

²Prodi Teknik Sipil, ITN Malang, Jl. Danau Rawa Pening H8G- 18 Malang
Email : edingiskak@yahoo.com

³Prodi Teknik Sipil, ITN Malang, Jl. Kinabalu No 8, Malang
Email: ester_priskasari@gmail.com

ABSTRACT

The foundation is the most important type of construction in every building. The function of the foundation is to retain all the loads above it as well as external forces and transmit the load to the soil layer with the planned carrying capacity desired by the supporting planning below it without excessive settlement. This title was taken to plan the substructure of the Surabaya Attic Showroom Building with 12 floors with a building area of 40 m x 18 m with a height of 52.5 m, planned using a drill pile foundation planned at a depth of 27 m.

In designing foundations using allowable stresses and for designing reinforcement using ultimate stresses. Foundation planning must take into account the characteristics of the soil. The method used to calculate the bearing capacity of the bored pile foundation is the Meyerhoff method, the calculation of settlement uses the semi-empirical method and the pile cap calculation to find working mye using the stiglat/wippel table interpolation.

From the calculation results, the planned ponation for types I, II, and III is 80 with a depth of 27 m. The number of type 1 poles is 5 poles, type II is 3 poles and type III is 2 poles. For the bearing capacity of single pile foundations on foundation type 1, it is obtained $Q_a = 427.97$ tons, while for baban types 2 and 3, it is obtained $Q_a = 428.23$ tons. While the bearing capacity of the pile group (Q_{pg}) on the foundation type I is 1711.87 tons for the foundation type II is 1124.64 tons and for the foundation type III is 803.74 tons. For the main reinforcement of the 14D22 pile, the result of the pile settlement is $5.45 < 8$ cm safe. So it can be concluded that the drill pile foundation design can be used in the construction of the Surabaya Attic Showroom Building

Keywords: Drill Pile Foundation, Bearing Capacity, Reinforcement

ABSTRAK

Pondasi merupakan jenis kontruksi yang paling penting pada setiap bangunan. Fungsi dari pondasi adalah sebagai penahan seluruh beban yang berada di atasnya serta gaya dari luar dan meneruskan beban menuju lapisan tanah dengan daya dukung rencana yang diinginkan oleh perencanaan pendukung dibawahnya tanpa terjadi penurunan berlebih. Judul ini diambil untuk merencanakan struktur bawah Bangunan Attic Showroom Surabaya dengan 12 lantai dengan luas bangunan 40 m x 18 m dengan tinggi 52.5 m, direncanakan dengan menggunakan pondasi tiang bor yang direncanakan pada kedalaman 27 m.

Dalam mendesain pondasi megggunakan Tegangan ijin dan untuk mendesain tulangan menggunakan tegangan Ultimit. Perencaan pondasi harus memperhatikan karekeristik tanah. Metode yang digunakan untuk menghitung daya dukung pondasi *bored pile* adalah metode *Meyerhoff*, perhitungan penurunan menggunakan metode semi empiris serta perhitungan pile cap untuk mencari mye yang bekerja menggunakan interpolasi tabel stiglat/wippel.

Dari hasil perhitungan direncanakan ponasi untuk tipe I,II, dan III adalah Ø80 dengan kedalaman 27 m. Jumlah tiang tipe 1 adalah 5 tiang, tipe II adalah 3 tiang dan tipe III adalah 2 tiang. Untuk daya dukung pondasi tiang tunggal pada pondasi tipe beban 1 didapat $Q_a = 427.97$ ton sedangkan tipe baban 2 dan 3 didapat $Q_a = 428.23$ ton. Sedangkan daya dukung kelompok tiang (Q_{pg}) pada pondasi tipe I adalah 1711.87 ton untuk pondasi tipe II adalah 1124.64 ton dan untuk pondasi tipe III adalah 803.74 ton. Untuk penulangan pokok tiang 14D22 untuk hasil penurunan tiang adalah $5.45 < 8$ cm aman. Sehingga dapat disimpulkan desain pondasi tiang bor dapat digunakan pada pembangunan Gedung Attic Showroom Surabaya

Kata kunci: Pondasi Tiang Bor, Daya Dukung, Penulangan

I. PENDAHULUAN

Gempa sendiri sudah tak asing lagi bagi masyarakat Indonesia. Bahkan dalam satu dekade terakhir ini gempa menjadi bencana paling mematikan baik di Indonesia maupun dunia. Kerusakan infrastruktur yang di akibatkan juga tak main-main, gedung bertingkat tinggi dapat diluluh lantakkan hanya dalam beberapa detik saja . Selain letak geografis Indonesia yang berada pada cincin api dan patahan lempeng empat benua , pembagunan vertical juga sangat berpengaruh . Yang mana kini hal tersebut menjadi trend seiring dengan padatnya pembangunan. Bukan hanya menyita perhatian di Indonesia, gempa juga menjadi topik serius di beberapa negara maju seperti Jepang dan Amerika Oleh karena itu setiap desain bangunan struktur harus didesain tahan gempa, salah satu komposisi yang paling penting dalam desain bangunan tahan gempa adalah kombinasi beban. Dimana kombinasi beban gempa di buat melebihi beban gempa dengan tujuan untuk mencari factor aman dari beban gempa tersebut.

Dalam pengaplikasiannya terdapat 2 jenis kombinasi beban gempa yakni kombinasi ultimate dan kombinasi tegangan ijin. Keduanya memiliki besaran yang berbeda yang mana nantinya akan menghasilkan output yang berbeda pula besarnya, berdasarkan latar belakang tersebut penelitian ini bermaksud untuk membandingkan pengaruh kedua jenis kombinasi tersebut terhadap hasil desain struktur pondasi gedung. Subyek Gedung yang akan digunakan dalam penelitin ini adalah Attic Shoowroom yang terletak di Kota Surabaya.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Beban gempa

Beban gempa adalah beban yang terjadi akibat pengaruh dari gempa Sebelum menganalisa beban gempa terdapat beberapa parameter sebagai mana pada SNI 1726-2019. Dalam melakukan perhitungan beban gempa yang digunakan adalah beban gempa dinamis dengan menggunakan respon spektrum. Dalam aplikasi program bantu seperti ETABS 2016

2.2. Kombinasi Beban

Kombinasi beban adalah gabungan dari beban yang ada pada dstruktur bangunan tersebut. Kombinasi beban dirancang sedemikian rupa sehingga kekuatan desain nya sama atau melebihi efek dari beban terfaktor.

1. Kombinasi Beban Metode Ultimate

- a. $1,4D$

- b. $1,2D + 1,6L + 0,5 (Lr \text{ atau } R)$
- c. $1,2D + 1,6 (Lr \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W)$
- d. $1,2D + 1,0W + L + 0,5 (Lr \text{ atau } R)$
- e. $1,2D + 1,0E + L$
- f. $0,9D + 1,0W$
- g. $0,9D + 1,0E$

Dimana beban gempa memiliki pengaruh terhadap kombinasi pembebanan. Pengaruh beban gempa ,E, harus di sesuaikan sebagaimana Pasal 7.4.2 Halaman 48 (SNI 1726 – 2019) dan menyatakan jika kondisi yang mensyaratkan penerapan factor kuat-lebih harus ditentukan sebagaimana. Menurut SNI 1726 2019 pasal 7.4.3 halaman 49 - 50 sehingga kombinasi beban yang digunakan adalah :

- a. $1,4D$
- b. $1,2D + 1,6L$
- c. $1,2D + L + QEx (\Omega_0 + 0,2SDS D) + QEy (\Omega_0 + 0,2SDS D)$
- d. $1,2D + L + QEx (\Omega_0 + 0,2SDS D) - QEy (\Omega_0 + 0,2SDS D)$
- e. $1,2D + L - QEx (\Omega_0 + 0,2SDS D) + QEy (\Omega_0 + 0,2SDS D)$
- f. $1,2D + L - QEx (\Omega_0 + 0,2SDS D) - QEy (\Omega_0 + 0,2SDS D)$
- g. $1,2D + L + QEy (\Omega_0 + 0,2SDS D) + QEx (\Omega_0 + 0,2SDS D)$
- h. $1,2D + L - QEy (\Omega_0 + 0,2SDS D) + QEx (\Omega_0 + 0,2SDS D)$
- i. $1,2D + L + QEy (\Omega_0 + 0,2SDS D) - QEx (\Omega_0 + 0,2SDS D)$
- j. $1,2D + L - QEy (\Omega_0 + 0,2SDS D) - QEx (\Omega_0 + 0,2SDS D)$
- k. $0,9D + L + QEx (\Omega_0 - 0,2SDS D) + QEy (\Omega_0 - 0,2SDS D)$
- l. $0,9D + L - QEx (\Omega_0 - 0,2SDS D) + QEy (\Omega_0 - 0,2SDS D)$
- m. $0,9D + L + QEx (\Omega_0 - 0,2SDS D) - QEy (\Omega_0 - 0,2SDS D)$
- n. $0,9D + L - QEx (\Omega_0 - 0,2SDS D) - QEy (\Omega_0 - 0,2SDS D)$
- o. $0,9D + L + QEy (\Omega_0 - 0,2SDS D) + QEx (\Omega_0 - 0,2SDS D)$
- p. $0,9D + L - QEy (\Omega_0 - 0,2SDS D) + QEx (\Omega_0 - 0,2SDS D)$
- q. $0,9D + L + QEy (\Omega_0 - 0,2SDS D) - QEx (\Omega_0 - 0,2SDS D)$
- r. $0,9D + L - QEy (\Omega_0 - 0,2SDS D) - QEx (\Omega_0 - 0,2SDS D)$

Kombinasi Beban Metode Tegangan Ijin

- a. $D + L$
- b. $D + (Lr \text{ atau } R)$
- c. $D + 0.75L + 0.75 (Lr \text{ atau } R)$

- d. $D + 0.6 W$
- e. $D + 0.75(0.6 W) + 0.75 L + 0.75 (Lr \text{ atau } R)$
- f. $0.6 D + 0.6 W$

Sama dengan kombinasi beban ultimate kombinasi tegangan ijin juga di pengaruhi oleh beban gempa . Sehingga kombinasi beban yang digunakan adalah :

- a. D
- b. $D + L$
- c. $1,2D + L + Q_{Ex} (\Omega_0 + 0,2SDS D) + Q_{Ey} (\Omega_0 + 0,2SDS D)$
- d. $1,2D + L + Q_{Ex} (\Omega_0 + 0,2SDS D) - Q_{Ey} (\Omega_0 + 0,2SDS D)$
- e. $1,2D + L - Q_{Ex} (\Omega_0 + 0,2SDS D) + Q_{Ey} (\Omega_0 + 0,2SDS D)$
- f. $1,2D + L - Q_{Ex} (\Omega_0 + 0,2SDS D) - Q_{Ey} (\Omega_0 + 0,2SDS D)$
- g. $1,2D + L + Q_{Ey} (\Omega_0 + 0,2SDS D) + Q_{Ex} (\Omega_0 + 0,2SDS D)$
- h. $1,2D + L - Q_{Ey} (\Omega_0 + 0,2SDS D) + Q_{Ex} (\Omega_0 + 0,2SDS D)$
- i. $1,2D + L + Q_{Ey} (\Omega_0 + 0,2SDS D) - Q_{Ex} (\Omega_0 + 0,2SDS D)$
- j. $1,2D + L - Q_{Ey} (\Omega_0 + 0,2SDS D) - Q_{Ex} (\Omega_0 + 0,2SDS D)$
- k. $0,9D + L + Q_{Ex} (\Omega_0 - 0,2SDS D) + Q_{Ey} (\Omega_0 - 0,2SDS D)$
- l. $0,9D + L - Q_{Ex} (\Omega_0 - 0,2SDS D) + Q_{Ey} (\Omega_0 - 0,2SDS D)$
- m. $0,9D + L + Q_{Ex} (\Omega_0 - 0,2SDS D) - Q_{Ey} (\Omega_0 - 0,2SDS D)$
- n. $0,9D + L - Q_{Ex} (\Omega_0 - 0,2SDS D) - Q_{Ey} (\Omega_0 - 0,2SDS D)$
- o. $0,9D + L + Q_{Ey} (\Omega_0 - 0,2SDS D) + Q_{Ex} (\Omega_0 - 0,2SDS D)$
- p. $0,9D + L - Q_{Ey} (\Omega_0 - 0,2SDS D) + Q_{Ex} (\Omega_0 - 0,2SDS D)$
- q. $0,9D + L + Q_{Ey} (\Omega_0 - 0,2SDS D) - Q_{Ex} (\Omega_0 - 0,2SDS D)$
- r. $0,9D + L - Q_{Ey} (\Omega_0 - 0,2SDS D) - Q_{Ex} (\Omega_0 - 0,2SDS D)$

2.3. Pondasi tiang Bor

Pondasi adalah suatu jenis konstruksi terpenting pada suatu bangunan. Fungsi dari pondasi sebagai penahan seluruh beban yang berada di atasnya serta gaya dari luar dan meneruskan beban menuju lapisan tanah pendukung dibawahnya tanpa ada penurunan berlebihan. Pondasi harus mampu mampu meneruskan beban konstruksi ke lapisan tanah keras dan tidak boleh melampaui kekuatan tanah yang berhubungan, apabila kekuatan tanah melampaui

maka penurunan berlebihan dan keruntuhan tanah akan terjadi, sehingga menyebabkan kerusakan konstruksi bangunan diatasnya. Pondasi tiang bor adalah pondasi tiang yang pemasangannya dilakukan dengan mengebor tanah pada awal pengerjaannya kemudian diisi tulangan dan dicor beton. (sumber Fleming et al.,2009)

2.4. Daya Dukung Pondasi

Daya dukung merupakan kemampuan tanah dalam mendukung beban pondasi struktur yang terletak diatasnya.

1. Daya Dukung aksial Tunggal dari Data SPT

$$Q_{ult} = (40.N_b.A_p) + (0,1 \cdot N \cdot A_s)$$

Keterangan :

Q_u =.daya.dukung.ultimit.pondasi.tiang.(ton)

N_b =.Nilai.NSPT.pada.tanah.sekitar.dasar.tiang

A_p =.luas.penampang.dasar.tiang.(m²)

A_s =.luas.selimut.tiang.(m²)

N =.Nilai.rata-rata.uji.SPT.di.sepanjang.tiang

2. Daya Dukung Ijin Tiang Tunggal

Penentuan daya dukung ijin (Q_a atau Q_{ult}) dilakukan dengan membagi daya dukung ultimit dengan faktor keamanan.

$$Q_a = \frac{Q_{ult}}{FS}$$

Tabel 1. Faktor Keamanan

Klasifikasi Struktur	Faktor Keamanan			
	Kontrol Baik	Kontrol Normal	Kontrol Jelek	Kontrol Sangat Jelek
Monumental	2,3	3	3,5	4
Permanen	2	2,5	2,8	3,4
Sementara	1,4	2	2,3	2,8

3. Daya Dukung Kelompok Tiang

$$Q_{pg} = E_g \times n_{tiang} \times Q_a$$

Dalam penentuan daya dukung kelompok terdapat beberapa perhitungan terlebih dahulu yang menjadi komponen daya dukung kelompok tiang ini sendiri ,

a. Jumlah tiang

Untuk menentukan jumlah tiang yang akan dipasang beban yang bekerja pada pondasi dan kapasitas dukung ijin tiang Untuk menentukan jumlah tiang yang akan dipasang beban yang bekerja pada pondasi dan kapasitas dukung ijin tiang

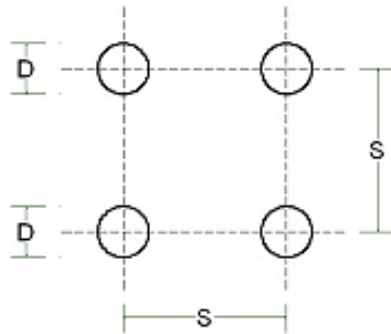
$$n = P/Q_a$$

dimana

P adalah gaya aksial yang terjadi dan Q_a adalah daya dukung ijin tiang tunggal.

b. Jarak tiang

Dalam perhitungan jarak tiang terdapat beberapa ketentuan yaitu



- Bila $S < 2,5 D$

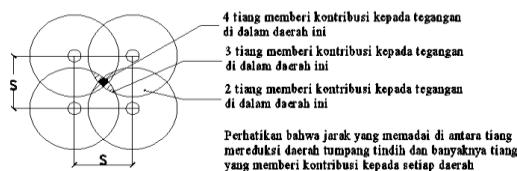
Kemungkinan tanah di sekitar kelompok tiang akan naik terlalu berlebihan karena terdesak oleh tiang-tiang yang dipancang terlalu berdekatan. dan terangkatnya tiang-tiang di sekitarnya yang telah dibor lebih dahulu.

- Bila $S > 3D$

Apabila $S > 3D$ maka tidak ekonomis, karena akan memperbesar ukuran atau dimensi dari poer (footing) maka akan memperbesar biaya.

c. Efisiensi tiang

Kelompok tiang, baik pada ujung maupun pada keliling tiang akan terjadi overlapping (tumpang tindih) pada daerah yang mengalami tegangan akibat beban kerja struktur sehingga menimbulkan daerah pengaruh tegangan pada kelompok tiang. Pada tiang gesek (pondasi tiang pada tanah lempung atau pasir) maka overlapping tegangan akan terjadi disekitar tiang yang akan mempengaruhi daya dukungnya.



Dalam perhitungan efisiensi kelompok tiang terdapat beberapa formula untuk menentukannya, diantaranya :

- Formula Sederhana

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

- Formula seiler – Keeney

$$E_g = \left[1 - \frac{36 \cdot s \cdot (m+n-2)}{(75-s^2-7) \cdot (m+n-1)} \right] + \frac{0.3}{m+n}$$

- Formula Feld

Dalam metode ini kapasitas pondasi individual tiang berkurang sebesar 1/16 akibat adanya tiang yang berdamping baik dalam arah diagonal. Ilustrasi hasil perhitungan formula ditunjukkan

$$E_g = \frac{1}{16} = 0,938$$



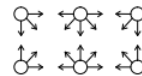
$$E_g = \frac{1}{16} = 0,875$$



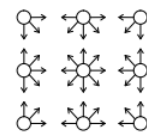
$$E_g = \frac{1}{16} = 0,815$$



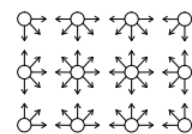
$$E_g = \frac{4 \times \frac{1}{16} \times 2 \times \frac{1}{16}}{6} = 0,729$$



$$E_g = \frac{4 \times \frac{1}{16} \times 4 \times \frac{1}{16} + \frac{8}{16}}{9} = 0,729$$



$$E_g = \frac{4 \times \frac{1}{16} \times 6 \times \frac{1}{16} + 2 \times \frac{8}{16}}{12} = 0,7$$



4. Daya Dukung Lateral

Beban lateral dan momen dapat bekerja pada pondasi tiang akibat gaya gempa, gaya angin pada struktur atas, beban static seperti misalnya tekanan aktif tanah pada abutment jembatan, atau gaya tumbukan kapal dan lain-lain. Dalam analisis, kondisi kepala tiang terjepit (fixed head atau restrained).

$$T = \sqrt[3]{\frac{E_p \cdot I_p}{\eta_b}}$$

2.5. Kontrol Geser Pons Pile Cap

$$\phi V_c = 1 + 2/\beta_c \times \sqrt{f'_c}/3 \times b_o \times d$$

$$\phi V_c = 1/12 \times ((\alpha_s \times d)/b_o + \sqrt{f'_c}) \times b_o \times d$$

$$\phi V_c = \sqrt{f'_c}/3 \times b_o \times d$$

Keterangan :

d = Tinggi efektif

b_o = bidang kritis geser pons yaitu 4 (c + d)

c = lebar bidang

β_c = perbandingan sisi panjang dan pendek kolom dari beban terpusat atau daerah tumpuan.

α_s = 40 (jika termasuk kolom dalam, 30 untuk kolom tepi dan 20 untuk kolom tepi).

2.6. Penulangan Pile Cap

Pada penulangan pilecap diasumsikan bahwa sebagai pelat jalur jepit pada bagian sisinya. Untuk mendapatkan nilai momen maka digunakan tabel (Pelat : Stiglet/Wipel:209) kemudian dilanjutkan dengan interpolasi,

y/L	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
Mye	0.32	0.31	0.30	0.28	0.25	0.21	0.18	0.14	0.05	0.05	0

Untuk perhitungan tulangan pada pile cap digunakan beberapa rumus seperti dibawah ini :

1. Momen nominal (M_n)
 $M_n = M_u / \phi$
2. Tinggi efektif pile cap (d)
 $d = h - \text{selimut beton} - \frac{1}{2} \text{ diameter tulangan}$
3. Koefisieng kapasitas penampang (R_n)
 $R_n = M_n / b \times d^2$
4. $M = f_y / 0.85 \times f'_c$
5. $\rho_b = 0.85 ((0.85 \times f'_c) / f_y) \times (600 / (600 + f_y))$
 $\rho_{max} = 0.75 \times \rho_b$
6. $\rho_{min} = 1.4 / f_y$
7. $\rho_{ada} = 1/m (1 - \sqrt{(2 \times m \times R_n) / f_y})$
8. $A_{sperlu} = \rho_{ada} \times b \times d$
9. $n = (A_{sperlu}) / (1/4 \times 3.14 \times D)^2$
10. $s = b - (2 \times \text{selimut beton}) / n - 1$

2.7. Penulangan Tiang Bor

Tulangan merupakan suatu fungsi yang sangat penting untuk struktur beton karena daya dukung struktur beton bertulang didapatkan dari hasil kerja sama antara beton dan tulangannya. Pada perencanaan tulangan lentur, tiang bor diasumsikan ρ minimum = 1 %.

1. $A_s = \rho \frac{1}{4} \pi D^2$
2. Syarat-syarat untuk penulangan longitudinal
luas tulangan memanjang (longitudinal) tidak boleh kurang dari 0.01 A_g atau lebih dari 0.06 A_g
 $p_g = A_{st} / A_g$
 $0.01 A_g < p_g < 0.06 A_g$
Keterangan:
 p_g = Rasio tulangan memanjang
 A_{st} = Luas tulangan yang diperlukan
 A_g = Luas bruto penampang
3. Diagram Interaksi
4. Menghitung kuat geser beton
Gaya aksial = $A_g \times f'_c / 20$
 $V_c = 0.17 (1 + N_u / 14 A_g) \times \lambda \times \sqrt{f'_c} \times b \times d$

2.8. Penurunan Pondasi

Penurunan pada tanah disebabkan oleh pembebanan dan tanah yang mendukung pondasi tiang untuk memikul bangunan.

$$S_e = S_s + S_p + S_{ps}$$

III. METODOLOGI PENELITIAN

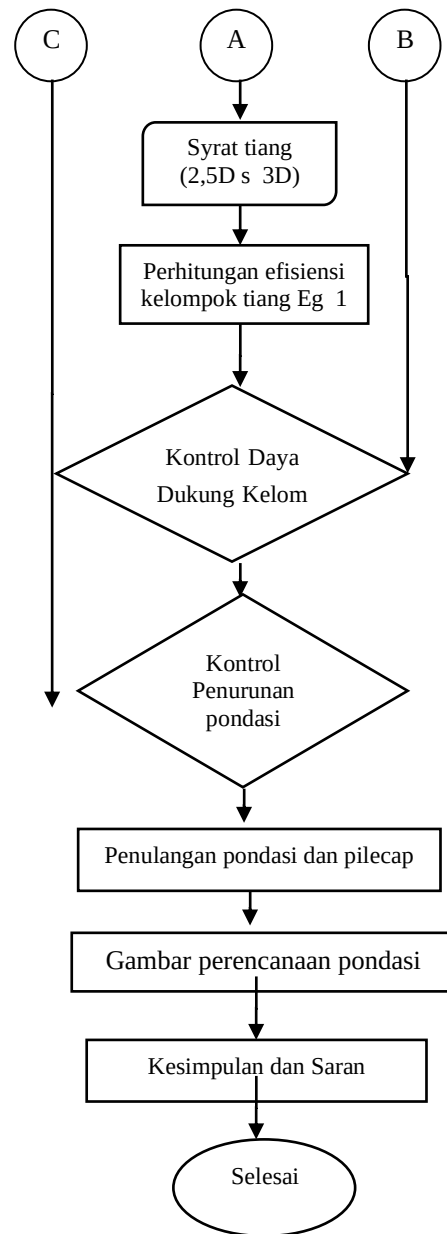
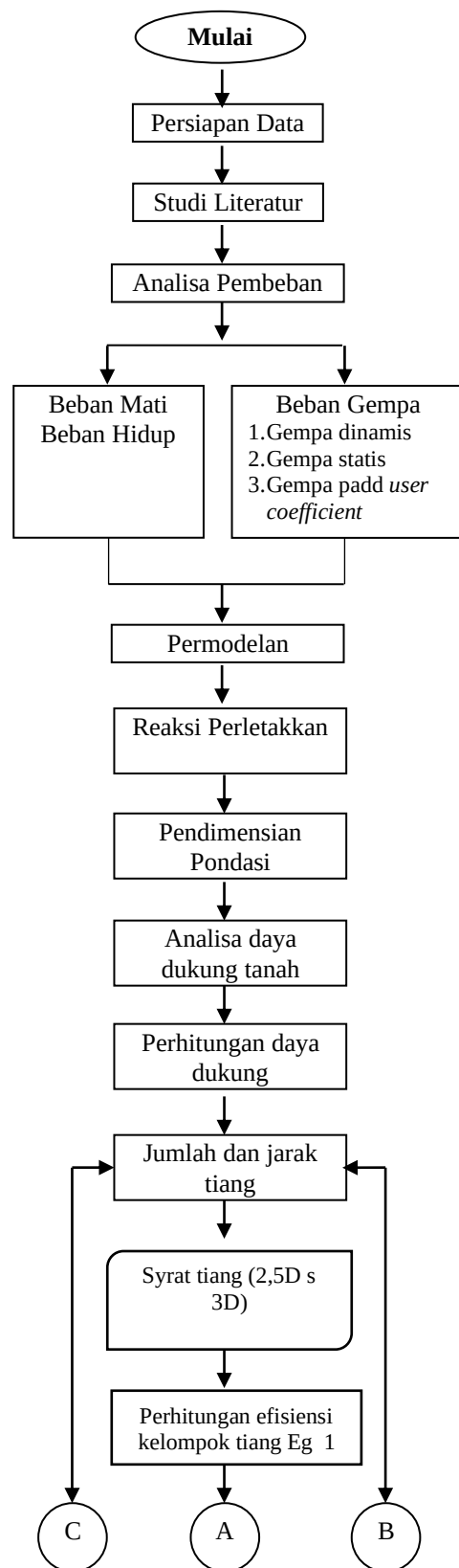
3.1. Data Teknis

Data yang digunakan dalam perencanaan ini adalah Gedung Attic Showroom Surabaya. Gedung ini adalah Gedung barng antik bengan 12 lantai dan menggunakan struktur bangunan beton bertulang.

3.2. Tahap Perhitungan

Tahapan perhitungan yang digunakan dalam penelitian ini adalah

1. Persiapan data penelitian
Data-data yang diperlukan pada studi perencanaan ini adalah data-data konstruksi bangunan, mutu bahan yang digunakan dan gambar perencanaan.
2. Studi literature
Untuk studi literature ang digunakan penulis sebagai pedoman perencanaan meliputi :
a. SNI.1726.2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Banngunan Gedung dan Non.Gedung
b. RSNI.1727:2018Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain
c. SNI 2847 2019 Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung.
3. Analisa pembebanan
Pembebananan yang perlu diperhitungkan dalam perencanaan ini meliputi :
a. Beban Mati (*Dead Load*).
b. Beban Hidup (*Live Load*).
c. Beban Gempa (*Earthquake Load*) dimana beban gempa dibagi menjadi 3 sebagaimana yang ada pada pada ETABS 2016 V.16.2.1 beban gempa dimanis, statis, dan *user coefficient*.
4. Permodelan dan analisa
Untuk menghitung gaya-gaya dalam pada daerah studi digunakan program bantu ETABS 2016 V.16.2.1.
5. Pemeriksaan hasil output
Pemeriksaan hasil *output* pada ETABS 2016 V.16.2.1. dilakukan untuk mengetahui perilaku struktur yakni simpangan. Dan menganalisa hasil dan membandingkannya sebagaimana tujuan dari penelitian ini. Selaim itu juga melihat gaya dasar akibat dari masing-masing desain beban gempa
6. Pengambilan kesimpulan



IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Rencana Kombinasi

1. Kombinasi Tegangan Ultimate

- 1,4D
- 1,2D + 1,6L
- $1,23 D + L + 0.9 Q_{Ex} + Q_{Ey} 3.0$
- $1,22D + L + Q_{Ex} -0.9 - Q_{Ey} 3$
- $1,18D + L - Q_{Ex} 0.9+ Q_{Ey} -3$
- $1,17D + L - Q_{Ex} -0.9 - Q_{Ey} -3$
- $1,23D + L + Q_{Ey} 0.9+ Q_{Ex} 3$
- $1,18D + L - 0.9 Q_{Ey} + -3 Q_{Ex}$
- $1,22D + L + -0.9 Q_{Ey} - 3 Q_{Ex}$
- $1,17D + L - -0.9 Q_{Ey}) - -3 Q_{Ex}$
- $0,87D + L + 0.9 Q_{Ex} + 3 Q_{Ey}$

- l. $0,88D + L - 0,9 Q_{Ex} + 3 Q_{Ey}$
 - m. $0,92D + L + 0,9 Q_{Ex} - 3 Q_{Ey}$
 - n. $0,93D + L - 0,9 Q_{Ex} - 3 Q_{Ey}$
 - o. $0,87D + L + 0,9 Q_{Ey} + 3 Q_{Ex}$
 - p. $0,92D + L - 0,9 Q_{Ey} + 3 Q_{Ex}$
 - q. $0,88D + L + 0,9 Q_{Ey} - 3 Q_{Ex}$
 - r. $0,93D + L - 0,9 Q_{Ey} - 3 Q_{Ex}$
- s. Kombinasi Tegangan Ijin
- a. $1D$
 - b. $1D + 1L$
 - c. $1,12 D + L + 0,21 Q_{Ex} + 0,7 Q_{Ey}$
 - d. $1,1D + L + 0,21 Q_{Ex} - 0,7 Q_{Ey}$
 - e. $0,94D + L - 0,21 Q_{Ex} + 0,7 Q_{Ey}$
 - f. $0,88D + L - 0,21 Q_{Ex} - 0,7 Q_{Ey}$
 - g. $1,12D + L + 0,21 Q_{Ey} + 0,7 Q_{Ex}$
 - h. $0,93D + L - 0,21 Q_{Ey} + 0,7 Q_{Ex}$
 - i. $1,1D + L + 0,21 Q_{Ey} - 0,7 Q_{Ex}$
 - j. $0,88D + L - 0,21 Q_{Ey} - 0,7 Q_{Ex}$
 - k. $1,09D + L + 0,16 Q_{Ex} + 0,52 Q_{Ey}$
 - l. $1,05D + L - 0,16 Q_{Ex} + 0,52 Q_{Ey}$
 - m. $0,92D + L + 0,16 Q_{Ex} - 0,52 Q_{Ey}$
 - n. $1,05D + L - 0,16 Q_{Ex} - 0,52 Q_{Ey}$
 - o. $0,72D + L + 0,21 Q_{Ey} + 0,7 Q_{Ex}$
 - p. $0,54D + L - 0,21 Q_{Ey} + 0,7 Q_{Ex}$
 - q. $0,67D + L + 0,21 Q_{Ey} - 0,7 Q_{Ex}$
 - r. $0,48D + L - 0,21 Q_{Ey} - 0,7 Q_{Ex}$

4.2. Hasil Pembebanan Tiap Kombinasi

1. Kombinasi Ultimate

v	FX (TON)	FY (TON)	FZ (TON)	MX (TON M)	MY (TON M)	MZ (TON M)
Berat	5.745	9.932	1179.842	84.659	24.882	5.404
Sedang	-5.276	-18.392	785.194	-155.209	-30.754	-4.830
Ringan	158.891	74.910	527.257	95.721	26.749	8.445

2. Kombinasi Tegangan ijin

v	FX (TON)	FY (TON)	FZ (TON)	MX (TON M)	MY (TON M)	MZ (TON M)
Berat	56.65	23.77	1288.83	532.79	300.87	18.76
Sedang	15.90	31.76	849.37	144.93	64.55	10.11
Ringan	404.791	244.117	570.887	327.041	608.279	37.401

4.3. Perhitungan Pondasi dan Penulangan

1. Kombinasi Ultimate

4.1.1. Perhitungan Pondasi Tipe 1

Berikut adalah data pondasi yang direncanakan :

- Diameter tiang (D) = 80 cm
= 0,80 m
- Kedalaman tiang (H) = 27 m
- Tebal pilecap (Hp) = 1,2 m
- Panjang tiang bor (Lf) = 24,8 m
- Luas penampang (Ap) = $1/4\pi D^2$
= $0,25 \times 3,14 \times 0,8^2$
= 0,50 m²
- Keliling tiang bor (P) = πD
= $3,14 \times 0,80$
= 2,51 m
- Luas selimut (As) = $P L_f$
= $2,51 \times 24,8$
= 62,35 m²
- Berat sendiri (Wp) = $A_p L_f B_j$
= $0,50 \times 24,8 \times 2400 \text{ Kg/m}^3$
= 29930 Kg
= 29,9 ton

- Sementara nilai N_s didapat dari nilai rata-rata uji SPT disepanjang tiang dapat dilihat dari kedalaman 1,5 m sampai 27 m yaitu sebagai berikut :

Tabel 4. 19.NSPT pada kedalaman 1.5 sampai 27

No	Kedalaman (m)	Nilai NSPT
1	0	0
2	3	6
3	6	0
4	8	0
5	11	3
6	13	60
7	16	35
8	18	37
9	21	36
10	23	37
11	26	60
12	30	60
ΣNSPT		334

$$N_s = \Sigma NSPT / 12$$

$$= 334/12$$

$$= 27,83 \approx 28 \text{ blows/ft}$$

Maka dari itu maka nilai daya dukung tiang bor adalah:

$$Q_u = 40 \times N_b \times A_p + 0,1 \times N_s \times A_s - W_p$$

$$= 40 \times 46 \times 0,503 + 0,1 \times 28 \times 62,35 - 29,93 \text{ ton}$$

$$= 925,257 + 174,592 - 29,93$$

$$= 1069,919 \text{ ton}$$

4.3.1.1. Perhitungan Daya Dukung Aksial

Berdasarkan dengan rumus daya dukung tiang bor yaitu $Q_u = 40 \times N_b \times A_p + 0.1 \times N \times A_s$ maka dilakukan perhitungan sebagai berikut :

1. Menghitung nilai N_b

Nilai N -SPT pada tanah sekitar ujung tiang (N_b) dihitung rata-rata antara 8D diatas dasar tiang hingga 4D dibawah dasar tiang, yaitu:

- 8D diatas ujung tiang = $27 \text{ m} + 8D$
 $= 27 \text{ m} + (8 \times 0.8)$
 $= 20.6 \text{ m}$
- 4D dibawah ujung tiang = $27 \text{ m} + 4D$
 $= 27 \text{ m} + (4 \times 0.8)$
 $= 30.2 \text{ m}$

Berdasarkan perhitungan diatas, maka dapat digambarkan :

Tabel 4. 17.Rekapitulasi hasil N_{spt}

No	Kedalaman (m)	Nilai N_{SPT}
1	0	0
2	3	6
3	6	0
4	8	0
5	11	3
6	13	60
7	16	35
8	18	37
9	21	36
10	23	37
11	26	60
12	30	60

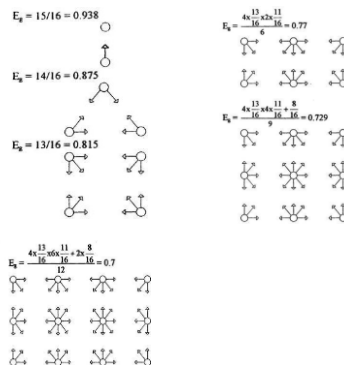
a. Efisiensi kelompok tiang

Pada kali ini digunakan Formula Feld yaitu

$$E_g = 15/16 = 0.938$$

$$E_g = 14/16 = 0.875$$

$$E_g = 13/16 = 0.815$$

$$E_g = \frac{4 \times \frac{13}{16} \times \frac{11}{16} + \frac{28}{16} \times \frac{8}{16}}{\frac{11}{16}} = 0.7$$


Nilai efisiensi kelompok tiang seperti gambar diatas, dapat juga disajikan secara tableris seperti pada tabel dibawah ini :

Tabel 4. 21.Nilai efisiensi kelompok tiang

Banyaknya Tiang	Efisiensi (E_g)
1	1
2	0.938
3	0.875
4	0.813
5	0.800
6	0.771

- ΣV = V + berat pilecap + berat pondasi
 $= 1179.8 \text{ ton} + 43.857 \text{ ton} + 108.748 \text{ ton}$
 $= 1331.446 > Q_{pg} = 1123.415 \text{ ton (NO)}$

Karena Karena pemakaian 3 tiang tidak aman, maka dicoba 5 tiang

2. Percobaan Perhitungan dengan 5 tiang

a. Syarat jarak minimum tiang

$$S = 2.5D \leq S \leq 3D$$

$$2.5 D = 2 \text{ m}$$

$$3D = 2.4 \text{ m}$$

Maka akan dicoba $S = 2 \text{ m}$

b. Efisiensi kelompok tiang

- Berdasarkan Formula Converse-Labarre

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

$$= 1 - \left(\frac{(3-1) \times 2 + (2-1) \times 3}{90 \times 2 \times 3} \right) \times \tan^{-1} \frac{0.8}{2}$$

$$= 0.99507 < 1 \text{ (ok)}$$

- Berdasarkan Formula Seiler – Keeney

$$E_g = \left(1 - \frac{36 \times s \times (m+n-2)}{(75s^2-7)x(m+n-1)} \right) + \frac{0.3}{m+n}$$

$$= \left(1 - \frac{36 \times 2 \times (2+3-2)}{(75 \times 4-7)x(2+3-1)} \right) + \frac{0.3}{2+3}$$

$$= 0.876 < 1 \text{ (ok)}$$

2. Kombinasi Tegangan ijin

4.1.1.Perhitungan Pondasi Tipe 2

Berikut adalah data pondasi yang direncanakan :

- Diameter tiang (D) = 80 cm
 $= 0.80 \text{ m}$
- Kedalaman tiang (H) = 27 m
- Tebal pilecap (H_p) = 1 m
- Panjang tiang bor (L.f) = 25 m
- Luas penampang (A_p) = $1/4 \pi D^2$
 $= 0.25 \times 3.14 \times 0.8^2$
 $= 0.50 \text{ m}^2$
- Keliling tiang bor (P) = πD
 $= 3.14 \times 0.80$
 $= 2.51 \text{ m}$
- Luas selimut (A_s) = $P \times L_f$
 $= 2.51 \times 25$
 $= 62.86 \text{ m}^2$
- Berat sendiri (W_p) = $A_p \times L_f \times B_j$
 $= 0.50 \times 25 \times 2400 \text{ Kg/m}^3$
 $= 30171 \text{ Kg}$
 $= 30.2 \text{ ton}$

4.3.2.1. Perhitungan Daya Dukung Aksial

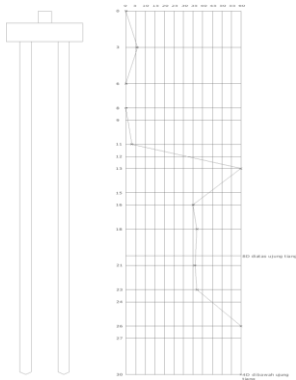
Berdasarkan dengan rumus daya dukung tiang bor yaitu $Q_u = 40 \times N_b \times A_p + 0.1 \times N \times A_s$ maka dilakukan perhitungan sebagai berikut :

8. Menghitung nilai N_b
- Nilai N -SPT pada tanah sekitar ujung tiang (N_b) dihitung rata-rata antara 8D diatas dasar tiang hingga 4D dibawah dasar tiang, yaitu:
- a. 8D diatas ujung tiang $= 27 \text{ m} + 8D$
 $= 27 \text{ m} + (8 \times 0.8)$
 $= 20.6 \text{ m}$
- b. 4D dibawah ujung tiang $= 27 \text{ m} + 4D$
 $= 27 \text{ m} + (4 \times 0.8)$
 $= 30.2 \text{ m}$

Berdasarkan perhitungan diatas, maka dapat digambarkan :

Tabel 4. 33.Rekapitulasi hasil Nspt

No	Kedalaman (m)	Nilai NSPT
1	0	0
2	3	6
3	6	0
4	8	0
5	11	3
6	13	60
7	16	35
8	18	37
9	21	36
10	23	37
11	26	60
12	30	60



Gambar 4. 20.Rencana pondasi tipe 2

8. Berikut ini adalah tabel NSPT pada kedalaman 20.6 sampai 30.2

Tabel 4. 34.NSPT pada kedalaman 20.6 sampai 30.2

No	Kedalaman (m)	NSPT (blows/ft)
1	18	37
2	21	36
3	23	37
4	26	60
5	30	60
Σ NSPT		230

$N_b = \Sigma \text{NSPT} / 5$
 $= 230/5$
 $= 46 \text{ blows/ft}$

8. Sementara nilai N_s didapat dari nilai rata-rata uji SPT disepanjang tiang dapat dilihat dari kedalaman 1.5 m sampai 27 m yaitu sebagai berikut :

Tabel 4. 35.NSPT pada kedalaman 1.5 sampai 27

No	Kedalaman (m)	Nilai NSPT
1	0	0
2	3	6
3	6	0
4	8	0
5	11	3
6	13	60
7	16	35
8	18	37
9	21	36
10	23	37
11	26	60
12	30	60
Σ NSPT		334

$N_s = \Sigma \text{NSPT} / 12$
 $= 334/12$
 $= 27.83 \approx 28 \text{ blows/ft}$

Maka dari itu maka nilai daya dukung tiang bor adalah:

$Q_u = 40 \times N_b \times A_p + 0.1 \times N_s \times A_s - W_p$
 $= 40 \times 46 \times 0.503 + 0.1 \times 28 \times 62.9 - 30.171 \text{ ton}$
 $= 925.257 + 176 - 30.171$
 $= 1071.086 \text{ ton}$

V. KESIMPULAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian didapat kesimpulan sebagai berikut:

1. Kombinasi beban metoda ultimate memiliki hasil joint reaction lebih besar dibandingkan dengan kombinasi beban metode ijin
2. Pemilihan kombinasi menentukan besaran dari joint reaction sehingga akan berdampak pada perhitungan jumlah tiang dan ukuran pilecap

5.2. Saran

Berikut adalah beberapa saran sebagaimana dengan penelitian ini :

1. Perlunya penelitian lebih lanjut mengenai tingkat efektifitas kombinasi yang digunakan.

2. Untuk penelitian lebih lanjut dapat membandingkan sistem penahan gaya gempa, peraturan terbaru, dan beberapa aplikasi program bantu.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. (2018). SNI 1726 *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*.
- Badan Standarisasi Nasional. (2002). SNI 1726 *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*.

Paulus P. Raharjo. 2005 Manual Pondasi Tiang Edisi 3, Geotechnical Engineering Center Universitas Katolik Parahayang. Bandung

Josep E. Bpwles, P.E., S.E. 1997 Foundation Analysis

Anda Design Surento Bambang. 2015 *Rekayasa Pondasi*, Penerbit Yogyakarta

Lilik Gani. 2016 *Analisa Daya Dukung Tiang Bor Menggunakan Insitu Load Test*. Teknik Sipil Universitas Muhamadiyah Jakarta