

**STUDI PENGARUH MOMEN EKSENTRISITAS POSISI KOLOM PILECAP
TERHADAP KAPASITAS TIANG PANCAN**

***STUDY OF THE INFLUENCE OF PILECAP COLUMN POSITION EXCENTRICITY
MOMENT ON PILE CAPACITY***

M. Afinda Da'ifal Fitroh¹ Muhtar² Pujo Priyono²

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah
Jember

Email :

Abstrak

Sejalan dengan cepatnya perkembangan pembangunan yang sudah tersebar hampir di seluruh wilayah Indonesia, banyak didirikan bangunan bertingkat sebagai penunjang dalam proses peningkatan kekuatan dalam persaingan di bidang ilmu pengetahuan dan teknologi maupun industri, baik oleh pihak pemerintah maupun dari pihak swasta. Bangunan gedung bertingkat yang menggunakan pondasi tiang pancang kemungkinan terjadi kesalahan koordinat di titik pemancangan, kesalahan koordinat titik pemancangan berakibat pada meletakkan as pilecap, karena pilecap harus dipasang sesuai standar tata letak tiang pancang menyesuaikan kondisi pilecap, karena kolom harus mempunyai as yang sama dengan as pilecap, maka akan terjadi eksentrisitas bila terjadi kesalahan koordinat di titik pemancangan. Perhitungan perencanaan pondasi Strauss pada proyek pembangunan gedung Rumah Sakit 4 Lantai yang berlokasi di Jember. Persentase perubahan terjadi secara signifikan pada kasus 1 dengan kondisi eksentris arah Y sebesar 10 cm, dan eksentrisitas arah X sebesar 20 cm, mengalami pertambahan 70% kenaikan untuk nilai Gaya aksial tiang pancang, 68% kenaikan untuk nilai gaya geser pile cap, dan 77% kenaikan untuk nilai momen yang terjadi pada pilecap arah x maupun y.

Keywords: pilecap, eksentrisitas, tiang pancang

Abstract

Along with the rapid development of development that has spread to almost all regions of Indonesia, many multi-storey buildings have been erected as a support in the process of increasing strength in competition in the fields of science and technology and industry, both carried out by the government and from private parties. Multi-storey buildings that use pile foundations are likely to have coordinate errors at the driving point, an error in the coordinates of the driving points will result in placing the axles of the pile cap, because the pilecap must be installed according to the standard pile cap layout according to the conditions of the pile cap, because the column must have the same axles as the axles of the pile cap, then eccentricity will occur if there is an error in the coordinates at the driving point. Calculation of the planning of the Strauss foundation on a 4-floor Hospital building project located in Jember. The percentage change occurred significantly in case 1 with the eccentricity of the Y direction of 10 cm, and the eccentricity of the X direction of 20 cm, experiencing a 70% increase in the value of the axial force of the pile, 68% increase in the value of the pile cap shear force, and 77% increase for the value of the moment that occurs in the x and y direction pilecap.

Keywords: pilecap, eccentricity, pile cap

1. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Sejalan dengan cepatnya perkembangan pembangunan yang sudah tersebar hampir di seluruh wilayah Indonesia, banyak didirikan bangunan bertingkat sebagai penunjang dalam proses peningkatan kekuatan dalam persaingan di bidang ilmu pengetahuan dan teknologi maupun industri, baik oleh pihak pemerintah maupun dari pihak swasta (Napoleao, 2016).

Pengertian tanah lunak menurut Rachlan 1986 dan Bina Marga 1999 adalah tanah yang umumnya terdiri atas tanah lempung termasuk material pondasi yang sangat jelek karena kadar airnya yang tinggi, permeabilitas rendah dan sangat compressible dan tanah yang secara visual dapat ditembus dengan ibu jari minimum sedalam ± 25 mm, atau mempunyai kuat geser 40 kpa berdasarkan uji geser baling lapangan. Tanah lunak mempunyai daya dukung yang rendah dan penurunan yang tinggi. Sehingga jika dijadikan sebagai pondasi bangunan, maka harus dilakukan terlebih dahulu stabilisasi atau perbaikant tanah lunak, sehingga layak dan memenuhi persyaratan sebagai lapis pondasi.

Penggunaan pondasi tiang pancang dapat dilakukan ketika tanah yang berada di dasar bangunan tidak mempunyai daya dukung (bearing capacity) yang cukup untuk memikul berat bangunan dan beban. Pondasi ini juga dapat dipertimbangkan ketika tanah mempunyai daya dukung yang cukup untuk memikul berat bangunan dan seluruh beban yang bekerja berada pada lapisan yang dalam dari permukaan tanah dengan kedalaman lebih dari 8 meter.

Tiang pancang pada umumnya dipasang secara berkelompok dimana sekumpulan tiang dipasang secara relatif berdekatan dan diikat menjadi satu menggunakan pile cap di atasnya. Untuk menghitung nilai kapasitas dukung kelompok tiang, ada beberapa hal yang harus diperhatikan, yaitu jumlah tiang dalam satu kelompok, jarak tiang, susunan tiang dan efisiensi kelompok tiang.

Bangunan gedung bertingkat yang menggunakan pondasi tiang pancang

kemungkinan terjadi kesalahan koordinat di titik pemancangan, kesalahan koordinat titik pemancangan berakibat pada meletakkan as pilecap, karena pilecap harus dipasang sesuai standart tata letak tiang pancang menyesuaikan kondisi pilecap, karena kolom harus mempunyai as yang sama dengan as pilecap, maka akan terjadi eksentrisitas bila terjadi kesalahan koordinat di titik pemancangan.

Eksentrisitas yang terjadi pada as kolom/pilecap bisa terjadi satu arah maupun dua arah. Latar belakang dari permasalahan penelitian ini adalah membuat studi derajat eksentrisitas yang dapat diterima oleh struktur kolom. Perencana selalu banyak mengabaikan hal-hal seperti diatas untuk dianggap tidak masalah, sehingga penulis membuat studi apakah ada pengaruh terhadap kesalahan koordinat titik pemancangan dan pada akhirnya terjadi eksentrisitas, sehingga pilecap mengalami tambahan momen baik searah (uniaksial) maupun dua arah (biaksial).

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas rumusan masalah penelitian ini, dapat diidentifikasi beberapa poin masalah sebagai berikut :

1. Berapa besar persentase perubahan yang terjadi dari kondisi ideal dengan kondisi eksentris?
2. Bagaimana pengaruh eksentrisitas terhadap kapasitas tiang pancang?

C. Tujuan

Dengan memperhatikan rumusan masalah maka tujuan dari penulisan studi ini yaitu sebagai berikut :

1. Untuk menghitung besar persentase perubahan yang terjadi dari kondisi ideal dengan kondisi eksentris
2. Untuk menghitung pengaruh eksentrisitas terhadap kapasitas tiang pancang

D. Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini meliputi:

1. Tidak menghitung Rencana Anggaran Biaya (RAB).
2. Permodelan 3 dimensi bangunan menggunakan software ETABSV.20.1.0
3. Aspek yang ditinjau adalah beton bertulang dan tiang pancang kelompok
4. Gedung yang ditinjau adalah Gedung Rumah Sakit Universitas Muhammadiyah Jember

E. Manfaat

Manfaat yang di harapkan oleh penulis dari tersusunnya penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Studi ini merupakan kesempatan bagi penulis untuk menerapkan ilmu yang telah dipelajari selama di bangku perkuliahan dan digunakan dalam praktek secara langsung di lapangan. Maka akan menambah pemahaman penulis dalam bidang proyek secara langsung khususnya bidang struktur
2. Hasil studi ini bisa digunakan sebagai masukan terkait perkembangan bidang konstruksi yang terus meningkat di periode yang akan datang.
3. Hasil studi ini bisa digunakan sebagai bahan referensi dan untuk membandingkan dalam memecahkan masalah yang sama di periode akan datang ataupun digunakan sebagai bahan studi.

2. TINJAUAN PUSTAKA

A. Tiang Pancang

Pondasi tiang merupakan bagian konstruksi yang dapat di buat dari bahan kayu, beton dan/atau baja, yang digunakan untuk meneruskan beban permukaan ke tingkat permukaan yang lebih rendah dalam massa tanah.

Jenis pondasi ini digunakan ketika letak tanah keras sangat dalam, yang umumnya dinyatakan dalam rasio $Df/B > 10$. Diatas lapisan tanah keras dijumpai lapisan tanah lunak dengan kuat dukung rendah. Jadi tanah keras ini mendukung beban yang bekerja, dan struktur tiang harus mampu menerima beban yang mengakibatkan terjadinya lentur atau tarik. Bentuk tampang

tiang dapat berbentuk lingkaran, segi empat, segi enam, segi delapan, bahkan tidak beraturan.

B. Pemilihan Jenis Tiang Pancang

Pemilihan tipe tiang pancang untuk berbagai jenis keadaan tergantung pada banyak variabel. Walaupun demikian harus ada indikator yang jelas yang dapat menunjukkan kesesuaian beberapa tipe tiang pancang dengan kondisi-kondisi tertentu.

Faktor-faktor yang perlu diperhatikan/dipertimbangkan dalam pemilihan tiang pancang antara lain : a) Tipe dari tanah dasar yang meliputi jenis tanah dasar dan ciri-ciri topografinya; b) Jenis bangunan yang akan dibuat; c) Alasan teknis pada waktu pelaksanaan pemancangan.

Replacement pile adalah tiang pancang di mana di dalam pemasangan dilakukan penggalian lebih dulu yang dapat menggunakan berbagai cara dan peralatan, kemudian tempat galian diganti dengan bahan tiang pancang berdasarkan jenis tiang pancang yang dipakai, maka penggalian tersebut dapat berupa beton baik yang dicor di tempat maupun gabungan antara bahan yang dicetak dulu (pracetak) dengan beton yang dicor di tempat.

C. Jarak Minimum Tiang Pancang

Umumnya jarak yang dipergunakan untuk tiang pancang adalah 2,5 atau 3 kali dari diameter tiang. Apabila jarak antara sumbu tiang $< 2,5$ kali diameter tiang, maka pengaruh kelompok tiang akan cukup besar pada tiang geser, sehingga gaya dukung setiap tiang di dalam kelompok akan lebih kecil dari gaya dukung tiang secara individu. Dapat diartikan bahwa efisiensi menurun, sehingga kemampuan tiang tidak dapat dimanfaatkan semaksimal mungkin. Sebaliknya apabila jaraknya $> 2,5$ kali diameter tiang, maka pengaruh kelompok tiang akan cukup kecil.

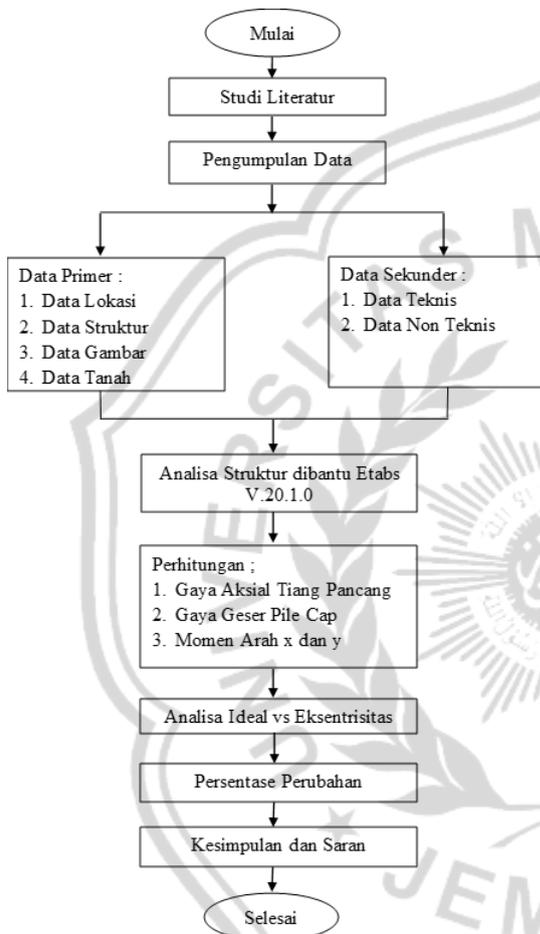
D. Formula Whitney- Penampang Terkendali Teka

Prosedur pendekatan sangat diperlukan, terutama untuk patokan memilih ukuran dimensi penampang. Salah satu metode pendekatan yang bisa digunakan untuk kasus

dimana tulangan simetris yang disusun satu lapis telah diusulkan oleh Whitney (1942).

3. METODOLOGI

Pada alur penelitian ini dapat ditampilkan dalam diagram alur penelitian (flowchart) seperti berikut :

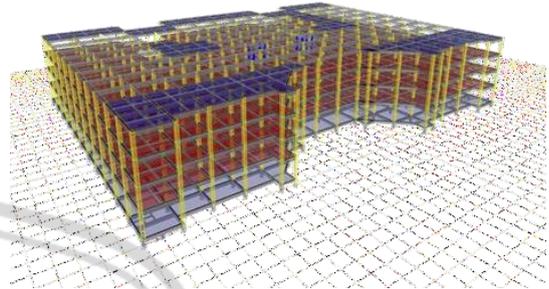


Gambar Diagram Alur Penelitian

Sumber : Hasil penggambaran sendiri

4. ANALISA dan PEMBAHASAN

A. Data perencanaan



Gambar 4.1. Struktur bangunan Output ETABS V20.1.0

Data tanah: Sondir (Cone Penetration Test)
 Mutu beton ($f'c$): 24,9 Mpa (K-350)
 Mutu baja : F_y : 400 Mpa (D = Ulir) F_y : 240 Mpa (\emptyset = Polos)

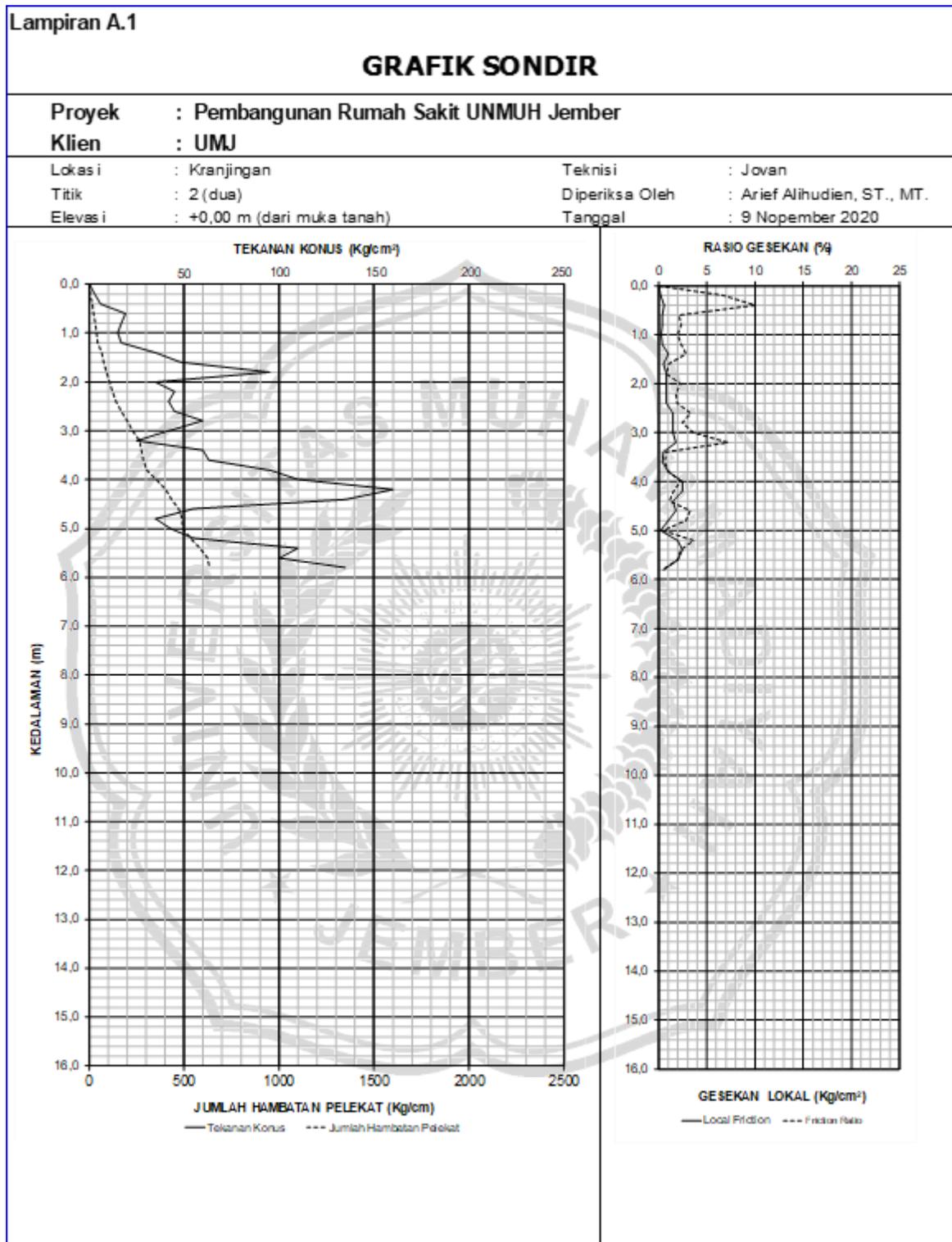
B. Data Tanah

Data penyelidikan tanah yang dilakukan, diketahui jenis lapisan-lapisan tanah yang ada di lokasi proyek pembangunan gedung rumah sakit Universitas Muhammadiyah Jember. Hasil dari sampel sondir yang dilakukan didapat data tanah yang digunakan ($q_c=135$ kg/cm²) terletak pada kedalaman 5,8 meter.

Tabel 4.1. Tabel Hasil Sondir titik 2
 RS UNMUH JEMBER

Tabel Hasil Sondir di : Kranjingan Titik : 2 (dua)

Kedalaman	Conus	CN + CL	HP	JHP	Local Frict	FR
	kg/cm ²					
0,0	0	0	0	0	0,0	0,00
0,2	3	5	4	4	0,2	6,67
0,4	6	12	12	16	0,6	10,00
0,6	19	23	8	24	0,4	2,11
0,8	17	21	8	32	0,4	2,35
1,0	15	18	6	38	0,3	2,00
1,2	17	21	8	46	0,4	2,35
1,4	35	45	20	66	1,0	2,86
1,6	48	53	10	76	0,5	1,04
1,8	95	103	16	92	0,8	0,84
2,0	35	43	16	108	0,8	2,29
2,2	45	53	16	124	0,8	1,78
2,4	42	50	16	140	0,8	1,90
2,6	45	60	30	170	1,5	3,33
2,8	60	75	30	200	1,5	2,50
3,0	42	57	30	230	1,5	3,57
3,2	25	43	36	266	1,8	7,20
3,4	60	65	10	276	0,5	0,83
3,6	63	67	8	284	0,4	0,63
3,8	95	105	20	304	1,0	1,05
4,0	110	135	50	354	2,5	2,27
4,2	160	185	50	404	2,5	1,56
4,4	135	150	30	434	1,5	1,11
4,6	55	73	36	470	1,8	3,27
4,8	35	45	20	490	1,0	2,86
5,0	43	45	4	494	0,2	0,47
5,2	55	75	40	534	2,0	3,64
5,4	110	135	50	584	2,5	2,27
5,6	100	120	40	624	2,0	2,00
5,8	135	140	10	634	0,5	0,37



Gambar 4.2 Hasil Scan Grafik Sondir
 (sumber : Data Laporan penyelidikan data tanah Universitas Muhammadiyah Jember)

Menentukan Kelas Situs Tanah

Penentuan kelas situs tanah dapat diperoleh dari hasil data tanah yang sudah diolah seperti tabel dan grafik diatas, dengan langkah awal yakni mengkonversi nilai conus yang memakai satuan kg/cm^2 menjadi kPa, sebagai bahan mencari nilai N_γ . Diketahui $1 \text{ kg/cm}^2 = 98,066 \text{ kPa}$.

Merujuk pada data tanah titik 2 di kedalaman 1 meter nilai conus menunjukkan 15 kg/cm^2 , maka konversi dalam kPa yakni

$$15 \times 98,066 = 1470,99 \text{ kPa}$$

Mencari $N_\gamma = qc80$

$$N_\gamma = 1470,99 / 80 = 18,387375$$

Dimana:

q_c = tahanan titik kerucut (kPa)

N_γ = factor kapasitas dukung seperti yang diidentifikasi dalam Tabel

Oleh Bowles (1982), dibuat tabel yang menghubungkan antara nilai N_γ dan \emptyset . Untuk nilai \emptyset sebesar 34° dan 48° adalah nilai-nilai dari Terzaghi yang asli, sebagai berikut:

\emptyset ,derajad	N_c	N_q	N_γ	K_{py}
0	5,7	1,0	0,0	10,8
5	7,3	1,6	0,5	12,3
10	9,6	2,7	1,2	14,7
15	12,9	4,4	2,5	18,6
20	17,7	7,4	5,0	25,0
25	25,1	12,7	9,7	35,0
30	37,2	22,5	19,7	52,0
34	52,6	36,5	36,0	
35	57,8	41,4	42,4	82,0
40	95,7	81,3	100,4	141,0
45	172,3	173,3	297,5	298,0
48	258,3	287,9	780,1	
50	347,5	415,1	1153,1	800,0

Tabel 2.17.2 Faktor-faktor kapasitas dukung untuk persamaan Terzaghi

Setelah memperoleh nilai N_γ langkah selanjutnya adalah mencari nilai \emptyset (derajad) yang sudah dihubungkan dalam tabel di atas.

Nilai N_γ yang telah terhitung adalah 18,387375, pada tabel diatas nilai tersebut

berada diantara nilai $N_\gamma = 9,7$ untuk batas atas dan $N_\gamma = 19,7$ untuk batas bawah, maka diperlukan interpolasi untuk menemukan nilai \emptyset derajat di angka 18,38737

Data Pembebanan

Beban Mati (DL)

Terdiri dari kolom, balok, plat penyusun struktur bangunan gedung yang sudah dihitung menggunakan aplikasi ETABS Versi 20 secara otomatis. Adapun beban tambahan yaitu :

- Beban keramik : 24 kg/m^2
- Water Profing : 5 kg/m^2
- Beban Dinding : 250 kg/m^2
- Plester (2,5 cm) : 53 kg/m^2
- Beban ME : 25 kg/m^2
- Beban plafond : 15 kg/m^2

Beban Hidup atau Live Load (LL)

- Gedung Rumah Sakit : 250 kg/m²
- Beban atap : 100 kg/m²

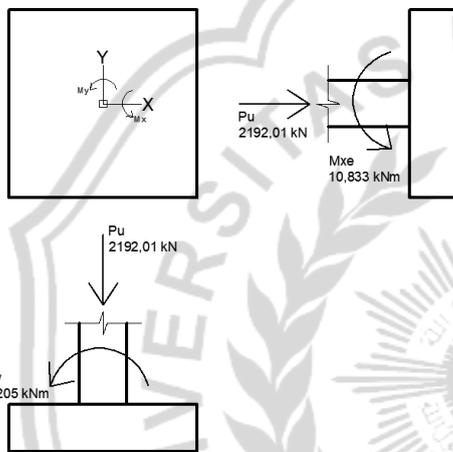
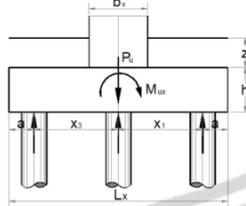
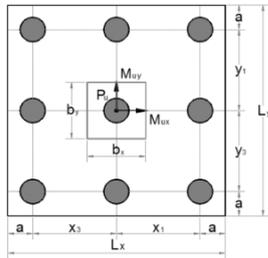
Perencanaan Pondasi Group Pile

Berdasarkan hasil analisa pembebanan dan statika menggunakan program bantu ETABS V20.1.0 diambil nilai-nilai sebagai data perencanaan pondasi group pile yang mengalami eksentrisitas. Nilai-nilai tersebut dapat dilihat pada tabel berikut:

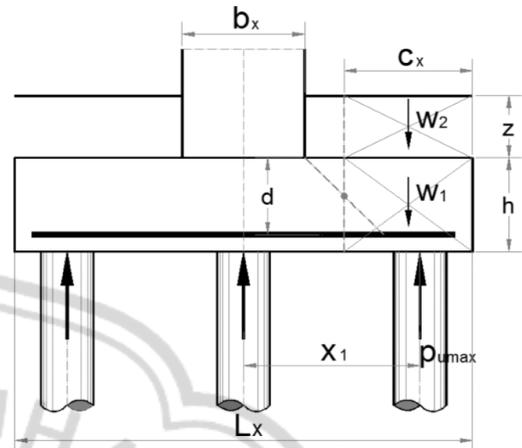
Tabel 4.2. Gaya-gaya yang Bekerja Pada Tumpuan yang mengalami eksentrisitas dalam kondisi ideal (output ETABS V.20.1.0)

No	Nama Kasus	Lokasi		Label Joint		FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
		Grid X	Grid Y			kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m
1	Kasus 1	1	H	269	Max	0,470	0,065	2192,014	10,833	0,153	0,002
					Min	-0,218	-133,771	-0,088	-0,166	-2,205	-0,050
2	Kasus 2	1	I	325	Max	0,0994	0,0656	2195,9519	10,9214	0,1538	0,1166
					Min	-5,0346	-136,402	-0,0913	-0,1699	-1,1605	-0,0011
3	Kasus 3	2	O	483	Max	25,1782	35,1696	3639,6435	0,1273	10,6443	0,0027
					Min	-14,9266	-0,045	-0,0234	-16,0924	-2,0846	-0,0037
4	Kasus 4	2	N	482	Max	13,8093	29,77	3732,2754	0,1264	4,6881	0,0242
					Min	-0,9563	-2,3241	-0,0309	-14,2259	-0,164	-0,0009
5	Kasus 5	2	K	371	Max	0,1045	0,1272	2974,9217	0,1229	0,1572	0,0022
					Min	-60,298	-31,4354	-0,0124	-3,9172	-9,5004	-0,1258
6	Kasus 6	2	F	263	Max	42,0322	0,1145	3046,7177	2,762	3,7572	0,2012
					Min	-0,109	-58,6387	-0,0227	-0,1657	-0,5174	-0,001
7	Kasus 7	3	M	397	Max	23,5661	19,2799	3590,1684	0,1238	3,742	0,0021
					Min	-3,5892	-0,0258	-0,0104	-8,6301	-0,2713	-0,0418
8	Kasus 8	3	L	396	Max	63,7832	86,4757	3078,1817	0,124	10,5394	0,0022
					Min	-0,088	-0,0176	-0,0213	-22,4866	-0,1285	-0,2724
9	Kasus 9	3	I	304	Max	0,1089	14,8142	3227,1006	0,1209	0,209	0,0108
					Min	-2,7825	-0,0171	-0,0028	-8,7475	-0,5739	-0,0009
10	Kasus 10	3	G	259	Max	0,1099	8,7943	3308,9413	0,3717	0,16	0,0022
					Min	-25,885	-7,1822	-0,0029	-6,2944	-8,3298	-0,0058
11	Kasus 11	4	P	509	Max	0,061	8,0994	2019,448	0,1245	0,157	0,0023
					Min	-137,6187	-0,0466	-0,1308	-4,7155	-13,9888	-0,0455
12	Kasus 12	4	M	395	Max	15,0149	6,6033	3596,4207	0,1209	1,7594	0,0021
					Min	-13,5405	-0,0249	-0,0234	-3,9283	-4,7328	-0,0474
13	Kasus 13	4	L	394	Max	151,1954	6,372	2201,792	0,1204	18,9699	0,0023
					Min	-0,041	-0,0147	-0,134	-4,6851	-0,0947	-0,0911
14	Kasus 14	4	J	347	Max	47,2283	9,8443	3429,2806	0,1147	13,0994	0,0305
					Min	-0,0639	-0,006	-0,0144	-5,3242	-0,0937	-0,0009
15	Kasus 15	4	I	302	Max	0,1029	9,464	3231,2522	0,1189	0,8094	0,006
					Min	-3,1702	-0,0179	-0,0009	-5,5944	-0,4392	-0,0009

**Analisis Kuat Pondasi Sampel titik 1
 (Kondisi Ideal)
 Sketsa Group Pile**



Menghitung Gaya Geser Pilecap



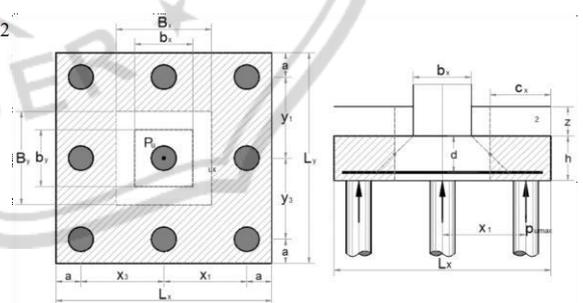
Jarak pusat tulangan terhadap sisi luar beton, $d' = 0,050$ m
 Tebal efektif pilecap, $d = h - d' = 0,750$ m
 Jarak bid. kritis terhadap sisi luar, $c_x = (L_x - b_x - d) / 2 = -0,250$ m
 Berat beton, $W_1 = c_x * L_y * h * w_c = -9,600$ kN
 Berat tanah, $W_2 = c_x * L_y * z * w_s = -10,800$ kN
 Gaya geser arah x, $V_{ux} = 3 * p_{u_{max}} - W_1 - W_2 = 827,217$ kN
 Lebar bidang geser untuk tinjauan arah x, $b = L_y = 2000$ mm
 Tebal efektif pilecap, $d = 750$ mm
 Rasio sisi panjang thd. sisi pendek kolom, $\beta_c = b_z / b_y = 1,0000$
 Kuat geser pilecap arah x, diambil nilai terkecil dari V_c yang diperoleh dari pers.sbb. :
 $V_c = [1 + 2 / \beta_c] * \sqrt{f'_c} * b * d / 6 * 10^{-3} = 4107,919$ kN
 $V_c = [\alpha_s * d / (b + 2)] * \sqrt{f'_c} * b * d / 12 * 10^{-3} = 9071,655$ kN
 $V_c = 1 / 3 * \sqrt{f'_c} * b * d * 10^{-3} = 2738,613$ kN
 Diambil, kuat geser pilecap, $\rightarrow V_c = 2738,613$ kN
 Faktor reduksi kekuatan geser, $f = 0,75$
 Kuat geser pilecap, $\phi * V_c = 2053,960$ kN

**Data Beban Pondasi (Output ETABS V
 20.1.0)**

Gaya aksial kolom akibat beban terfaktor,
 Momen arah x akibat beban terfaktor.
 Momen arah y akibat beban terfaktor.

$P_{uk} = 2$
 $M_{ux} =$
 $M_{uy} =$

Menghitung Geser Dua Arah (PONS)

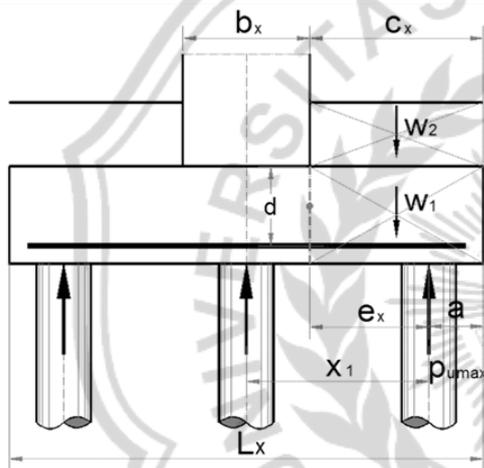


**Menghitung Gaya Aksial Maksimum dan
 Minimum Tiang Pancang**

Berat tanah di atas pilecap, $W_s = L_x * L_y * z * w_s = 86,40$ kN
 Berat pilecap, $W_c = L_x * L_y * h * w_c = 76,80$ kN
 Total gaya aksial terfaktor, $P_u = P_{uk} + 1.2 * W_s + 1.2 * W_c = 2387,85$ kN
 Lengan maksimum tiang pancang arah x thd. pusat, $x_{max} = 0,60$ m
 Lengan maksimum tiang pancang arah y thd. pusat, $y_{max} = 0,60$ m
 Lengan minimum tiang pancang arah x thd. pusat, $x_{min} = -0,60$ m
 Lengan minimum tiang pancang arah y thd. pusat, $y_{min} = -0,60$ m
 Gaya aksial maksimum dan minimum pada tiang pancang,
 $p_{u_{max}} = P_u / n + M_{ux} * x_{max} / \Sigma x^2 + M_{uy} * y_{max} / \Sigma y^2 = 268,94$ kN
 $p_{u_{min}} = P_u / n + M_{ux} * x_{min} / \Sigma x^2 + M_{uy} * y_{min} / \Sigma y^2 = 261,70$ kN

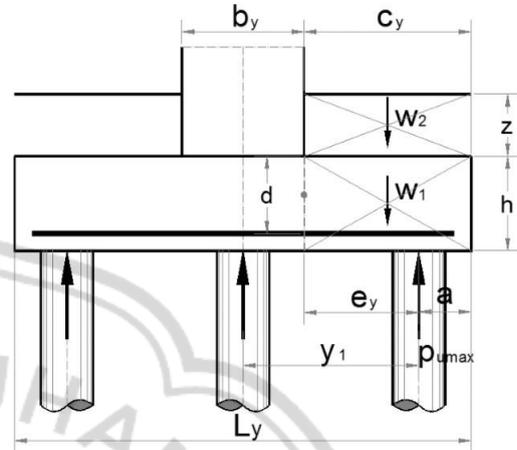
Jarak pusat tulangan terhadap sisi luar beton, $d' = 0,050$ m
 Tebal efektif pilecap, $d = h - d' = 0,750$ m
 Lebar bidang geser pons arah x, $B_x = b_x + d = 1,250$ m
 Lebar bidang geser pons arah y, $B_y = b_y + d = 1,250$ m
 Gaya geser pons akibat beban terfaktor pada kolom, $P_{uk} = 2192,01$ kN
 Luas bidang geser pons, $A_p = 2 * (B_x + B_y) * d = 3,750$ m²
 Lebar bidang geser pons, $b_p = 2 * (B_x + B_y) = 5,000$ m
 Rasio sisi panjang thd. sisi pendek kolom, $\beta_c = b_x / b_y = 1,0000$
 Tegangan geser pons, diambil nilai terkecil dari f_p yang diperoleh dari pers. sbb. :
 $f_p = [1 + 2 / \beta_c] * \sqrt{f_c'} / 6 = 2,739$ MPa
 $f_p = [\alpha_s * d / b_p + 2] * \sqrt{f_c'} / 12 = 2,967$ MPa
 $f_p = 1 / 3 * \sqrt{f_c'} = 1,826$ MPa
 Tegangan geser pons yang disyaratkan, $f_p = 1,826$ MPa
 Faktor reduksi kekuatan geser pons, $\phi = 0,75$
 Kuat geser pons, $\phi * V_{ap} = \phi * A_p * f_p * 10^3 = 5134,90$ kN

Menghitung Momen Yang Terjadi Pada Pilecap (x)



Jarak tepi kolom terhadap sisi luar pilecap, $c_x = (L_x - b_x) / 2 = 0,750$ m
 Jarak tiang thd. sisi kolom, $e_x = c_x - a = 0,350$ m
 Berat beton, $W_1 = c_x * L_y * h * w_c = 28,800$ kN
 Berat tanah, $W_2 = c_x * L_y * z * w_s = 32,400$ kN
 Momen yang terjadi pada pilecap,
 $M_{ux} = 3 * p_{u max} * e_x - W_1 * c_x / 2 - W_2 * c_x / 2 = 259,436$ kNm

Menghitung Momen Yang Terjadi Pada Pilecap (y)



Jarak tepi kolom terhadap sisi luar pilecap, $c_y = (L_y - b_y) / 2 = 0,750$ m
 Jarak tiang thd. sisi kolom, $e_y = c_y - a = 0,350$ m
 Berat beton, $W_1 = c_y * L_x * h * w_c = 28,800$ kN
 Berat tanah, $W_2 = c_y * L_x * z * w_s = 32,400$ kN
 Momen yang terjadi pada pilecap,
 $M_{uy} = 3 * p_{u max} * e_y - W_1 * c_y / 2 - W_2 * c_y / 2 = 259,436$ kNm

Ringkasan Nilai Analisa

Ringkasan nilai hasil analisa yang sudah di lakukan pada titik 1 dalam kondisi ideal tanpa adanya eksentrisitas.

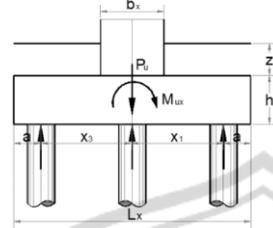
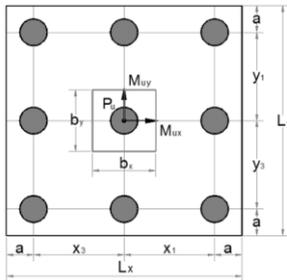
Gaya aksial maksimum tiang pancang = 268,94 kN

Gaya geser Pile Cap = 827,217 kN

Momen yang terjadi pada pilecap (x) = 259,45 kNm

Momen yang terjadi pada pilecap (y) = 259,45 kNm

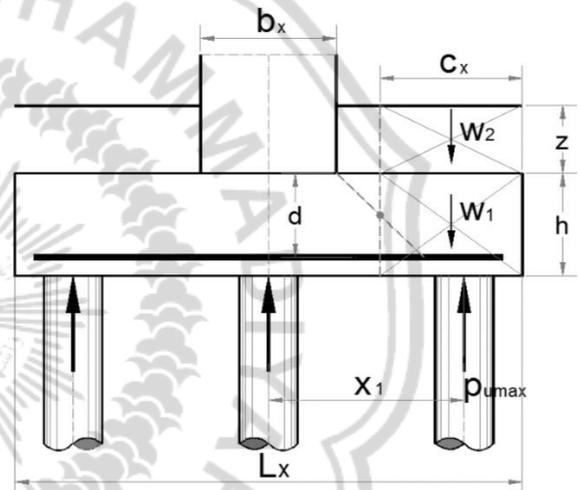
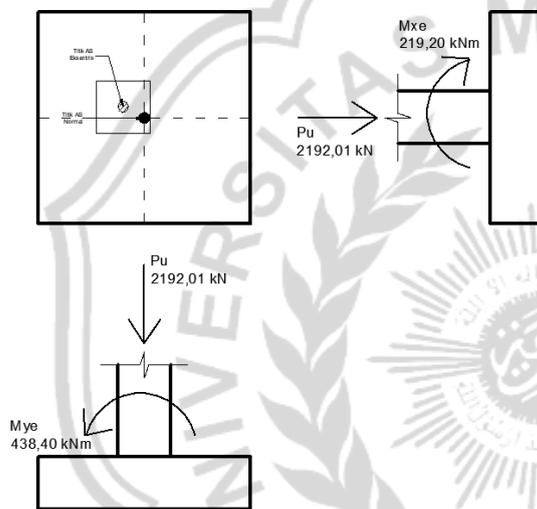
Analisis Kuat Pondasi Sampel titik 1 (Kondisi Eksentris) Sketsa Group Pile



Menghitung Gaya Aksial Maksimum dan Minimum Tiang Pancang

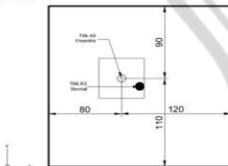
Berat tanah di atas pilecap, $W_s = L_x \cdot L_y \cdot z \cdot \gamma_s = 86,40 \text{ kN}$
 Berat pilecap, $W_c = L_x \cdot L_y \cdot h \cdot \gamma_c = 76,80 \text{ kN}$
 Total gaya aksial terfaktor, $P_u = P_{uk} + 1.2 \cdot W_s + 1.2 \cdot W_c = 2387,85 \text{ kN}$
 Lengan maksimum tiang pancang arah x thd. pusat, $x_{max} = 0,60 \text{ m}$
 Lengan maksimum tiang pancang arah y thd. pusat, $y_{max} = 0,60 \text{ m}$
 Lengan minimum tiang pancang arah x thd. pusat, $x_{min} = -0,60 \text{ m}$
 Lengan minimum tiang pancang arah y thd. pusat, $y_{min} = -0,60 \text{ m}$
 Gaya aksial maksimum dan minimum pada tiang pancang,
 $P_{umax} = P_u / n + M_{ux} \cdot x_{max} / \Sigma x^2 + M_{yy} \cdot y_{max} / \Sigma y^2 = 445,59 \text{ kN}$
 $P_{umin} = P_u / n + M_{ux} \cdot x_{min} / \Sigma x^2 + M_{yy} \cdot y_{min} / \Sigma y^2 = 85,05 \text{ kN}$

Menghitung Gaya Geser Pilecap



Menghitung Nilai Momen Eksentris

KASUS 1 :



RUMUS UMUM :

$$e = \frac{M}{P}$$

Dimana :

- e = Jarak Eksentris (m)
- M = Momen yang terjadi (kNm)
- P = Gaya Aksial yang terjadi (kN)

Momen X :

$e_x = 0,2 \text{ m}$
 $P = 2192,01 \text{ kN}$
 $M_x^e = 438,40 \text{ kNm}$
 $M_x \text{ total} = -427,57 \text{ kNm}$

Momen Y :

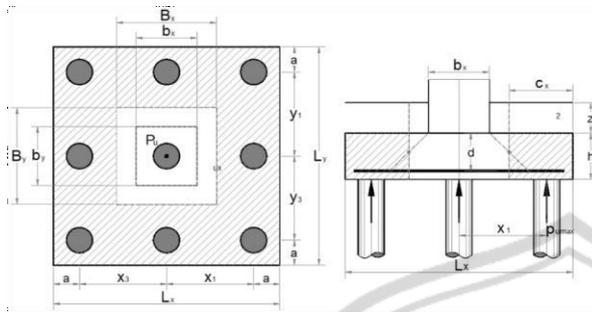
$e_y = 0,1 \text{ m}$
 $P = 2192,01 \text{ kN}$
 $M_y^e = 219,20 \text{ kNm}$
 $M_y \text{ total} = 221,41 \text{ kNm}$

Jarak pusat tulangan terhadap sisi luar beton, $d' = 0,050 \text{ m}$
 Tebal efektif pilecap, $d = h - d' = 0,750 \text{ m}$
 Jarak bid. kritis terhadap sisi luar, $c_x = (L_x - b_x - d) / 2 = -0,250 \text{ m}$
 Berat beton, $W_1 = c_x \cdot L_y \cdot h \cdot \gamma_c = -9,600 \text{ kN}$
 Berat tanah, $W_2 = c_x \cdot L_y \cdot z \cdot \gamma_s = -10,800 \text{ kN}$
 Gaya geser arah x, $V_{ux} = 3 \cdot P_{umax} - W_1 - W_2 = 1357,165 \text{ kN}$
 Lebar bidang geser untuk tinjauan arah x, $b = L_y = 2000 \text{ mm}$
 Tebal efektif pilecap, $d = 750 \text{ mm}$
 Rasio sisi panjang thd. sisi pendek kolom, $\beta_c = b_x / b_y = 1,0000$
 Kuat geser pilecap arah x, diambil nilai terkecil dari V_c yang diperoleh dari pers.sbb. :
 $V_c = [1 + 2 / \beta_c] \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d / 6 \cdot 10^{-3} = 4107,919 \text{ kN}$
 $V_c = [\alpha_s \cdot d / b + 2] \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d / 12 \cdot 10^{-3} = 9071,655 \text{ kN}$
 $V_c = 1 / 3 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d \cdot 10^{-3} = 2738,613 \text{ kN}$
 Diambil, kuat geser pilecap, $\rightarrow V_c = 2738,613 \text{ kN}$
 Faktor reduksi kekuatan geser, $f = 0,75$
 Kuat geser pilecap, $\phi \cdot V_c = 2053,960 \text{ kN}$

Data Beban Pondasi Kondisi Eksentris

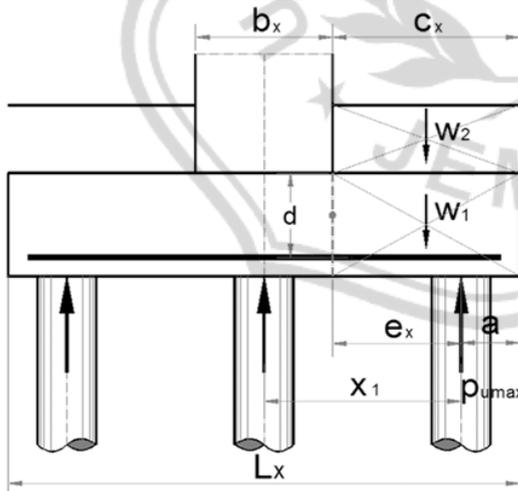
Gaya aksial kolom akibat beban terfaktor,	$P_{uk} = 2192,01 \text{ kN}$
Momen arah x akibat beban terfaktor,	$M_{ux} = 427,57 \text{ kNm}$
Momen arah y akibat beban terfaktor,	$M_{uy} = 221,41 \text{ kNm}$

Menghitung Gaya Geser Dua Arah (PONS)



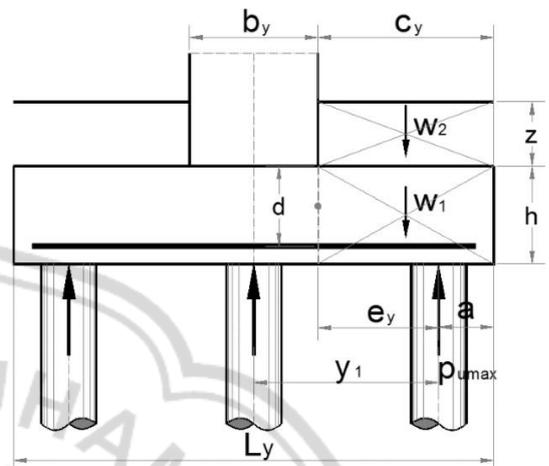
Jarak pusat tulangan terhadap sisi luar beton, $d' = 0,050$ m
 Tebal efektif pilecap, $d = h - d' = 0,750$ m
 Lebar bidang geser pons arah x, $B_x = b_x + d = 1,250$ m
 Lebar bidang geser pons arah y, $B_y = b_y + d = 1,250$ m
 Gaya geser pons akibat beban terfaktor pada kolom, $P_{uk} = 2192,01$ kN
 Luas bidang geser pons, $A_p = 2 * (B_x + B_y) * d = 3,750$ m²
 Lebar bidang geser pons, $b_p = 2 * (B_x + B_y) = 5,000$ m
 Rasio sisi panjang thd. sisi pendek kolom, $\beta_c = b_x / b_y = 1,0000$
 Tegangan geser pons, diambil nilai terkecil dari ϕ_p yang diperoleh dari pers. sbb. :
 $f_p = [1 + 2 / \beta_c] * \sqrt{f'_c} / 6 = 2,739$ MPa
 $f_p = [\alpha_s * d / b_p + 2] * \sqrt{f'_c} / 12 = 2,967$ MPa
 $f_p = 1 / 3 * \sqrt{f'_c} = 1,826$ MPa
 Tegangan geser pons yang disyaratkan, $f_p = 1,826$ MPa
 Faktor reduksi kekuatan geser pons, $\phi = 0,75$
 Kuat geser pons, $\phi * V_{np} = \phi * A_p * f_p * 10^3 = 5134,90$ kN

Menghitung Momen Yang Terjadi Pada Pilecap (x)



Jarak tepi kolom terhadap sisi luar pilecap, $c_x = (L_x - b_x) / 2 = 0,750$ m
 Jarak tiang thd. sisi kolom, $e_x = c_x - a = 0,350$ m
 Berat beton, $W_1 = c_x * L_y * h * w_c = 28,800$ kN
 Berat tanah, $W_2 = c_x * L_y * z * w_s = 32,400$ kN
 Momen yang terjadi pada pilecap, $M_{ux} = 3 * P_{umax} * e_x - W_1 * c_x / 2 - W_2 * c_x / 2 = 444,918$ kNm

Menghitung Momen Yang Terjadi Pada Pilecap (y)



Jarak tepi kolom terhadap sisi luar pilecap, $c_y = (L_y - b_y) / 2 = 0,750$ m
 Jarak tiang thd. sisi kolom, $e_y = c_y - a = 0,350$ m
 Berat beton, $W_1 = c_y * L_x * h * w_c = 28,800$ kN
 Berat tanah, $W_2 = c_y * L_x * z * w_s = 32,400$ kN
 Momen yang terjadi pada pilecap, $M_{uy} = 3 * P_{umax} * e_y - W_1 * c_y / 2 - W_2 * c_y / 2 = 444,918$ kNm

Ringkasan Nilai Analisa

Ringkasan nilai hasil analisa yang sudah di lakukan pada titik 1 dalam kondisi ideal tanpa adanya eksentrisitas
 Gaya aksial maksimum tiang pancang = 445,59 kN
 Gaya geser Pile Cap = 1357,165 kN
 Momen yang terjadi pada pilecap (x) = 444,918 kNm
 Momen yang terjadi pada pilecap (y) = 444,918 kNm

Perbandingan Hasil Kondisi Ideal dan Eksentris

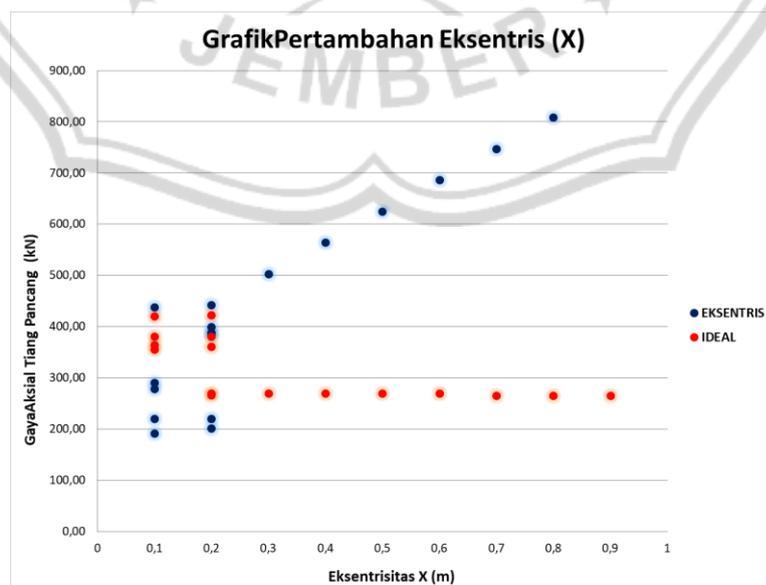
Mengacu pada analisa diatas, pondasi memiliki perubahan nilai gaya saat kondisi ideal dan kondisi eksentris, 4 hal utama yang ditinjau dalam penelitian ini yaitu Gaya aksial maksimum tiang pancang, Gaya geser Pile Cap, Momen yang terjadi pada pilecap (x), Momen yang terjadi pada pilecap (y).

Berikut ini disajikan dalam bentuk tabel dari kasus 1 hingga 15 :

No	Nomor Variasi Kasus	Gaya Aksial Tiang Pancang	Gaya geser Pile Cap	Momen yang terjadi pada pile cap (x)	Momen yang terjadi pada pilecap (y)	e_x	e_y
		kN	kN	kNm	kNm	m	m
1	Kasus 1	70%	68%	77%	77%	0,2	0,1
2	Kasus 2	43%	42%	47%	47%	0,2	0
3	Kasus 3	-24%	-24%	-25%	-25%	0	0,1
4	Kasus 4	-71%	-70%	-75%	-75%	0	0,3
5	Kasus 5	23%	23%	25%	25%	0,1	0
6	Kasus 6	-47%	-46%	-50%	-50%	0,2	0
7	Kasus 7	-5%	-5%	-5%	-5%	0,1	0
8	Kasus 8	-24%	-23%	-25%	-25%	0,1	0
9	Kasus 9	-24%	-23%	-25%	-25%	0,1	0
10	Kasus 10	-25%	-24%	-26%	-26%	0	0,1
11	Kasus 11	22%	22%	25%	25%	0	0,1
12	Kasus 12	-48%	-47%	-50%	-50%	0,2	0
13	Kasus 13	46%	45%	50%	50%	0,2	0
14	Kasus 14	-47%	-47%	-50%	-50%	0	0,2
15	Kasus 15	-47%	-46%	-50%	-50%	0,2	0

Dari data diatas diketahui bahwakasus 1 merupakan kasus yang paling besar pengaruhnya dikarenakan memiliki eksentrisitas 2 arah yakni eksentrisitas arah x dan eksentrisitas arah y (biaxial)

Dari perincian tabel diatas dapat disajikan tabel keseluruhan dengan penambahan trial eksentrisitas 0,4 m hingga 1 m



5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Hasil analisa perhitungan perencanaan pondasi strauss pada proyek pembangunan gedung Rumah Sakit 4 Lantai yang berlokasi di Jember. Didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

Persentase perubahan terjadi secara signifikan pada kasus 1 dengan kondisi eksentris arah Y sebesar 10 cm, dan eksentrisitas arah X sebesar 20 cm, mengalami pertambahan 70% kenaikan untuk nilai Gaya aksial tiang pancang, 68% kenaikan untuk nilai gaya geser pile cap, dan 77% kenaikan untuk nilai momen yang terjadi pada pilecap arah x maupun y.

Adanya eksentrisitas menyebabkan adanya pengaruh yang cukup signifikan terhadap kapasitas tiang pancang, namun hal tersebut masih dapat ditolerir dikarenakan kondisi tanah yang cukup bagus, pada kondisi eksentris di kasus 1 masih dapat di tahan dengan nilai tahanan aksial tiang pancang 447,05 kN berbanding dengan gaya aksial yang bekerja pada tiang pancang yakni 445,59 kN

Saran

Saran yang dapat diberikan oleh penulis dalam perencanaan pondasi group pile adalah sebagai berikut : Penelitian ini dapat dikembangkan untuk berbagai jenis susunan tiang pancang kelompok. Pemilihan jumlah pile pada jenis pondasi group pile dapat disesuaikan dengan beban akibat struktur yang ada di atasnya, faktor ekonomis, faktor pelaksanaan pada saat dilapangan serta kondisi sekitar proyek

DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, Joseph E. 1991. Analisis dan Desain Pondasi Jilid I. Jakarta: Erlangga
- Bowles, Joseph E. 1993. Analisis dan Desain Pondasi Jilid II. Jakarta: Erlangga
- Das, Braja M. 1998. Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid I. Jakarta: Erlangga
- Das, Braja M. 1995. Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid II. Jakarta: Erlangga
- Sardjono. 1984. Pondasi Tiang Pancang Jilid I. Surabaya: Sinar Wijaya
- Sardjono. 1991. Pondasi Tiang Pancang Jilid II. Surabaya: Sinar Wijaya
- Hadihardaja, Joetata. 1997. Rekayasa Pondasi II Pondasi Dangkal dan Pondasi Dalam. Gunadarma
- Nakazawa, Kazuto. 1983. Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi. Jakarta: Pradnya Paramita
- Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan. 1981. Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983. Bandung: Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan
- Pagehgiri, Juniada. 2015. "Analisis Penggunaan Pondasi Mini Pile dan Pondasi Borpile Terhadap Biaya dan Waktu Pelaksanaan Pembangunan Ruang Kelas SMPN 10 Denpasar" Jurnal Teknik Sipil Untag Surabaya. Vol. 8 No.1, hal.121-136. Denpasar
- Hakam, Abdul. 2008. Rekayasa Pondasi untuk Mahasiswa dan Praktisi. Padang: CV. Bintang Grafika
- Zainuddin. 20xx. "Analisis Pondasi Gedung Fakultas Teknik Sipil Universitas Bojonegoro". Bojonegoro: Universitas Bojonegoro
- Surendro, Bambang. 2015. Rekayasa Pondasi: teori dan penyelesaian soal. Yogyakarta: Graha Ilmu
- Pamungkas Anugrah, Harianti Erny. 2013. Desain Pondasi Tahan Gempa. Yogyakarta: Andi Yogyakarta