

Alternatif Perencanaan Pondasi Dangkal pada *Runway* dan Gedung Terminal dengan Memperhatikan Pengaruh Likuifaksi (Studi Kasus: Bandara Internasional Yogyakarta)

Tsasca Dewi Arsyia Asyiffa, Herman Wahyudi, dan Yudhi Lastiasih
Departemen Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember
e-mail: herman_its@yahoo.com

Abstrak—Bandara Internasional Yogyakarta berlokasi di Kabupaten Kulon Progo, Yogyakarta. Kabupaten Kulon Progo memiliki *Peak Ground Acceleration* (PGA) hingga sebesar 0,4 g. Di samping itu, lokasi bandara tersebut memiliki kondisi tanah yang didominasi tanah pasir. Mengingat kondisi tanah yang didominasi oleh tanah pasir dan nilai PGA yang cukup tinggi, lokasi tersebut memungkinkan memiliki potensi terjadinya likuifaksi. Akibat potensi likuifaksi tersebut, dalam pembangunan bandara telah dilakukan pemadatan tanah. Saat ini, gedung terminal bandara setinggi 3 lantai dan 1 *basement* telah dibangun menggunakan pondasi *bored pile* sepanjang 26 meter serta *runway* telah dibangun dengan panjang 3250 meter dan lebar 45 meter. Makalah ini membahas perhitungan lapisan tanah yang berpotensi likuifaksi pada data tanah sebelum dan sesudah perbaikan tanah, evaluasi pondasi eksisting pada gedung terminal, dan perencanaan alternatif pondasi cakar ayam pada area *runway* serta perencanaan pondasi cakar ayam dan pondasi sarang laba-laba (KSSL) di gedung terminal. Berdasarkan hasil analisis, diketahui lapisan tanah yang berpotensi likuifaksi dengan data tanah sebelum pemadatan pada area *runway* sedalam 2 meter dan pada area gedung terminal sedalam 4 meter. Namun, hasil kedalaman lapisan tanah yang berpotensi likuifaksi berdasarkan data tanah sesudah pemadatan pada area *runway* sedalam 1 meter dan tidak ditemukan potensi likuifaksi pada area gedung terminal. Berdasarkan hasil analisis evaluasi pondasi eksisting gedung terminal, diketahui tidak semua pondasi memiliki hasil evaluasi yang memuaskan dari segi beban aksial dan lateral. Perencanaan pondasi cakar ayam pada area *runway* memiliki dimensi panjang 3250 meter, lebar 45 meter dengan tebal 0,30 meter serta panjang pipa diketahui sebesar 10 meter dengan diameter 1,2 meter. Perencanaan alternatif pondasi dangkal, baik pondasi cakar ayam dan KSSL, pada gedung terminal tidak dapat dilaksanakan karena *SF bearing capacity* kurang dari satu (1) dan *settlement* yang terjadi melampaui *settlement* maksimum yang disyaratkan.

Kata Kunci—Bandara Internasional Yogyakarta, Likuifaksi, Pondasi Cakar Ayam, Pondasi Sarang Laba-Laba.

I. PENDAHULUAN

BANDARA Internasional Yogyakarta tepatnya berlokasi di Kabupaten Kulon Progo, DI Yogyakarta. Kawasan bandara tersebut memiliki kondisi tanah yang didominasi oleh tanah pasir. Di samping itu, kabupaten Kulon Progo memiliki PGA (*Peak Ground Acceleration*) hingga sebesar 0,4-0,5 g (SNI 1726:2012). Mengingat kondisi tanah yang didominasi oleh tanah pasir dan nilai PGA yang cukup tinggi,

lokasi tersebut memiliki potensi likuifaksi. Akibat dari potensi likuifaksi tersebut, pihak proyek telah melakukan pemadatan tanah dengan metode *impulse compaction* untuk area sekitar gedung terminal dan *dynamic compaction* untuk area sekitar *runway*.

Saat ini, gedung terminal Bandara YIA setinggi 3 lantai dan 1 *basement* telah dibangun menggunakan pondasi *bored pile* sedalam 26 meter dengan diameter 1200 mm serta landasan pacu (*runway*) telah diberi perkerasan. *Basement* yang digunakan dalam gedung terminal ini memiliki ketinggian sebesar 4 meter. Perencanaan bandara tersebut perlu memperhatikan bahaya akibat likuifaksi. Maka, diperlukan evaluasi daya dukung pondasi gedung terminal terhadap pengaruh likuifaksi. Oleh karena itu, diperlukan perencanaan alternatif pondasi dangkal pada *runway* dan gedung terminal yang efisien tetapi tetap aman terhadap bahaya likuifaksi.

A. Rumusan Masalah

Permasalahan utama yang harus diselesaikan adalah perencanaan alternatif pondasi dangkal pada *runway* dan gedung terminal yang efisien. Adapun rincian masalah sebagai berikut:

1. Lapisan tanah mana sajakah, baik di *runway* maupun gedung terminal, yang berpotensi likuifaksi?
2. Apakah metode perbaikan yang dilakukan pihak proyek sudah menghilangkan potensi likuifaksi pada tanah tersebut?
3. Bagaimana alternatif pondasi cakar ayam yang direncanakan pada *runway*?
4. Bagaimana hasil evaluasi pondasi eksisting pada gedung terminal?
5. Bagaimana alternatif pondasi cakar ayam dan pondasi sarang laba-laba yang direncanakan pada gedung terminal?

B. Batasan Masalah

Batasan masalah yang diusung adalah: Data yang digunakan adalah data sekunder

1. Tidak merencanakan perkerasan *runway*
2. Jenis alternatif pondasi dangkal yang direncanakan adalah pondasi cakar ayam dan pondasi sarang laba-laba
3. Tidak menganalisis dinding penahan tanah pada sekitar *basement* gedung terminal.

Tabel 1.
Contoh Hasil Analisis Data Tanah Gedung Terminal Sebelum pemadatan

Depth (m)	SPT	Jenis Tanah	Konsistensi ¹	γ^2	ϕ^3	Dr %	E ⁴	ν
0	0		VL	12	25	0	10	0,2
1	10							
2	10		L	13	26,9	20	15,9	0,23
3	15							
4	15							
5	25		M	14,8	30,2	40	25,7	0,29
6	25							
7	43							
8	43		D	18,8	37,7	86	48,1	0,41
9	43							
10	62	Pasir						
11	62							
12	95							
13	95							
14	95							
15	95		VD	23	40	100	55	0,45
16	95							
17	95							
18	95							
19	95							
20	95							

Tabel 2.
Hasil Analisis Data Tanah Runway Sebelum Pemadatan

Depth (m)	SPT	Jenis Tanah	Konsistensi ¹	γ^2	ϕ^3	Dr %	E ⁴	ν
0	3		VL	12	25	6	10	0,2
1	5							
2	20		L	12,2	25,3	10	10,98	0,21
3	16	Pasir	M					
4	18		M	14,9	30,5	42	26,63	0,29
5	27		M					
6	51		VD	23	40	100	55	0,45

Tabel 3.
Hasil Analisis Data Tanah Gedung Terminal Setelah Pemadatan

Depth (m)	SPT	Jenis Tanah	Konsistensi ¹	γ^2	ϕ^3	Dr %	E ⁴	ν
0								
1								
2								
3	23		M	15,3	31,2	46	28,59	0,3
4								
5		Pasir						
6								
7								
8	48		D	19,7	39,4	96	53,04	0,44
9								
10								

II. METODE PENELITIAN

A. Pengumpulan Data Sekunder

Rincian data-data yang dikumpulkan guna perencanaan sebagai berikut:

1. Data tanah sekunder (data borlog SPT)
2. Data gempa (PGA)
3. Data *layout* perancangan bandara
4. Data struktural gedung terminal (reaksi maksimum yang dihasilkan kolom)
5. Data perencanaan pondasi pada gedung terminal (denah dan konfigurasi pondasi)
6. Data *cross section runway*

B. Analisis Data Tanah

Analisis data tanah ditujukan untuk mendapatkan parameter fisis tanah yang akan digunakan dalam perhitungan

Tabel 4.
Hasil Analisis Data Tanah Runway Setelah Pemadatan

Depth (m)	SPT	Jenis Tanah	Konsistensi ¹	γ^2	ϕ^3	Dr %	E ⁴	ν
0	6		L	12,4	25,7	12	11,96	0,21
1	19							
2	29	Pasir	M	15,5	31,5	48	29,57	0,31
3	31							
4	31		D	16,9	34,1	64	37,39	0,35
5	34							

Tabel 5.
Prosentase Perubahan Setiap Parameter Fisis Tanah Akibat Perbaikan Tanah pada Gedung Terminal

N-SPT	γ	ϕ	Dr	E	ν
101,51%	5,86%	9,88%	102,08%	45,88%	18,32%

Tabel 6.
Prosentase Perubahan Setiap Parameter Fisis Tanah Akibat Perbaikan Tanah pada Runway

N-SPT	γ	ϕ	Dr	E	ν
102,82%	11,98%	10,92%	108,57%	53,52%	20,44%

Tabel 7.
Rekapitulasi Kedalaman Potensi Likuifaksi pada Runway dengan Kondisi Sebelum Pemadatan

Depth (m)	Rekapitulasi Kedalaman Likuifaksi	
	Sebelum Pemadatan	Setelah Pemadatan
0	Likuifaksi	Likuifaksi
1	Likuifaksi	Aman
2	Aman	Aman
3	Aman	Aman
4	Aman	Aman
5	Aman	Aman

selanjutnya. Adapun proses analisis data tanah sebagai berikut:

1. Membuat statigrafi tanah sesuai titik-titik penyelidikan tanah
2. Membuat grafik gabungan antara N-SPT dan kedalaman
3. Menetapkan lapisan homogen berdasarkan jenis tanah dan konsistensinya
4. Mencari nilai N-SPT rata-rata untuk setiap lapisan tanah homogen
5. Mencari nilai koefisien variasi (COV) dengan batas maksimum 20%
6. Menghitung parameter fisis tanah [1] berdasarkan pendekatan statistik.

C. Analisis Potensi Likuifaksi

Analisis potensi likuifaksi bertujuan untuk mengetahui lapisan tanah mana sajakah yang berpotensi likuifaksi. Metode yang digunakan adalah metode Seed & Idriss [2]. Langkah ini juga melakukan perhitungan perubahan hasil parameter fisis tanah akibat dari perbaikan tanah yang telah dilaksanakan.

D. Analisis Evaluasi Pondasi Eksisting

Analisis evaluasi yang dilakukan adalah evaluasi pondasi tiang dari segi aksial [3]-[4], defleksi [5], momen lateral [5], dan *settlement* [6]-[7].

E. Perencanaan Pondasi Cakar Ayam pada Runway

Perencanaan pondasi cakar ayam pada *runway* mengikuti langkah-langkah seperti berikut:

1. Perhitungan daya dukung pondasi [8]
2. Perhitungan dimensi pelat beton dan pipa-pipa [9]

Tabel 8.
Rekapitulasi Kedalaman Potensi Likuifaksi pada Gedung Terminal dengan Kondisi Sebelum Pemadatan

Depth (m)	Rekapitulasi Kedalaman Likuifaksi	
	Sebelum Pemadatan	Setelah Pemadatan
0	Likuifaksi	Aman
1	Likuifaksi	Aman
2	Likuifaksi	Aman
3	Likuifaksi	Aman
4	Likuifaksi	Aman
5	Aman	Aman
6	Aman	Aman
7	Aman	Aman
8	Aman	Aman
9	Aman	Aman
10	Aman	Aman
11	Aman	-
12	Aman	-
13	Aman	-
14	Aman	-
15	Aman	-
16	Aman	-
17	Aman	-
18	Aman	-
19	Aman	-
20	Aman	-

Tabel 9.
Rekapitulasi Hasil Daya Dukung Tiang

Data Tanah	Kedalaman (m)	Kon-disi	Metode	Q _s (t)	Q _p (t)	P _{ult} (t)	P _{ijin} (t)
Sebelum Perbaikan	1	L	Meyerhof & Bazaraa	0	995,3	995,3	331,8
	28	TL	Reese & Wright	749,4	1727	2476,4	825,5
	1	L	Reese & Wright (Formula Proyek)	0	153,8	153,8	51,3
	28	TL	Meyerhof & Bazaraa	1428,5	461,3	1889,8	629,9
	1	L	Reese & Wright	0	81,2	81,2	27,1
	28	TL	Meyerhof & Bazaraa	292,7	486,9	779,6	259,9
Setelah Perbaikan	28	TL	Reese & Wright (Formula Proyek)	582,6	956,5	1539,1	513
	28	TL	Reese & Wright	941,7	461,3	1402,9	467,6
	28	TL	Reese & Wright	1477,5	389,6	1867,1	622,4

3. Perhitungan penurunan pondasi [10]
4. Kontrol *bearing capacity* pondasi
5. Kontrol *settlement* pondasi [11].

F. Perencanaan Pondasi Dangkal pada Gedung Terminal

Perencanaan pondasi dangkal pada gedung terminal meliputi perencanaan pondasi cakar ayam dan pondasi sarang laba-laba. Adapun proses perencanaannya sebagai berikut:

1) Pondasi cakar ayam

Adapun proses perencanaan pondasi cakar ayam sebagai berikut:

- a. Perhitungan daya dukung pondasi [8]
- b. Perhitungan dimensi pelat beton dan pipa-pipa [9]
- c. Perhitungan penurunan pondasi [10]
- d. Kontrol *bearing capacity* pondasi
- e. Kontrol *settlement* pondasi [11].

2) Pondasi sarang laba-laba

Adapun proses perencanaan pondasi sarang laba-laba sebagai berikut:

- a. Perhitungan daya dukung pondasi [8]
- b. Perhitungan dimensi rib-rib pondasi [12]

c. Perhitungan penurunan pondasi [10]

Tabel 10.
Rekapitulasi Evaluasi Tiang

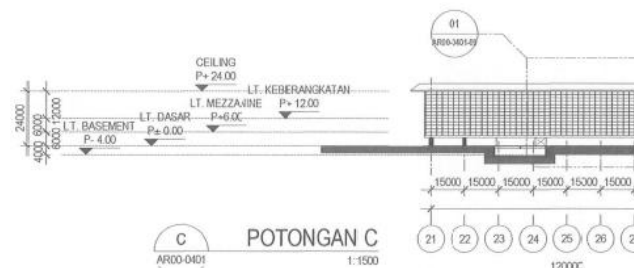
Titik	Jumlah Pondasi	P _{max} (ton)	P _{min} (ton)	Kontrol Aksial Tunggal	
				Meyerhof & Bazaraa	Reese & Wright
1662	4	370,579	362,521	OK	OK

Tabel 11.
Rekapitulasi Evaluasi Tiang

Join	Jumlah Pondasi	P _{max} (ton)	P _{min} (ton)	Kontrol Aksial Grup	
				Meyerhof & Bazaraa	Reese & Wright
1662	4	370,579	362,521	OK	OK

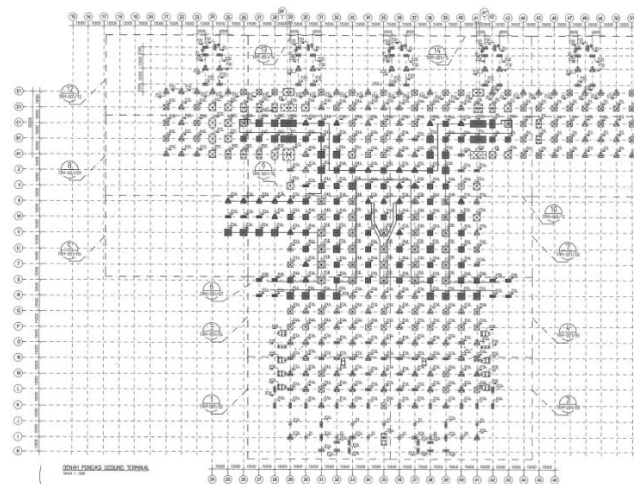
Tabel 12.
Rekapitulasi Evaluasi Tiang

Join	Jumlah Pondasi	P _{max} (ton)	P _{min} (ton)	Kontrol Lateral	
				Defleksi	Momen
1662	4	370,579	362,521	OK	OK



(Sumber : Dokumen Proyek)

Gambar 1. Contoh Potongan Memanjang Gedung Terminal (Potongan C).



(Sumber : Dokumen Proyek)

Gambar 2. Layout Denah Pondasi Eksisting Gedung Terminal.

- d. Kontrol *bearing capacity* pondasi
- e. Kontrol *settlement* pondasi [11].

III. HASIL DAN DISKUSI

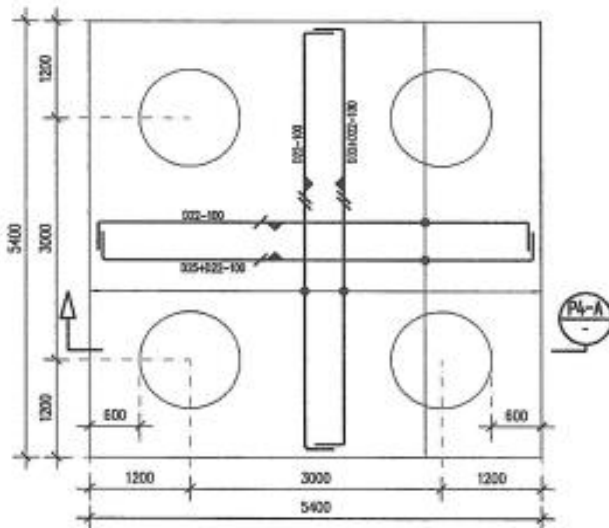
A. Hasil Analisis Data Tanah

Analisis data tanah dilakukan pada data tanah sebelum dan setelah pemadatan. Hal ini ditujukan untuk membandingkan kedua data tanah tersebut. Tabel 1 hingga Tabel 4 merupakan hasil analisis data tanah di gedung terminal dan *runway* pada kondisi sebelum dan setelah pemadatan.

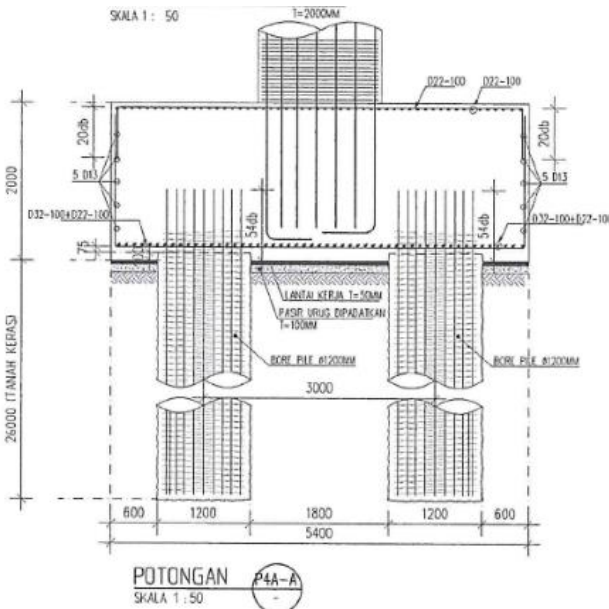
¹Konsistensi: VL = *Very Loose*; L = *Loose*; M = *Medium*; D = *Dense*; VD = *Very Dense*

²Satuan dalam kN/m³

³Satuan dalam (°)



(Sumber : Dokumen Proyek)
Gambar 3. Contoh Detail Pondasi Tipe P4.



(Sumber : Dokumen Proyek)
Gambar 4. Potongan A pada Detail Pondasi Tipe P4.

⁴Satuan dalam MN/m².

Berdasarkan hasil analisis di atas, perlu dilakukan analisis peningkatan parameter fisika tanah akibat perbaikan tanah. Tabel 5 dan Tabel 6 merupakan hasil rekapitulasi prosentase perubahan setiap parameter fisika tanah akibat perbaikan tanah.

B. Analisis Potensi Likuifaksi

Jika lokasi studi memiliki tanah yang didominasi oleh tanah pasir serta nilai percepatan gempa (PGA) yang tinggi maka lokasi tersebut memiliki potensi likuifaksi. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis potensi likuifaksi. Berikut merupakan contoh perhitungan analisis potensi likuifaksi pada data tanah gedung terminal sebelum pemadatan:

1) Analisis awal

Analisis awal berdasarkan dua penilaian berikut:

a. Berdasarkan *Relative Density* (Dr). Analisis berdasarkan

nilai Dr memiliki nilai ambang minimum sebesar 70%

Tabel 13.
Hasil Rekapitulasi Perhitungan SF Pondasi Dangkal Untuk Seluruh Section Pada Gedung Terminal

Section	Kedalaman Pondasi (m)	Dimensi Pondasi (m)		SF	Kontrol SF
		Lebar (B)	Panjang (L)		
A	4	60	105	0,903	Not OK
B	4	60	75	0,847	Not OK
C	4	60	75	0,965	Not OK
D	4	30	60	0,57	Not OK
E	2	60	105	0,65	Not OK
F	4	30	45	0,95	Not OK
G	4	90	180	0,971	Not OK
H	4	15	30	1,634	OK
I	4	15	30	0,446	Not OK
J	4	15	30	0,555	Not OK
K	4	15	30	0,518	Not OK
L	4	15	30	0,297	Not OK
M	4	15	15	5,588	OK
N	4	60	75	1,031	OK
O	4	60	90	0,948	Not OK
P	4	15	30	0,884	Not OK
Q	4	15	30	0,715	Not OK
R	4	15	30	0,704	Not OK
S	4	15	30	0,735	Not OK
T	4	15	30	0,764	Not OK

Tabel 14.
Hasil Rekapitulasi Perhitungan Settlement Pondasi Dangkal Untuk Seluruh Section Pada Gedung Terminal

Section	Kedalaman Pondasi (m)	Dimensi Pondasi (m)		Settlement (cm)	Kontrol Settlement
		Lebar (B)	Panjang (L)		
A	4	60	105	77,088	Not OK
B	4	60	75	66,341	Not OK
C	4	60	75	58,240	Not OK
D	4	30	60	51,774	Not OK
E	2	60	105	65,085	Not OK
F	4	30	45	27,63	Not OK
G	4	90	180	123,965	Not OK
H	4	15	30	8,477	OK
I	4	15	30	31,044	Not OK
J	4	15	30	24,950	Not OK
K	4	15	30	26,75	Not OK
L	4	15	30	46,568	Not OK
M	4	15	15	2,029	OK
N	4	60	75	54,056	Not OK
O	4	60	90	63,817	Not OK
P	4	15	30	15,664	OK
Q	4	15	30	19,36	OK
R	4	15	30	19,667	OK
S	4	15	30	18,847	OK
T	4	15	30	18,128	OK

sebagai batas agar tanah tersebut tidak memiliki potensi likuifaksi.

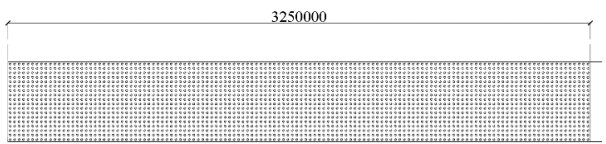
b. Berdasarkan N-SPT. Rujukan [5] menyatakan bahwa N-SPT sebesar 22 menjadi nilai minimum agar tanah tersebut tidak berpotensi likuifaksi.

2) Analisis Lanjut

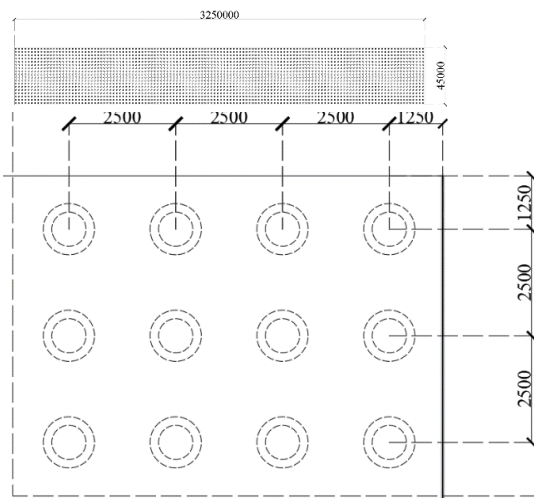
Analisis lanjut berdasarkan nilai SF dari perhitungan CSR dan CRR pada lapisan tanah tersebut. Metode yang digunakan adalah metode Seed & Idriss 2014 [2].

Setelah dilakukan analisis awal dan lanjut untuk potensi likuifaksi maka dapat diketahui kedalaman potensi likuifaksi di setiap titik. Tabel 8 hingga Tabel 9 berikut merupakan rekapitulasi kedalaman potensi likuifaksi.

Berdasarkan Tabel 8, diketahui bahwa masih terdapat potensi likuifaksi pada runway. Ini membuktikan bahwa metode perbaikan tanah yang dilakukan belum sepenuhnya



Gambar 5. Tampak Atas Pondasi Cakar Ayam Runway.



Gambar 6. Pembesaran Tampak Atas Pondasi Cakar Ayam Runway.

menghilangkan potensi likuifaksi. Di samping itu, berdasarkan Tabel 9 membuktikan bahwa tidak ditemukan potensi likuifaksi pada gedung terminal. Maka, metode perbaikan yang dilakukan mampu menghilangkan seluruh potensi likuifaksi.

C. Analisis Evaluasi Pondasi Eksisting

Pondasi yang digunakan pada gedung terminal adalah pondasi *bored pile* dengan diameter 1200 mm serta panjang 26 m. Gambar 1 contoh potongan memanjang gedung terminal (potongan C). Gambar 2 Contoh *layout* gedung terminal. Gambar 3 contoh detail pondasi tipe P4. Gambar 4 potongan A pada detail pondasi tipe P4. Contoh dan pondasi yang digunakan disajikan pada Gambar 1 hingga Gambar 4.

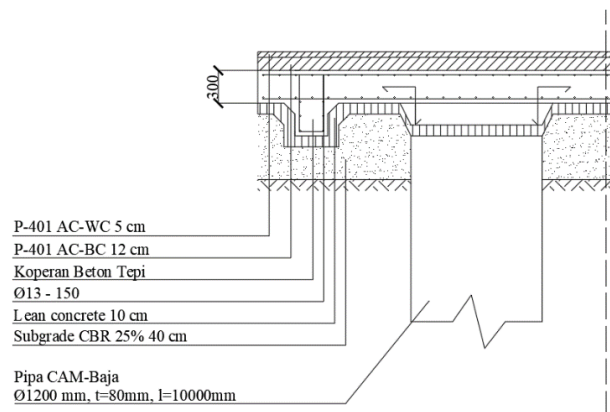
1) Daya Dukung Tiang

Tabel 9 merupakan rekapitulasi perhitungan daya dukung tiang dengan metode Meyerhof dan Bazaraa serta metode Reese dan Wright dengan SF = 3.

Berdasarkan Tabel 9, digunakan daya dukung tiang dengan data tanah sesudah perbaikan. Hal ini dikarenakan untuk menghindari potensi likuifaksi yang akan terjadi. Evaluasi pondasi tiang yang dilakukan adalah evaluasi dari segi aksial tunggal maupun grup, defleksi, dan momen lateral. Tabel 10 hingga Tabel 12 merupakan contoh rekapitulasi hasil evaluasi pondasi tiang pada titik 1662.

D. Perencanaan Pondasi Cakar Ayam di Runway

Perencanaan pondasi disesuaikan dengan dimensi *runway*, yaitu lebar 45 meter dan panjang 3250 meter serta diletakkan pada kedalaman -2,00 meter. Pondasi direncanakan dengan kondisi *long term*. Beban yang digunakan adalah pesawat Boeing 747-300 dengan berat 63503 kg. Pondasi menggunakan mutu beton $f_c' = 35$ MPa. Berdasarkan perhitungan dimensi diketahui bahwa dimensi pondasi cakar ayam *runway* memiliki dimensi lebar 45 m, panjang 3250 m, tebal pelat 0,30 m. Pipa-pipa cakar ayam menggunakan material baja dengan diameter 1,2 m, tebal 0,08 m, dan panjang 10 m. *Settlement* yang dihasilkan sebesar 4,9 cm.



Gambar 7. Pembesaran Potongan Pondasi Cakar Ayam Runway.

Gambar 5 tampak atas pondasi cakar ayam *runway*. Gambar 6 pembesaran tampak atas pondasi cakar ayam *runway*. Gambar 7 pembesaran potongan pondasi cakar ayam *runway*. Gambar perencanaan pondasi tersebut terdapat pada Lampiran Gambar 5 hingga Gambar 7.

E. Perencanaan Pondasi Cakar Ayam dan KSSL pada Gedung Terminal

Pondasi pada gedung terminal dilakukan dengan pembagian menjadi beberapa *section* yang bertujuan untuk mempermudah perhitungan. Beban-beban yang digunakan adalah beban yang dihasilkan tiap kolom pada gedung. Asumsi perhitungan adalah dimensi yang digunakan untuk pondasi cakar ayam dan KSSL adalah sama. Data tanah yang digunakan adalah data tanah setelah perbaikan. Berdasarkan hasil perhitungan di atas diketahui bahwa *SF bearing capacity* < 1 dan *settlement* yang terjadi melebihi *settlement* maksimum. Hal ini dibuktikan dengan rekapitulasi perhitungan pada Tabel 13 dan Tabel 14. Oleh karena itu, alternatif pondasi dangkal, baik pondasi cakar ayam maupun KSSL, tidak dapat dilaksanakan karena *SF* < 1 dan *settlement* melebihi nilai maksimum.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis data maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut; (1) Lapisan tanah yang berpotensi likuifaksi pada tanah sebelum perbaikan adalah sebagai berikut: (a) Area *Runway*: Elevasi ±0,0 m hingga -1,00 m; (b) Area gedung terminal: Elevasi ±0,0 m hingga -4,00 m. Sedangkan lapisan tanah yang berpotensi likuifaksi pada tanah sesudah perbaikan adalah sebagai berikut; (a) Area *Runway*: sedalam 1 meter; (b) Area gedung terminal: Tidak ditemukan potensi likuifaksi; (2) Perbaikan tanah pada area *runway* belum sepenuhnya menghilangkan potensi likuifaksi. Namun, perbaikan tanah pada area gedung terminal telah sepenuhnya menghilangkan potensi likuifaksi; (3) Tidak semua pondasi eksisting memiliki hasil evaluasi yang memuaskan dari segi beban aksial dan lateral; (4) Perencanaan pondasi dangkal dengan tipe pondasi cakar ayam pada area *runway* memiliki dimensi panjang 3250 m, lebar 45 m. Pondasi tersebut diletakkan pada kedalaman -2 m serta memiliki tebal pelat sebesar 0,30 m dan panjang pipa sebesar 10 m; (5) Perencanaan alternatif pondasi dangkal, baik pondasi cakar ayam dan KSSL, pada area gedung terminal tidak dapat dilakukan karena memiliki *SF bearing*

capacity yang kurang dari satu (1) serta settlement yang terjadi melebihi settlement maksimum.

LAMPIRAN

Tampak atas pondasi cakar ayam *runway* dapat dilihat pada Gambar 5. Pembesaran tampak atas pondasi cakar ayam *runway* dapat dilihat pada Gambar 6. Pembesaran potongan pondasi cakar ayam *runway* dapat dilihat pada Gambar 7.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. A. Kurniawan, "Perencanaan dinding penahan tanah pada basement midtown point and ibis styles hotel Jakarta," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2017.
- [2] I. Idriss and R. Boulanger, "Center for geotechnical modeling CPT and SPT based liquefaction triggering procedures CPT and SPT based liquefaction triggering procedures," *Cent. Geotech. Model.*, no. April, 2014.
- [3] H. Wahyudi, *Daya Dukung Pondasi Dalam*, 1st ed. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember Press, 1999.
- [4] Y. Lastiasih, M. Irsyam, and F. Toha, "Reabilitas daya dukung pondasi tiang bor berdasarkan formula reese & wright dan usulan load resistance factor design dalam perencanaan pondasi tiang bor studi kasus proyek Jakarta," *Media Komun. Tek. Sipil*, vol. 19, no. 2, pp. 135–140, 2015, doi: 10.14710/mkts.v19i2.8422.
- [5] D. A. Gumelar, "Perbandingan pondasi bangunan bertingkat untuk pondasi dangkal dengan perbaikan tanah dan pondasi dalam tanpa perbaikan tanah pada tanah yang berpotensi terjadi likuifaksi di kabupaten Cilacap," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2019.
- [6] Thedy, "Studi desain pondasi tiang bor dan diaphragm wall gedung world financial tower lingkaran mega kuningan Jakarta Selatan," Institut Teknologi Bandung, 2016.
- [7] Rahardjo, *Buku Manual Pondasi Tiang*. Bandung: Program Pascasarjana Magister Teknik Sipil UNPAR, 1960.
- [8] B. M. Das, *Principle of Foundation Engineering*, 6th ed. Australia: Thomson, 2007.
- [9] S. Ismail, *Pondasi Cakar Ayam Menjabarkan Teori Prof. Sedijatmo*, 1st ed. Jakarta: PT. Perca, 2006.
- [10] H. Wahyudi, *Daya Dukung Pondasi Dangkal*, 2nd ed. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember Press, 2012.
- [11] Badan Standardisasi Nasional, "Persyaratan perancangan geoteknik." Badan Standardisasi Nasional, Jakarta, 2017, doi: SNI 8460:2017.
- [12] R. S. C. Haryono and T. R. Maulana, "Analisis Penggunaan Struktur Pondasi Sarang Laba-Laba pada Gedung BNI '46 Wilayah 05 Semarang," Universitas Diponegoro, 2007.