

Analisis Pengaruh Fluktuasi Muka Air Tanah Terhadap *Displacement* Pondasi Sumuran (Studi Kasus : Bantaran Sungai Sario - Manado)

Chintia Stephani Surentu¹, Jack H. Ticoh², Steeva G. Rondonuwu³

Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado, Jl. Kampus Bahu-Unsrat Manado, 95115

¹surentuchintia@gmail.com; ²jack.ticoh@gmail.com; ³steeva_rondonuwu@yahoo.com

I. PENDAHULUAN

Abstrak - Kekuatan tanah biasanya berkurang pada tempat-tempat dimana terdapat muka air tanah. Hal ini tentunya akan berdampak pada pondasi dari suatu struktur bangunan. Pondasi yang berada dibawah muka air tanah akan terangkat oleh tekanan air, sehingga hal ini berarti bahwa akan mengakibatkan terjadinya penurunan atau dapat juga disebut displacement pada pondasi hingga terjadinya kegagalan struktur. Pada tahun 2014 kota Manado mengalami bencana banjir yang besar. Salah satunya yang berdampak paling parah yakni kecamatan Wanea. Akibat keadaan tanah disepertaran daerah aliran sungai pada kecamatan Wanea maka terdapat kecenderungan menggunakan pondasi tipe sumuran dimana memiliki ciri-ciri penampang yang cukup besar dan cocok pada tanah yang kurang baik. Dengan kondisi ini, sangatlah menarik untuk meninjau pengaruh fluktuasi level muka air tanah terhadap pondasi sumuran relatif terhadap perilaku displacement yang terjadi pada titik pusat didasar pondasi dan keliling didasar pondasi. Akibat pengaruh variasi dari level MAT, perubahan besar displacement yang terjadi pada titik keliling dasar pondasi akan lebih kecil (yakni dengan nilai 0,005 mm, 0,011 mm, 0,022 mm, dan 0,922 mm) jika dibandingkan pada titik pusat dasar pondasi (dengan nilai 0,009 mm, 0,018 mm, 0,033 mm, dan 1,876 mm), untuk kondisi MAT yang berada diatas maupun dibawah dasar pondasi. Nilai pertambahan displacement pada kondisi I, yakni sebesar 2,254 mm untuk titik pusat dasar pondasi dan 1,105 mm untuk titik keliling dasar pondasi, dimana nilai tersebut lebih besar dari pada kondisi II, yakni sebesar 2,051 mm untuk titik pusat dasar pondasi dan 0,947 mm untuk titik keliling dasar pondasi. Akibat pengaruh variasi dari level MAT, dapat dilihat bahwa seiring level MAT menjauh dari dasar pondasi maka, displacement yang terjadi pada kondisi I (muka air tanah diatas dasar pondasi) akan bertambah secara signifikan, jika dibandingkan dengan kondisi II (muka air tanah di bawah dasar pondasi).

Kata kunci — muka air tanah, displacement, pondasi sumuran, Plaxis-3D Foundation

Chintia Stephani Surentu adalah mahasiswa tingkat akhir jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado pada bidang Geoteknik (email : surentuchintia@gmail.com);

Jack H. Ticoh adalah dosen jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi pada bidang Geoteknik (email : jack.ticoh@gmail.com)

Steeva G. Rondonuwu adalah dosen jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi pada bidang Geoteknik (email : steeva_rondonuwu@yahoo.com)

A. Latar Belakang

Tanah yang terletak dibawah muka air tanah akan bersifat jenuh sama sekali, pada kenyataannya dilapangan tanah akan bersifat jenuh sebagian sampai suatu jarak tertentu diatas tinggi muka air tanah. Sesuai dengan keadaan iklim atau kegiatan konstruksi tinggi muka air tanah biasanya akan berubah-ubah sehingga menyebabkan terjadinya viriasi tinggi muka air tanah. Air tanah memiliki efek terhadap kekuatan tanah dan lamanya penurunan. Khususnya lempung dengan permeabilitas yang rendah dapat menyebabkan kegagalan pada pondasi dengan terjadinya perubahan kadar air pada tanah.

Kekuatan tanah, atau tekanan dukung tanah, biasanya berkurang pada tempat-tempat dibawah muka air tanah. Hal ini tentunya akan berdampak pada pondasi dari suatu struktur bangunan. Pondasi yang berada dibawah muka air tanah akan terangkat oleh tekanan air, sehingga hal ini berarti bahwa akan mengakibatkan terjadinya settlement atau penurunan. Penurunan atau dapat juga disebut displacement pada pondasi dapat mengakibatkan terjadinya kegagalan struktur.

Kota Manado pada tahun 2014 mengalami bencana banjir yang besar. Salah satunya yang berdampak paling parah yakni kecamatan Wanea. Pada keadaan tanah disepertaran daerah aliran sungai pada kecamatan Wanea, oleh karena keadaan tanah, maka cenderung digunakan pondasi tipe sumuran. Tipe pondasi sumuran berciri-ciri memiliki penampang yang cukup besar dan cocok pada tanah yang kurang baik dimana lokasi tanah dasarnya tidak berada pada bagian yang sangat dalam. Dengan kondisi ini, sangatlah menarik untuk meninjau pengaruh fluktuasi level muka air tanah terhadap pondasi sumuran relatif terhadap perilaku displacement yang terjadi pada titik pusat didasar pondasi dan keliling didasar pondasi, oleh karena keadaan penampangnya yang besar, dan besar perubahan displacement pada kondisi level muka air tanah (MAT) yang terletak diatas dasar pondasi maupun dibawah dasar pondasi.

B. Rumusan Masalah

1. Bagaimana perilaku displacement yang terjadi pada titik pusat didasar pondasi dan titik keliling didasar pondasi akibat pengaruh variasi level muka air tanah

(MAT) yang terletak diatas dasar pondasi sumuran dan dibawah dasar pondasi sumuran ?

2. Bagaimana besar perubahan displacement yang terjadi akibat pengaruh variasi level muka air tanah (MAT) pada kondisi MAT yang berada diatas pondasi sumuran maupun dibawah dasar pondasi sumuran ?

C. Batasan Masalah

Dalam penulisan tugas akhir ini, penelitian dibatasi pada hal-hal sebagai berikut:

1. Ukuran pondasi sumuran yang dipakai:
 Panjang pondasi (L) = 5,6 m
 Lebar/diameter pondasi = 0,80 m
 Tipe material pondasi = *Non-porous*
2. Muka air tanah di variasikan berdasarkan ratio level muka air tanah (D) dan level muka air tanah di ujung pondasi (Df).
3. Beban yang bekerja pada pondasi :
 Beban axial = 1750 kN
 Beban Lateral = 30 kN

D. Tujuan Penelitian

1. Mengetahui perilaku displacement yang terjadi pada pada titik pusat didasar pondasi dan titik keliling didasar pondasi akibat pengaruh variasi level muka air tanah (MAT) yang terletak di atas dan dibawah dasar pondasi sumuran.
2. Untuk menganalisis besar perubahan displacement yang terjadi akibat pengaruh variasi level muka air tanah (MAT) pada kondisi MAT yang berada diatas maupun dibawah dasar pondasi sumuran.

E. Manfaat Penelitian

Diharapkan dapat dijadikan refrensi untuk perencanaan pondasi sumuran pada tanah yang memiliki daya dukung relatif rendah juga muka air tanah yang relatif dangkal.

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Bagan Alir

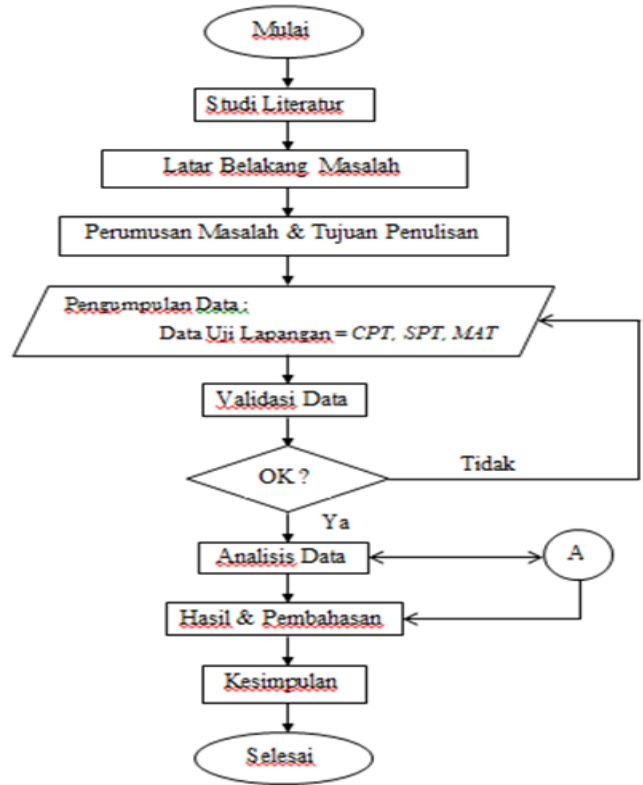
Kegiatan penelitian mengikuti bagan alir pada Gambar 1 dan Gambar 2.

B. Prosedur Analisis dan Pengolahan Data

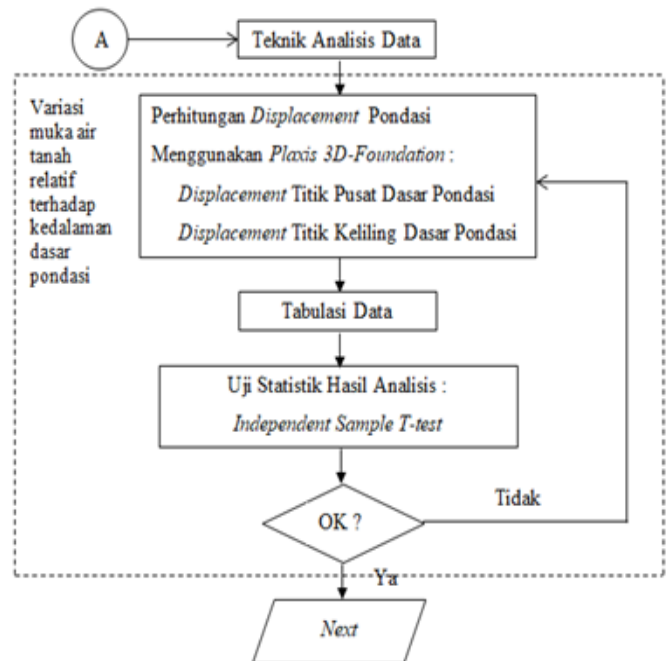
Proses analisis data yang digunakan pada penelitian ini dalam rangka mencapai tujuan penelitian yakni dengan menggunakan bantuan perangkat lunak/ software. Data tanah yang digunakan merupakan data tanah hasil Cone Penetration Test (CPT) dilokasi penelitian yakni daerah aliran sungai Sario.

Proses analisis dilakukan untuk menghitung perpindahan/displacements arah vertikal dengan memvariasikan level muka air tanah relatif terhadap posisi dasar tiang pondasi sumuran. Pada penelitian ini maka digunakan bantuan software Plaxis-3D Foundation. Hasil selengkapnya dari analisis dengan menggunakan Plaxis-3D Foundation terdapat pada lampiran akhir.

Selanjutnya data-data hasil analisis ditabulasi sesuai dengan variasi level muka air tanah yang telah ditetapkan kemudian diolah dengan menggunakan bantuan software *Microsoft Office Excel*.



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian



Gambar 2. Bagan Alir Teknik Pelaksanaan Analisis

C. Lokasi Tinjauan Penelitian

Lokasi tinjauan penelitian berada dekat dengan aliran sungai Sario, lebih tepatnya di tanjung batu, kecamatan wanea, provinsi Sulawesi Utara.

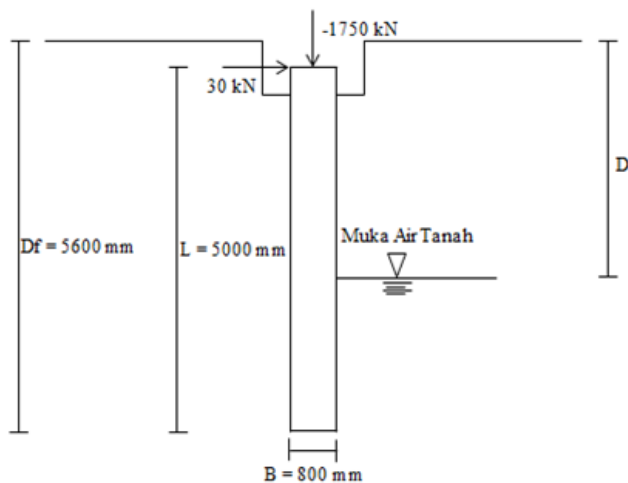


Gambar 3. Lokasi Tinjauan Penelitian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Uraian Data

Berikut adalah dimensi pondasi sumuran : lebar pondasi sumuran (B) = 800 mm, panjang tiang (L) = 5000 mm



Gambar 4. Desain Pondasi

B. Data Tanah

Data tanah yang akan digunakan untuk analisis diambil dari data Cone Penetration Test (CPT) Kecamatan Wanea Manado.

C. Hasil Analisis

- Perhitungan Displacement menggunakan Plaxis 3D-Foundation :

Pada perhitungan ini, maka muka air tanah (MAT) ditentukan berdasarkan perbandingan antara kedalaman MAT (D) dan level ujung Pondasi (Df = 5,6 meter), dengan jumlah variasi Muka Air Tanah sebanyak 9 variasi di mana selisih beda tinggi yang ditentukan yakni sebesar 5 (lima) %. Hasil selengkapnya diuraikan sebagai berikut :

1. D1/Df (80%) = -4,48 meter
2. D2/Df (85%) = -4,76 meter
3. D3/Df (90%) = -5,04 meter
4. D4/Df (95%) = -5,32 meter
5. D5/Df (100%) = -5,6 meter
6. D6/Df (105%) = -5,88 meter
7. D7/Df (110%) = -6,16 meter
8. D8/Df (115%) = -6,44 meter
9. D9/Df (120%) = -6,72 meter

- Data Input Program :

1. Geometry Dimensions

- Xmin = -7,5 meter
- Xmax = 7,5 meter
- Zmin = -7,5 meter
- Zmax = 7,5 meter

2. Work Planes

- Y = 0 meter
- Y = -0,6 meter
- Y = -1,2 meter
- Y = -5,6 meter

3. Bore Hole

- Y = 0 meter
- Y = -2 meter
- Y = -5 meter
- Y = -9 meter

Lapisan 1 :

- Material model : Mohr-Coulomb
- Material type : Drained
- γ_{unsat} : 18,7 kN/m³
- γ_{sat} : 20,03 kN/m³
- Es : 4452,22 kN/m²
- v : 0,3
- c : 25,9 kN/m²
- ϕ : 26,062°

Lapisan 2 :

- Material model : Mohr-Coulomb
- Material type : Drained
- γ_{unsat} : 18 kN/m³
- γ_{sat} : 19,56 kN/m³
- Es : 9543,8 kN/m²
- v : 0,3
- c : 29,6 kN/m²
- ϕ : 27,404°

Lapisan 3 :

- Material model : Mohr-Coulomb
- Material type : Drained
- γ_{unsat} : 16,14 kN/m³
- γ_{sat} : 17,22 kN/m³
- Es : 57203,2 kN/m²
- v : 0,35

c : 23,8 kN/m²

φ : 33,4°

4. Pile

Type of pile : Massive Circular Pile

Diameter : 800 mm

Material model : Linear elastic

Material type : Non-porous

γ_{unsat} : 24 kN/m³

E_s : 21615 kN/m²

v : 0,3

5. Point Load

X-Value = 30,00 kN

Y-Value = -1750,00 kN

Setelah dilakukan input data maka selanjutnya dilakukan running program untuk memperoleh hasil yang ingin dicapai.

TABEL 1. DISPLACEMENT UNTUK LEVEL MAT -4,48 METER [D/DF 80%]

Node	X [m]	Y [m]	Z [m]	Ux [mm]	Uy [mm]	Uz [mm]	ΔUx [mm]	ΔUy [mm]	ΔUz [mm]
A	0,00	-5,60	0,00	0,147	-20,053	-0,120	0,028	-2,254	-0,047
B	0,00	-5,60	0,40	-0,011	-11,058	1,709	0,032	-0,805	0,146
C	0,35	-5,60	0,20	1,364	-14,013	0,703	0,095	-1,570	-0,059
D	0,35	-5,60	-0,20	1,488	-11,552	-1,456	0,152	-0,864	-0,239
E	0,00	-5,60	-0,40	0,129	-10,851	-1,611	0,003	-0,755	-0,170
F	-0,35	-5,60	-0,20	-1,433	-12,358	-1,280	-0,113	-1,055	-0,149
G	-0,40	-5,60	0,00	-1,546	-14,334	0,023	-0,073	-1,621	-0,007
H	-0,35	-5,60	0,20	-1,461	-12,348	1,300	-0,111	-1,062	0,125

Sumber : Hasil Analisis

TABEL 2. DISPLACEMENT UNTUK LEVEL MAT -4,76 METER [D/DF 85%]

Node	X [m]	Y [m]	Z [m]	Ux [mm]	Uy [mm]	Uz [mm]	ΔUx [mm]	ΔUy [mm]	ΔUz [mm]
A	0,00	-5,60	0,00	0,147	-19,886	-0,109	0,005	-0,410	-0,009
B	0,00	-5,60	0,40	-0,017	-11,052	1,715	0,007	-0,148	0,028
C	0,35	-5,60	0,20	1,380	-13,884	0,743	0,012	-0,299	-0,018
D	0,35	-5,60	-0,20	1,489	-11,565	-1,425	0,028	-0,157	-0,046
E	0,00	-5,60	-0,40	0,134	-10,858	-1,611	0,000	-0,137	-0,033
F	-0,35	-5,60	-0,20	-1,444	-12,330	-1,272	-0,019	-0,194	-0,028
G	-0,40	-5,60	0,00	-1,569	-14,199	0,026	-0,008	-0,305	-0,001
H	-0,35	-5,60	0,20	-1,473	-12,316	1,300	-0,020	-0,195	0,024

Sumber : Hasil Analisis

TABEL 3. DISPLACEMENT UNTUK LEVEL MAT -5,04 METER [D/DF 90%]

Node	X [m]	Y [m]	Z [m]	Ux [mm]	Uy [mm]	Uz [mm]	ΔUx [mm]	ΔUy [mm]	ΔUz [mm]
A	0,00	-5,60	0,00	0,144	-19,797	-0,101	0,006	-0,396	-0,008
B	0,00	-5,60	0,40	-0,025	-11,091	1,719	0,007	-0,135	0,030
C	0,35	-5,60	0,20	1,388	-13,827	0,767	0,012	-0,284	-0,017
D	0,35	-5,60	-0,20	1,490	-11,602	-1,404	0,029	-0,149	-0,044
E	0,00	-5,60	-0,40	0,136	-10,911	-1,606	0,002	-0,125	-0,033
F	-0,35	-5,60	-0,20	-1,449	-12,344	-1,268	-0,021	-0,185	-0,027
G	-0,40	-5,60	0,00	-1,582	-14,138	0,028	-0,008	-0,292	-0,001
H	-0,35	-5,60	0,20	-1,479	-12,329	1,302	-0,021	-0,186	0,025

Sumber : Hasil Analisis

TABEL 4. DISPLACEMENT UNTUK LEVEL MAT -5,32 METER [D/DF 95%]

Node	X [m]	Y [m]	Z [m]	Ux [mm]	Uy [mm]	Uz [mm]	ΔUx [mm]	ΔUy [mm]	ΔUz [mm]
A	0,00	-5,60	0,00	0,141	-19,759	-0,097	0,006	-0,387	-0,008
B	0,00	-5,60	0,40	-0,032	-11,142	1,723	0,007	-0,127	0,031
C	0,35	-5,60	0,20	1,397	-13,802	0,789	0,013	-0,275	-0,015
D	0,35	-5,60	-0,20	1,494	-11,646	-1,391	0,029	-0,145	-0,043
E	0,00	-5,60	-0,40	0,138	-10,971	-1,606	0,002	-0,122	-0,033
F	-0,35	-5,60	-0,20	-1,454	-12,372	-1,269	-0,021	-0,180	-0,027
G	-0,40	-5,60	0,00	-1,597	-14,111	0,029	-0,008	-0,284	0,000
H	-0,35	-5,60	0,20	-1,485	-12,356	1,305	-0,021	-0,181	0,025

Sumber : Hasil Analisis

TABEL 5. DISPLACEMENT UNTUK LEVEL MAT -5,6 METER [D/DF 100%]

Node	X [m]	Y [m]	Z [m]	Ux [mm]	Uy [mm]	Uz [mm]	ΔUx [mm]	ΔUy [mm]	ΔUz [mm]
A	0,00	-5,60	0,00	0,137	-19,725	-0,092	0,006	-0,378	-0,008
B	0,00	-5,60	0,40	-0,040	-11,203	1,719	0,007	-0,123	0,030
C	0,35	-5,60	0,20	1,404	-13,772	0,813	0,013	-0,267	-0,016
D	0,35	-5,60	-0,20	1,489	-11,699	-1,374	0,029	-0,142	-0,042
E	0,00	-5,60	-0,40	0,138	-11,034	-1,599	0,002	-0,119	-0,033
F	-0,35	-5,60	-0,20	-1,454	-12,405	-1,264	-0,021	-0,176	-0,026
G	-0,40	-5,60	0,00	-1,610	-14,083	0,030	-0,007	-0,277	0,000
H	-0,35	-5,60	0,20	-1,486	-12,387	1,302	-0,021	-0,177	0,025

Sumber : Hasil Analisis

TABEL 6. DISPLACEMENT UNTUK LEVEL MAT -5,88 METER [D/DF 105%]

Node	X [m]	Y [m]	Z [m]	Ux [mm]	Uy [mm]	Uz [mm]	ΔUx [mm]	ΔUy [mm]	ΔUz [mm]
A	0,00	-5,60	0,00	0,133	-19,705	-0,090	0,037	-2,077	-0,039
B	0,00	-5,60	0,40	-0,042	-11,302	1,702	0,025	-0,657	0,167
C	0,35	-5,60	0,20	1,381	-13,819	0,806	0,117	-1,355	-0,029
D	0,35	-5,60	-0,20	1,470	-11,787	-1,356	0,168	-0,776	-0,225
E	0,00	-5,60	-0,40	0,138	-11,132	-1,581	0,010	-0,642	-0,183
F	-0,35	-5,60	-0,20	-1,436	-12,482	-1,250	-0,140	-0,940	-0,150
G	-0,40	-5,60	0,00	-1,588	-14,122	0,030	-0,091	-1,432	-0,004
H	-0,35	-5,60	0,20	-1,468	-12,465	1,289	-0,140	-0,942	0,136

Sumber : Hasil Analisis

TABEL 7. DISPLACEMENT UNTUK LEVEL MAT -6,16 METER [D/DF 110%]

Node	X [m]	Y [m]	Z [m]	Ux [mm]	Uy [mm]	Uz [mm]	ΔUx [mm]	ΔUy [mm]	ΔUz [mm]
A	0,00	-5,60	0,00	0,132	-19,735	-0,089	0,037	-2,069	-0,039
B	0,00	-5,60	0,40	-0,044	-11,351	1,702	0,024	-0,653	0,168
C	0,35	-5,60	0,20	1,382	-13,857	0,808	0,118	-1,347	-0,027
D	0,35	-5,60	-0,20	1,470	-11,834	-1,354	0,169	-0,772	-0,225
E	0,00	-5,60	-0,40	0,137	-11,181	-1,580	0,010	-0,639	-0,184
F	-0,35	-5,60	-0,20	-1,436	-12,527	-1,250	-0,142	-0,936	-0,150
G	-0,40	-5,60	0,00	-1,589	-14,160	0,030	-0,093	-1,425	-0,004
H	-0,35	-5,60	0,20	-1,469	-12,510	1,289	-0,141	-0,937	0,137

Sumber : Hasil Analisis

TABEL 8. DISPLACEMENT UNTUK LEVEL MAT -6,44 METER [D/Df 115%]

Node	X [m]	Y [m]	Z [m]	Ux [mm]	Uy [mm]	Uz [mm]	ΔUx [mm]	ΔUy [mm]	ΔUz [mm]
A	0,00	-5,60	0,00	0,131	-19,797	-0,089	0,036	-2,059	-0,038
B	0,00	-5,60	0,40	-0,045	-11,421	1,706	0,023	-0,649	0,170
C	0,35	-5,60	0,20	1,385	-13,923	0,812	0,120	-1,339	-0,024
D	0,35	-5,60	-0,20	1,473	-11,904	-1,355	0,171	-0,767	-0,226
E	0,00	-5,60	-0,40	0,138	-11,252	-1,583	0,010	-0,634	-0,185
F	-0,35	-5,60	-0,20	-1,440	-12,596	-1,251	-0,144	-0,930	-0,150
G	-0,40	-5,60	0,00	-1,593	-14,226	0,031	-0,095	-1,418	-0,004
H	-0,35	-5,60	0,20	-1,472	-12,578	1,291	-0,143	-0,932	0,138

Sumber : Hasil Analisis

TABEL 9. DISPLACEMENT UNTUK LEVEL MAT -6,72 METER [D/Df 120%]

Node	X [m]	Y [m]	Z [m]	Ux [mm]	Uy [mm]	Uz [mm]	ΔUx [mm]	ΔUy [mm]	ΔUz [mm]
A	0,00	-5,60	0,00	0,129	-19,861	-0,088	0,036	-2,051	-0,038
B	0,00	-5,60	0,40	-0,047	-11,493	1,709	0,022	-0,645	0,172
C	0,35	-5,60	0,20	1,387	-13,989	0,816	0,121	-1,331	-0,022
D	0,35	-5,60	-0,20	1,476	-11,974	-1,356	0,173	-0,762	-0,226
E	0,00	-5,60	-0,40	0,138	-11,323	-1,585	0,010	-0,630	-0,187
F	-0,35	-5,60	-0,20	-1,442	-12,665	-1,253	-0,146	-0,924	-0,151
G	-0,40	-5,60	0,00	-1,597	-14,293	0,031	-0,097	-1,410	-0,004
H	-0,35	-5,60	0,20	-1,475	-12,647	1,293	-0,146	-0,926	0,138

Sumber : Hasil Analisis

Berdasarkan hasil-hasil pada Tabel di atas maka selanjutnya akan ditinjau 2 (kondisi) yakni :

1. Kondisi I : $D < D_f$
2. Kondisi II : $D > D_f$

dengan patokan nilai *displacement* yang diambil yakni $D = D_f$ (100%). Adapun acuan yang akan digunakan terdiri dari 2 (dua) kelompok yakni titik A yang merupakan titik pusat dari penampang lingkaran dari pondasi yang terletak pada kedalaman -5,6 meter untuk *displacement* arah sumbu-y, dan 7 (tujuh) titik lainnya yang terletak pada keliling lingkaran luar.

TABEL 10. PERTAMBAHAN DISPLACEMENT RELATIF TERHADAP DASAR PONDASI

MAT [m]	Pertambahan Displacement Arah - Y							Rata-Rata
	B [mm]	C [mm]	D [mm]	E [mm]	F [mm]	G [mm]	H [mm]	
-4,48	0,805	1,570	0,864	0,755	1,055	1,621	1,062	1,105
-4,76	0,148	0,299	0,157	0,137	0,194	0,305	0,195	0,205
-5,04	0,135	0,284	0,149	0,125	0,185	0,292	0,186	0,194
-5,32	0,127	0,275	0,145	0,122	0,180	0,284	0,181	0,188
-5,6	0,123	0,267	0,142	0,119	0,176	0,277	0,177	0,183
-5,88	0,657	1,355	0,776	0,642	0,940	1,432	0,942	0,964
-6,16	0,653	1,347	0,772	0,639	0,936	1,425	0,937	0,958
-6,44	0,649	1,339	0,767	0,634	0,930	1,418	0,932	0,953
-6,72	0,645	1,331	0,762	0,630	0,924	1,410	0,926	0,947

Sumber : Hasil Analisis

D. Pembahasan

Adapun yang akan menjadi pokok bahasan pada karya tulis ini yakni perbandingan level muka air tanah MAT (D) relatif terhadap muka air tanah pada dasar ujung pondasi (Df) untuk 2 (dua) posisi titik, yakni titik pusat lingkaran dan titik keliling lingkaran dari dasar pondasi. Juga terdapat dua kondisi tinjauan yang akan digunakan yakni kondisi I : tinjauan terhadap level muka air tanah diatas ujung dasar pondasi dengan beberapa variasi dimana dilakukan penurunan sebesar 5% sampai pada akhirnya D/Df bernilai 80%. Untuk kondisi II : tinjauan terhadap level muka air tanah dibawah ujung dasar

pondasi dengan melakukan penambahan level muka air tanah sebesar 5% sampai pada akhirnya D/Df bernilai 120%.

TABEL 11. PERTAMBAHAN RELATIF TERHADAP DASAR PONDASI

MAT	Pertambahan Displacement Vertical		Kenaikan Relatif Terhadap Dasar Pondasi	
	Titik Pusat	Titik Keliling	Titik Pusat	Titik Keliling
-4,48	2,254	1,105	1,876	0,922
-4,76	0,410	0,205	0,033	0,022
-5,04	0,396	0,194	0,018	0,011
-5,32	0,387	0,188	0,009	0,005
-5,6	0,378	0,183	0,000	0,000
-5,88	2,077	0,964	1,699	0,781
-6,16	2,069	0,958	1,691	0,776
-6,44	2,059	0,953	1,682	0,770
-6,72	2,051	0,947	1,673	0,764

Sumber : Hasil Analisis

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, maka untuk kondisi I, khusus tinjauan *displacement* dalam arah - Y, pada titik pusat pondasi (titik A), pada kondisi perbandingan D/Df 95%, 90%, 85% dan 80%, peningkatan *displacement*-nya yakni sebesar, berturut-turut 0,009 mm, 0,018 mm, 0,033 mm, dan 1,876 mm. Hal ini berarti ketika perubahan level muka air tanah sebesar 5% maka nilainya bertambah dimulai dari 0,009 mm, 0,015 mm, dan terakhir meningkat tajam sebesar 1,843 mm.. Untuk titik-titik pada keliling lingkaran (titik B, C, D, E, F, G, H), maka perubahan nilainya yakni sebesar, berturut-turut, 0,005 mm, 0,011 mm, 0,022 mm, dan 0,922 mm, yang berarti lebih kecil dari *displacement* yang terjadi pada titik pusat dasar pondasi. Juga dapat dilihat bahwa selisih perubahan *displacement* antara titik keliling dengan titik pusat, maka seiring muka air tanah (MAT) semakin menjauh dari dasar pondasi maka selisih *displacement* akan menjadi lebih besar.

Untuk kondisi II, dapat dilihat bahwa seiring level muka air tanah bertambah semakin ke dalam dari dasar pondasi maka pada titik pusat pondasi (titik A), pada kondisi perbandingan D/Df 105%, 110%, 115%, dan 120%, peningkatan *displacement*-nya yakni sebesar, berturut-turut 1,699 mm, 1,691 mm, 1,682 mm, dan 1,673 mm, dan untuk titik-titik pada keliling lingkaran (titik B, C, D, E, F, G, H) peningkatan *displacement*-nya sebesar 0,781 mm, 0,776 mm, 0,770, dan 0,764 mm. Pertambahan nilai level muka air tanah sebesar 5% akan mengakibatkan pertambahan *displacement* cenderung mengecil. Dari nilai-nilai diatas dapat dilihat bahwa perubahan *displacement* yang terjadi pada titik pusat dasar pondasi lebih besar dari pada yang terjadi pada titik keliling dasar pondasi, yang memiliki makna sama seperti pada kondisi I. Juga dapat dilihat bahwa selisih perubahan *displacement* antara titik keliling dengan titik pusat, maka seiring muka air tanah (MAT) semakin menjauh dari dasar pondasi maka selisih *displacement* akan menjadi lebih kecil.

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa pada perubahan muka air tanah (MAT), perubahan *displacement* yang terjadi pada titik keliling dasar pondasi akan lebih kecil jika dibandingkan pada titik pusat dasar pondasi, untuk kondisi MAT yang berada diatas maupun dibawah dasar pondasi. Nilai perubahan terbesar *displacement* pada titik

pusat dan titik keliling dasar pondasi dari kondisi I, yakni 1,876 mm dan 0,922 mm, lebih besar dari pada kondisi II, yakni 1,699 mm untuk titik pusat dan 0,781 mm untuk titik keliling. Juga dapat dilihat bahwa *displacement* yang terjadi akibat pengaruh variasi muka air tanah (MAT) pada kondisi I akan berubah secara signifikan pada titik yang terjauh seiring level MAT menjauh dari dasar pondasi, jika dibandingkan dengan pada kondisi II.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Akibat pengaruh variasi dari level MAT, perubahan *displacement* yang terjadi pada titik keliling dasar pondasi akan lebih kecil (yakni dengan nilai 0,005 mm, 0,011 mm, 0,022 mm, dan 0,922 mm) jika dibandingkan pada titik pusat dasar pondasi (dengan nilai 0,009 mm, 0,018 mm, 0,033 mm, dan 1,876 mm), untuk kondisi MAT yang berada di atas maupun di bawah dasar pondasi. Nilai pertambahan *displacement* pada kondisi I, yakni sebesar 2,254 mm untuk titik pusat dasar pondasi dan 1,105 mm untuk titik keliling dasar pondasi, dimana nilai tersebut lebih besar dari pada kondisi II, yakni sebesar 2,051 mm untuk titik pusat dasar pondasi dan 0,947 mm untuk titik keliling dasar pondasi.
2. Akibat pengaruh variasi dari level MAT, dapat dilihat bahwa seiring level MAT menjauh dari dasar pondasi maka, *displacement* yang terjadi pada kondisi I (muka air tanah di atas dasar pondasi) akan bertambah secara signifikan, jika dibandingkan dengan kondisi II (muka air tanah di bawah dasar pondasi).

B. Saran

Adapun yang menjadi saran dari penulisan ini yakni diharapkan bahwa untuk penelitian-penelitian lebih lanjut, tinjauan terhadap variasi muka air tanah masih dapat ditambahkan parameter-parameter lain sehingga hasil yang dicapai akan semakin menambah keuntungan terutama untuk kemajuan ilmu pengetahuan di daerah ini.

V. KUTIPAN

A. Buku

- [1] J. E. Bowles, *Analisis dan Desain Pondasi Jilid 1 Edisi Keempat*. Jakarta : Erlangga, 1997.
- [2] R. F. Craig, *Mekanika Tanah Edisi Keempat*. Jakarta : Erlangga, 1991.
- [3] Braja M. Das, *Mekanika Tanah Jilid 1*. Jakarta : Erlangga, 1995.
- [4] Braja M. Das, *Mekanika Tanah Jilid 2*. Jakarta : Erlangga, 1995.
- [5] H. C. Hardiyatmo, *Mekanika Tanah I*. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press, 2002.
- [6] H. C. Hardiyatmo, *Teknik Fondasi II Edisi Keempat*. Yogyakarta : Beta Offset, 2008.
- [7] S. Sosrodarsono, K. Nakazawa, *Mekanika Tanah dan Teknik pondasi*. Jakarta : Pradnya Paramita, 2000.
- [8] Kh. Sunggono, *Mekanika Tanah*. Bandung : Nova, 1984.
- [9] K. Terzaghi, R. B. Peck, *Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa*. Jakarta : Erlangga, 1987.
- [10] J. M. Tomlinson, *Pile Design and Construction Practice*. The Garden City Press Limited, Lechworth, Hertfordshire SG6 1JS, 1977.
- [11] L. D. Wesley, *Mekanika Tanah Cetakan VI*. Jakarta Selatan : Badan Penerbit Pekerjaan Umum, 1977.

B. Jurnal

- [12] H. K. S. Bagemann, "The Friction Jacket Cone As an Aid in Determining The Soil Profile", in *Proceedings of the 6th ICSMFE*, Vol. 2, Monterio, September 8-15, pp 17-20, 1965.
- [13] B. Broms, "The Lateral Resistance of Piles in Cohesionless Soil", in *Journal of the Soil Mechanics Divisions, ASCE*, Vol. 90, No. SM2, pp.123-156, 1964.
- [14] B. Broms, "The Lateral Resistance of Piles in Cohesionless Soil", in *Journal of the Soil Mechanics Divisions, ASCE*, Vol. 90, No. SM3, pp.27-63, 1964.
- [15] A. S. Vesic, "A Study of Bearing Capacity of Deep Foundations", in *Final Report Project B-189*, Georgia Institute of Technology, Engineering Experiment Station, 270p, Atlanta, 1967.