

## ANALISIS KAPASITAS DUKUNG FONDASI BERDASARKAN *IN SITU TEST* PADA REHABILITASI SENTRAL KOTA GORONTALO

Abdul Kadir Djou<sup>1</sup>, Indriati Martha Patuti<sup>2\*</sup> dan Fadly Achmad<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Negeri Gorontalo, Indonesia

\*Corresponding Author, Diterima: 29 Maret 2021, Revisi: 01 April. 2021, Diterima: 02 April. 2021

**ABSTRACT:** Penelitian ini dilatarbelakangi oleh pembangunan Pasar Sentral Kota Gorontalo yang dibangun pada tahun 2000 dan telah dilakukan renovasi pada tahun 2020. Untuk merespon hal tersebut dilakukan penelitian analisis kapasitas dukung fondasi berdasarkan *in situ test*. Untuk keperluan tersebut perlu dilakukan pengujian kapasitas dukung tanah pada daerah lokasi pembangunan Pasar Sentral Kota Gorontalo tersebut. Kapasitas dukung tanah dan penurunan pada fondasi sangat berkaitan erat dengan beban struktur yang di atasnya. Pada lokasi penelitian ini dilakukan pengujian kapasitas dukung pada tanah berupa pengujian sondir dan pengujian *N-SPT*. Berdasarkan dari hasil uji *N-SPT* dilakukan analisis kapasitas dukung pada fondasi serta penurunan yang terjadi dan kemudian dianalisis dengan metode elemen hingga (Plaxis 2D). Hasil penelitian menunjukkan kapasitas dukung tanah pada titik BH.1 termasuk dalam kategori tanah dengan kapasitas dukung tanah lunak, sedangkan untuk kapasitas dukung tanah pada titik BH.2 termasuk dalam kategori kapasitas dukung tanah padat. Setiap lokasi memiliki nilai kapasitas dukung dan penurunan yang berbeda dikarenakan dari kedua lokasi BH memiliki tanah yang berbeda. Titik BH.2 memiliki nilai penurunan paling kecil yaitu sebesar 2,66 mm karena nilai kapasitas dukung tanahnya sangat besar. Semakin kecil kapasitas dukung pada tanah maka akan semakin besar penurunan yang akan terjadi pada bangunan. Semakin besar tekanan yang dipikul fondasi maka peluang untuk bangunan mengalami penurunan sangatlah besar.

**Kata Kunci :** Kapasitas Dukung, Fondasi Dangkal, *N-SPT*, Plaxis 2D

### 1. PENDAHULUAN

Pasar Sentral Kota Gorontalo adalah salah satu pasar yang beroperasi di pusat Kota Gorontalo, Pasar Sentral ini pertama kali dibangun pada tahun 1970 dan sudah mengalami renovasi bangunan pada tahun 2000. Pasar Sentral yang terletak pada pusat Kota Gorontalo yang beralamat di Jalan Samratulangi No.1 Kelurahan Limba U1 Kecamatan Kota Selatan akan direnovasi kembali pada tahun 2020.

Pembangunan Pasar Sentral Kota Gorontalo tidak luput dari pekerjaan konstruksi. Gedung terdiri dari konstruksi atas dan konstruksi bawah, konstruksi atas terdiri dari struktur kolom, balok, plat sedangkan struktur bawah yaitu struktur fondasi. Fondasi merupakan suatu konstruksi yang pertama kali dilaksanakan dan dikerjakan di lapangan. Setelah itu dilaksanakan pekerjaan struktur atasnya. Fondasi berfungsi memikul dan menahan beban yang bekerja di atasnya yaitu beban konstruksi atas.

Pembangunan fondasi tidak luput dari pengujian tanah pada lokasi penelitian. Pengujian yang dilakukan berupa pengujian sondir dan bor mesin. Setelah dilakukan penyelidikan lapangan dilanjutkan dengan pengujian laboratorium. Hasil pengujian tanah di lapangan maupun laboratorium mendapatkan hasil yang berbeda pada pengujian titik B.H 1 dan titik B.H 2, dimana pada titik B.H 1 merupakan tanah lempung dan pada titik B.H 2

merupakan jenis tanah pasir dengan rentang jarak antara kedua titik bor hanya 30 m.

Hal ini menjadi alasan yang mendasar untuk melakukan penelitian dengan judul "*Analisis Kapasitas Dukung Fondasi Berdasarkan in Situ Test pada Rehabilitasi Pasar Sentral Kota Gorontalo*" studi kasus Pasar Sentral Kota Gorontalo Kelurahan Limba U1 Kota Selatan Kota Gorontalo. Dengan harapan untuk dapat mengetahui pengaruh muka air tanah terhadap kapasitas dukung fondasi sehingga memberikan manfaat secara optimal untuk stabilisasi fondasi terhadap pembangunan gedung di Pasar Sentral Kota Gorontalo. Tujuan penelitian ini yaitu menganalisis nilai perbandingan penurunan pada jenis tanah berbeda dengan menggunakan metode elemen hingga.

### 2. KAJIAN TEORITIS

#### A. Penelitian Terkait

Wahyudi dan Upomo (2018) melakukan penelitian kapasitas dukung fondasi telapak pada tanah lempung yang distabilisasi dengan pasir dan sekam padi (ASP). Hasil analisis pengujian yang dilakukan pada model fondasi dangkal dengan penambahan lapisan pasir di bawah fondasi akan meningkatkan kapasitas dukung tanah, campuran pasir dan abu sekam padi (ASP) dapat digunakan sebagai bahan untuk stabilisasi (*stabilizer*).

Komposisi bahan campuran untuk stabilisasi yang optimal yaitu campuran pasir dan 50% ASP dengan tebal lapisan stabilisasi adalah 0,5B. Secara umum tanah yang distabilisasi dengan campuran pasir dan abu sekam padi (ASP) memiliki kapasitas dukung yang lebih baik dibandingkan dengan tanah yang tidak distabilisasi [1].

Fahriani dan Apriyanti (2015) melakukan penelitian dan memperoleh hasil penyelidikan tanah di lapangan pada tiga lokasi daerah pantai utara. Analisis pengujian sondir, dapat diketahui bahwa kapasitas dukung tanah untuk kisaran kedalaman lebih dari 2,00 m termasuk kategori tanah dengan kapasitas dukung tanah kaku dan sangat kaku. Kapasitas dukung tanah untuk kisaran kedalaman 4,00 m-5,00 m termasuk dengan kategori tanah dengan kapasitas dukung sangat kaku dan keras [2].

**B. Penyelidikan Tanah**

Sebelum merencanakan sebuah fondasi, diusahakan untuk dapat melakukan penyelidikan tanah di lapangan (*in-situ-test*). Jenis pengujian yang sering dilakukan adalah jenis *cone penetration test* dan *standar penetration test*. Pengujian dilakukan untuk mengetahui besarnya perlawanan yang dilakukan tanah. Pengujian di lapangan sangat berguna untuk mengetahui karakteristik tanah dalam mendukung beban fondasi dengan tidak dipengaruhi oleh kerusakan contoh tanah akibat operasi pengeboran dan penanganannya [3].

1) Uji Sondir

Uji penetrasi kerucut statis atau uji *sondir* banyak digunakan di Indonesia, di samping uji SPT. Pengujian ini sangat berguna untuk memperoleh nilai variasi kepadatan tanah pasir yang tidak padat. Pada tanah pasir yang padat dan tanah-tanah berkerikil dan berbatu, penggunaan alat sondir menjadi tidak efektif, karena mengalami kesulitan dalam menembus tanah.

Nilai-nilai tahanan kerucut statis atau tahanan konus ( $q_c$ ) yang diperoleh dari pengujian, dapat dikorelasikan secara langsung dengan kapasitas dukung tanah dan penurunan pada fondasi-fondasi dangkal dan fondasi tiang. Nilai  $q_c$  adalah besarnya tahanan kerucut dibagi dengan luas penampangnya ( $10 \text{ cm}^2$ ) [4].

a) Hambatan Konus ( $q_c$ ).

Nilai yang penting diukur dari uji sondir adalah hambatan ujung konus ( $q_c$ ). Besarnya nilai lampiran ini seringkali menunjukkan identifikasi dari jenis tanah dan konsistensinya. Tanah pasiran, hambatan ujung jauh lebih besar dari tanah berbutir halus. Pasir kasar (*dense*) dan sangat padat (*very dense*), sondir ringan biasanya tidak dapat menembus lapisan ini.

b) Gesekan Selimut ( $f_s$ )

Nilai  $f_s$  dapat menggambarkan klasifikasi tanah. Selain itu rasio  $f_s$  dan  $q_c$  yang dikenal dengan nama rasio ( $f_r$ ) dapat digunakan untuk membedakan tanah berbutir halus dan tanah berbutir kasar (Rahardjo, 2008 dalam Achmad, 2019). Berdasarkan beberapa hasil dari penelitian menunjukkan bahwa tanah berbutir kasar mempunyai nilai  $f_r$  yang kecil (<2%), sementara untuk tanah berbutir halus (lanau dan lempung) nilai  $f_r$  lebih tinggi.

Tabel 1 Interpretasi Data sondir.

Konsistensi Tanah	Tekanan Konus ( $q_c$ ) (kg/cm <sup>2</sup> )	Undrained Cohesive ( $t/m^2$ )
Very Soft	< 2,5	<1,5
Soft	2,5 – 5	1,5 – 2,5
Medium Stiff	5 – 10	2,5 – 5
Stiff	10 – 20	5 – 10
Very Stiff	20 – 40	10 -20
Hard	>40	>20

2) Uji Penetrasi Standar (SPT)

Pada perancangan Fondasi, nilai  $N$  dapat dipakai sebagai indikasi kemungkinan model keruntuhan Fondasi yang akan terjadi (Terzaghi dan peck,1948). Kondisi keruntuhan geser lokal (*local shear failure*) dapat dianggap terjadi, bila nilai  $N < 5$ , dan keruntuhan geser umum (*general shear failure*) terjadi pada nilai  $N > 30$ . Untuk nilai  $N$  antara 5 sampai 30, interpolasi linear dari koefisien kapasitas-kapasitas dukungtanah  $N_c$ ,  $N_q$ ,  $N_\gamma$  dapat dilakukan. Bila nilai-nilai kerapatan relatif ( $D_r$ ) diketahui, nilai  $N$  dapat didekati dengan persamaan Meyerhof seperti ditunjukkan dalam Persamaan 1 [5].

$$N = 1,7 D_r^2 (14,2 P_c' + 10) \tag{1}$$

dengan:

$D_r$  : kerapatan relatif (%),

$P_c'$  : tekanan vertikal akibat beban tanah efektif pada kedalaman tanah yang ditinjau, atau tekanan *overburden* efektif (kN/m<sup>2</sup>).

Hubungan nilai  $N$  dengan kerapatan relatif ( $D_r$ ) yang diusulkan oleh Terzaghi dan Peck (1948), untuk tanah pasir dijelaskan dalam Tabel 2.

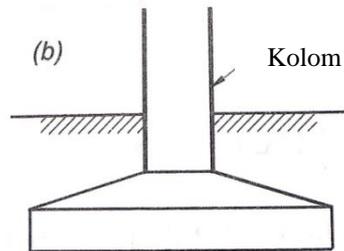
Tabel 2 Hubungan Nilai N dengan Kerapatan Relatif ( $D_r$ ) (Terzaghi dan Peck,1948 dalam Hardiyatmo, 2014).

Nilai $N$	Kerapatan Relatif ( $D_r$ )
< 4	Sangat tidak padat
4 – 10	Tidak padat

10 - 30	Kepadatan sedang
30 - 50	Padat
>50	Sangat Padat

### C. Fondasi Dangkal

Fondasi adalah bagian terendah dari bangunan yang meneruskan beban bangunan ketanah atau batuan yang di bawahnya. Terdapat dua klarifikasi fondasi, yaitu fondasi dangkal dan fondasi dalam. Fondasi dangkal didefinisikan sebagai fondasi yang mendukung bebannya secara langsung, seperti: fondasi telapak, fondasi memanjang, fondasi rakit. Gambar fondasi telapak ditunjukkan dalam Gambar 1.



Gambar 1 Fondasi Telapak (Hardiyatmo, 2014)

#### 1. Fondasi Tanah Pasir

Tanah granular, seperti tanah dan kerikil, tidak berkoheksi ( $c = 0$ ), atau mempunyai koheksi namun sangat kecil sehingga dalam hitungan kapasitas dukung sering diabaikan. Kapasitas dukung fondasi pada tanah granular, dipengaruhi terutama oleh kerapatan relative ( $D_r$ ), kedudukan muka air tanah, tekanan tekang (*confining pressure*), dan ukuran fondasi. Untuk tanah yang tidak berkoheksi, maka digunakan persamaan Terzaghi (fondasi berbentuk persegi panjang), seperti yang dijelaskan pada Persamaan 2.

$$q_u = p_o N_q + 0,5 \gamma B N_\gamma (1 - 0,2B/L) \quad (2)$$

dengan,

$B$  : lebar atau diameter fondasi (m),

$L$  : panjang fondasi (m),

$p_o = D_f \gamma$ : tekanan *overburden* pada dasar fondasi ( $\text{kN/m}^2$ ),

$D_f$  : kedalaman fondasi (m),

$\Gamma$  : berat volume tanah ( $\text{kN/m}^3$ ),

$N_q, N_\gamma$  : faktor-faktor kapasitas dukung.

#### 2. Fondasi Tanah Lempung

Skempton (1951) dalam Hardiyatmo (2014) mengusulkan persamaan kapasitas dukung ultimit fondasi yang terletak pada lempung jenuh dengan memperhatikan faktor-faktor bentuk dan kedalaman fondasi. Pada sembarang kedalaman fondasi empat persegi panjang yang terletak pada tanah lempung,

Skempton menyarankan pemakaian faktor pengaruh bentuk fondasi ( $s_c$ ) Seperti yang dijelaskan pada Persamaan 3.

$$s_c = (1 + 0,2B/L) \quad (3)$$

dengan,

$B$ : lebar (m),

$L$ : panjang fondasi (m).

Faktor kapasitas dukung  $N_c$  untuk bentuk fondasi tertentu diperoleh dari mengalikan factor bentuk  $s_c$  dengan  $N_c$  pada fondasi memanjang yang besarnya dipengaruhi pula oleh kedalaman fondasi ( $D_f$ ).

Fondasi pada kedalaman  $D_f > 2,5B$ :

$$N_c: 1,5N_{c(\text{permukaan})}$$

Kapasitas dukung ultimit fondasi empat persegi panjang:

$$q_u = cN_c(1 + 0,3B/L) + p_o N_q + 0,5 \gamma B N_\gamma (1 - 0,2B/L) \quad (4)$$

dengan:

$q_u$  : kapasitas dukung ultimit ( $\text{kN/m}^2$ ),

$c$  : koheksi tanah ( $\text{kN/m}^2$ ),

$D_f$  : kedalaman fondasi (m),

$\Gamma$  : berat volume tanah ( $\text{kN/m}^3$ ),

$B$  : lebar fondasi (m),

$p_o = D_f \gamma$ : tekanan *overburden* pada dasar fondasi ( $\text{kN/m}^2$ ),

$L$  : panjang fondasi (m),

$N_c$  : faktor kapasitas dukung Skempton

Faktor kapasitas dukung Skempton (1951) nilainya fungsi dari  $D_f/B$  dan bentuk fondasi (Gambar 2.3). Untuk fondasi empat persegi panjang dengan panjang  $L$  dan lebar  $B$ , kapasitas dukung dihitung dengan mengalikan  $N_c$  fondasi bujur sangkar dengan faktor:  $0,84 + 0,16 B/L$ .

### D. Metode Elemen Hingga

Metode elemen hingga merupakan salah satu metode numeric yang dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah struktural, termal, dan elektromagnetik. Metode elemen hingga yang digunakan yaitu Plaxis. Plaxis 2D adalah program elemen hingga untuk aplikasi geoteknik dimana digunakan model-model tanah untuk melakukan simulasi terhadap perilaku dari tanah. Program plaxis dan model-model tanah di dalamnya telah dikembangkan dengan seksama. Pengujian dan validasi telah banyak dilakukan, tetap tidak dapat menjamin bahwa program plaxis adalah bebas dari kesalahan [6].

**E. Penurunan**

penurunan (*settlement*) fondasi yang terletak pada tanah berbutir halus yang jenuh dapat dibagi menjadi 3 komponen, yaitu: penurunan segera (*immediate settlement*), penurunan konsolidasi primer, dan penurunan konsolidasi sekunder. Penurunan total adalah penurunan gabungan dari ketiga komponen penurunan tersebut, yang dinyatakan dalam Persamaan 5 [7].

$$S = S_i + S_c + S_s \tag{5}$$

dengan,

- $S$  : penurunan total (m),
- $S_i$  : penurunan segera (m),
- $S_c$  : penurunan konsolidasi primer (m),
- $S_s$  : penurunan konsolidasi sekunder (m).

Persamaan penurunan segera atau penurunan elastis dari fondasi yang terletak di permukaan tanah homogen, elastis, isotropis, pada media semi tak terhingga, dinyatakan oleh:

$$S_i = \frac{qB}{E} (1 - \mu^2) I_p \tag{6}$$

dengan,

- $S_i$  : penurunan-segera (m),
- $q$  : tekanan pada dasar fondasi (kN/m<sup>2</sup>),
- $B$  : lebar fondasi (m),
- $E$  : modulus elastis (kN/m<sup>2</sup>),
- $\mu$  : angka Poisson,
- $I_p$  : koefisien pengaruh.

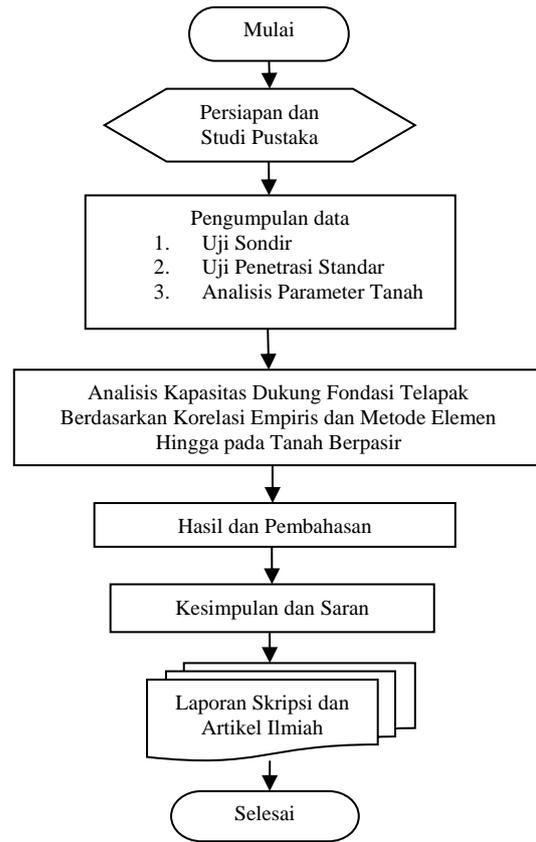
dengan,

$$I_p = (1 - \mu^2)F_1 + (1 - \mu - 2\mu^2)F_2$$

dengan  $F_1$  dan  $F_2$  adalah koefisien-koefisien yang diusulkan oleh Steinbrenner (1934).

**3. METODE PENELITIAN**

Tahapan penelitian ini dijelaskan dalam Gambar 2.



Gambar 2 Bagan Alir Penelitian

**4. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**A. Sifat Fisis dan Sifat Mekanis Tanah pada Lokasi Penelitian.**

Pada studi ini telah dilakukan pengujian tanah berupa uji sondir dan pengeboran tanah serta pengujian laboratorium. Pengujian bor dalam dilakukan dengan kedalaman 30 meter. Tanah pada lokasi penelitian dibagi menjadi empat lapisan tanah. Pembagian lapisan tanah ini secara singkat dijelaskan pada Tabel 3 dan Tabel 4

Tabel 3 Karakteristik Tanah pada Lokasi Penelitian BH.1

No	Kedalaman (m)	Jenis Tanah	Warna	Konsistensi
1	0 - 10	Lempung Berpasir	Abu-abu Muda	Sangat Lunak
2	10 - 20	Lempung	Abu-abu Muda	Lunak
3	20 - 25	Lempung Berpasir	Abu-abu Muda	Keras
4	25 - 30	Pasir Halus Berlempung	Abu-abu Muda	Keras

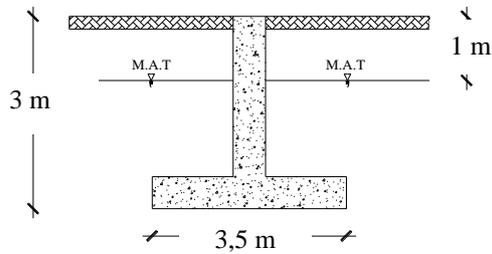
Tabel 4 Karakteristik Tanah pada Lokasi Penelitian B.H.2

No	Kedalaman (m)	Jenis Tanah	Warna	Konsistensi
1	0 - 10	Pasir Halus Berlempung	Abu-abu Muda	Sangat Lunak
2	10 - 20	Pasir Halus Berlempung	Abu-abu Muda	Lunak
3	20 - 25	Pasir Halus Berlempung	Abu-abu Muda	Keras
4	25 - 30	Pasir Halus Berlempung	Abu-abu Muda	Keras

1) Fondasi tanah lempung

Kapasitas dukung

Desain fondasi dangkal dalam lapisan tanah ditunjukkan dalam Gambar 4.1



Gambar 3 Fondasi

- Kedalaman fondasi ( $D_f$ ) : 3,5 m,
- Tinggi muka air tanah ( $D_w$ ) : 1 m,
- Berat jenis tanah ( $G_s$ ) : 2.59,
- Berat volume basah ( $\gamma_b$ ) : 15,7 kN/m<sup>3</sup>,
- Angka pori ( $e$ ) : 0.105 %,
- Kohesi tanah ( $c$ ) : 6.4 kN/m<sup>2</sup>,
- Sudut gesek ( $\phi$ ) : 32°.

Kapasitas dukung tanah menurut Terzaghi ditinjau dari keruntuhan lokal dengan  $\phi = 32^\circ$  maka, diperoleh:

$$N_c = 44,9$$

$$N_q = 29,5$$

$$N_\gamma = 27,35$$

Kapasitas dukung tanah fondasi empat persegi panjang karena  $Z < B$  nilai  $\gamma$  pada suku persamaan ke-2 digantikan dengan  $\gamma_b$  bila tanahnya basah  $\gamma$  pada suku ke-3 diganti dengan  $\gamma_{\text{r}}$

$$q_u = c \times N_c \times (1 + 0,3) + P_o \times N_q + 0,5 \times \gamma \times B \times N_\gamma \times (1 - 0,2 \times \frac{B}{L})$$

$$q_u = c \times N_c \times (1 + 0,3 \times \frac{B}{L}) + P_o \times N_q + 0,5 \times \gamma \times B \times N_\gamma \times (1 - 0,2 \times \frac{B}{L})$$

$$q_u = 6,4 \times 44,9 \times (1 + 0,3 \times \frac{3,5}{2,5}) + 27,48 \times 29,5 + 0,5 \times 15,7 \times 3,5 \times 27,35 \times (1 - 0,2 \times \frac{3,5}{2,5})$$

$$q_u = 1759,75 \text{ kN/m}^2.$$

Kapasitas dukung ultimit netto:

$$q_{un} = cN_c + p_o(N_q - 1) + 0,5\gamma BN_\gamma$$

$$q_{un} = 6,4 \times 44,9 + 27,48 (29,5 - 1) + 0,5 \times 15,7 \times 3,5 \times 27,35$$

$$q_{un} = 1821,99 \text{ kN/m}^2.$$

Kapasitas dukung aman:

$$q_s = \frac{q_{un}}{f} + D_f \times \gamma$$

$$q_s = \frac{1821,99}{3} + 3 \times 15,7$$

$$q_s = 654,43 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{ult} = \frac{q_u}{f} = \frac{1759,75}{3} = 586,58 \text{ kN/m}^2.$$

Perhitungan beban struktur secara pendekatan menurut SNI 8900:2020 panduan desain sederhana untuk bangunan beton bertulang (ACI 314R-16, MOD). Berat asumsi bangunan bertingkat, 1 m<sup>2</sup> = 1 t/m<sup>2</sup> dengan berdasarkan denah gambar bangunan Sentral Gorontalo jarak anatar kolom 5 m<sup>2</sup>. Berat total bangunan dua lantai adalah 50 t/m<sup>2</sup> = 490 kN/m<sup>2</sup>

Kapasitas dukung ijin ( $q_a$ ) adalah tekanan fondasi maksimum yang dapat dibebankan pada tanah.

$$q_a = \frac{q_{ult}}{A} = \frac{586,58}{8,75} = 67,04 \text{ kN/m}^2$$

Kontrol beban yang diijinkan

$$Q < q_a = 56,04 \text{ kN/m}^2 < 67,04 \text{ kN/m}^2 \dots \text{ok}$$

2) Penurunan

- a) Penurunan segera pada lapisan lempung berpasir
  - $S_i = 6,97 \text{ mm}$
- b) Penurunan konsolidasi
  - $S_c = 1,87 \text{ mm}$
- c) Penurunan total
  - $S_t = S_i + S_c$
  - $S_t = 6,97 \text{ mm} + 1,87 \text{ mm} = 8,84 \text{ mm}$

Penurunan yang terjadi diantara kedua jenis tanah yang berbeda ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Penurunan Fondasi dengan Jenis Tanah Berbeda

Penurunan	Lokasi bor	
	B.H.1 (mm)	B.H.2 (mm)
Penurunan Segera	6,97	1,95
Penurunan Konsolidasi Primer	1,87	0,71
Penurunan Total	8,84	2,66

3) Analisis Kapasitas Dukung Fondasi Dangkal

Analisa kapasitas dukung fondasi dangkal menggunakan metode (Terzaghi dan Peck 1948). Kapasitas dukung dengan memperhitungkan faktor efisiensi dan hasil dari Plaxis sebagai nilai perbandingan. Berdasarkan data dari Laboratorium menghasilkan hasil kapasitas dukung yang berbeda-beda. Hasil analisis kapasitas dukung fondasi dangkal ditunjukkan dalam Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Kapasitas Dukung Fondasi

Fondasi Dangkal	Kapasitas Dukung	
	Terzaghi (kN/m <sup>2</sup> )	Plaxis 2D (kN/m <sup>2</sup> )
Lempung	1.759,75	894,54
Pasir	1981,37	1.067,31

4) Analisis Penurunan Fondasi Dangkal Secara Manual

Secara umum penurunan fondasi dangkal pada jenis tanah lempung lebih kecil jika dibandingkan dengan dengan penurunan yang terjadi pada tanag berpasir. Penurunan yang terjadi ditunjukkan dalam Tabel 7.

Tabel 7 Hasil Penurunan Secara Manual

Jenis Fondasi	Beban (kN)	Penurunan Total (mm)
Fondasi Tanah Lempung	490	8,84
Fondasi Tanah Pasir	490	2,66

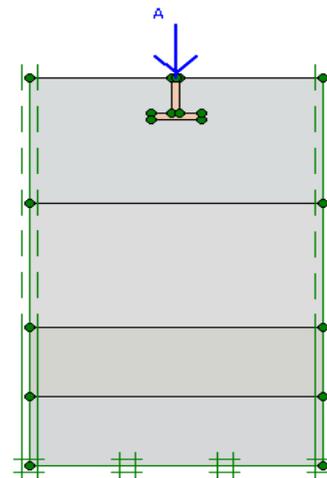
Hasil penurunan fondasi dangkal dengan perhitungan penurunan total untuk fondasi pada tanah lempung dengan beban 490 kN menghasilkan penurunan sebesar 8,84 mm, fondasi tanah pasir dengan beban yang sama 490 kN menghasilkan penurunan sebesar 2,66 mm. Hasil penurunan tersebut terdiri dari hasil penurunan segera dan penurunan total. Berdasarkan hasil analisis terdapat

perbedaan diantara kedua jenis material tanah dengan jenis fondasi dan beban yang sama.

B. Analisis Penurunan Menggunakan Plaxis 2D

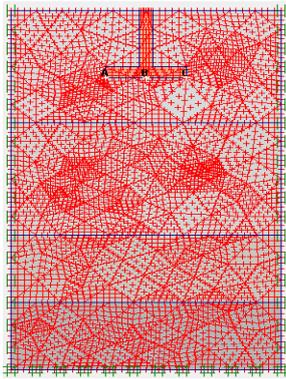
Analisis menggunakan Plaxis 2D merupakan simulasi pembebanan fondasi dangkal dengan keadaan di lapangan. Pembangunan rehabilitasi Pasar Sentral Kota Gorontalo diasumsikan dengan pemodelan fondasi dangkal dengan lebar 2,5 m dan panjang 3,5 m. Pemodelan tanah yang digunakan adalah model Mohr-Coulomb dengan analisis *axisymmetri*.

Menurut penggambaran geometri tanah untuk analisis fondasi dangkal memiliki batas minimum yaitu 5B arah sumbu X dan 8B arah sumbu Y. penggambaran geometri tanah pada Plaxis 2D *student version* dalam analisis ini dibagi menjadi empat lapisan tanah yang disesuaikan dengan hasil pengeboran di lapangan. Melakukan pemodelan dengan menggunakan software Plaxis 2D bentuk fondasi di lapangan dilakukan konversi kedalam bentuk 2 dimensi yang ditunjukkan dalam Gambar 4.



Gambar 4 Geometri Tanah

Sebelum melakukan perhitungan, terlebih dahulu dilakukan pemilihan titik kurva yang berfungsi mengetahui penurunan yang terjadi serta pembebanan yang diterapkan. Penelitian ini memiliki tiga titik tinjauan, titik A berada pada samping kiri beban fondasi di atas tanah dasar, titik B berada sejajar dengan titik A tepat pada ujung beban fondasi, dan titik C berada sejajar dengan titik A dan B pada samping kanan beban fondasi. Penampilan titik kurva ditunjukkan dalam Gambar 5.

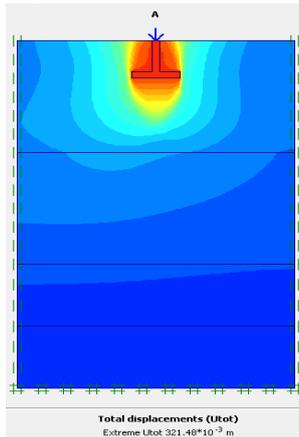


Gambar 5 Titik-titik Tinjauan

1) *Output* Hasil Perhitungan Plaxis 2D

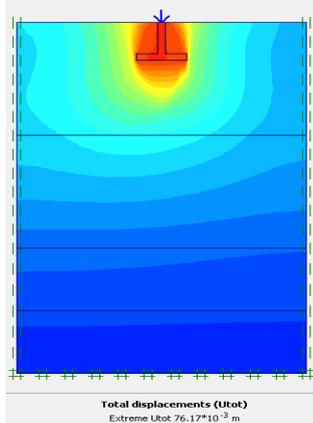
Setelah melakukan perhitungan, hasil keluaran dapat dilihat pada hasil keluaran. Jendela keluaran akan menunjukkan jaringan elemen terdeformasi pada kondisi setelah adanya pembebanan.

- a) Gambar penurunan pada tanah lempung. Seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 6.



Gambar 6 Hasil Penurunan Fondasi Dangkal pada Tanah Lempung

- b) Gambar penurunan pada tanah berpasir. Seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 7.



Gambar 7 Hasil Penurunan Fondasi Dangkal pada Tanah Pasir

Analisis penurunan pada Plaxis juga dilakukan dengan tinjauan perpindahan vertikal pada titik A,B,C. Perpindahan pada masing-masing titik tinjauan ditunjukkan pada Tabel 8 dan Tabel 9.

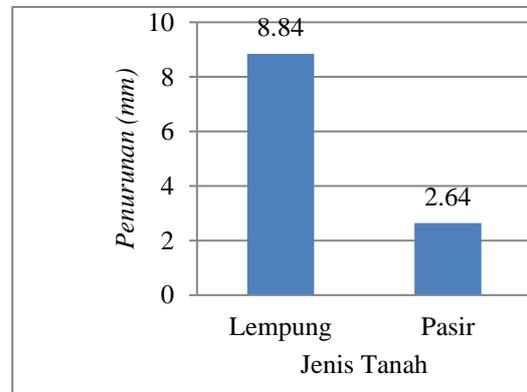
Tabel 8. Rekapitulasi Nilai Perpindahan Penurunan Fondasi Dangkal

Fondasi Dangkal	Nilai Perpindahan Titik yang Ditinjau (mm)		
	A	B	C
Fondasi dengan Beban Sendiri	0,010	0,015	0,021
Fondasi Pakai Beban	0,026	0,100	0,176

Tabel 9 Rekapitulasi Nilai Perpindahan Penurunan Fondasi Dangkal

Fondasi Dangkal	Nilai Perpindahan pada Titik yang Ditinjau (mm)		
	A	B	C
Fondasi dengan Beban Sendiri	-1,316	2,889	8,060
Fondasi Pakai Beban	0,023	0,104	0,186

Hasil analisis penurunan fondasi dangkal menggunakan plaxis 2D ditunjukkan dalam Gambar 8.



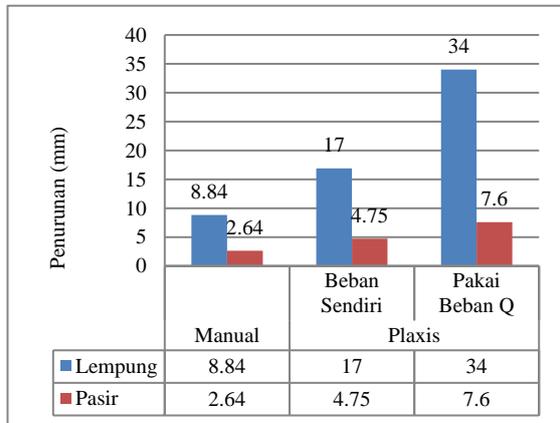
Gambar 8 Hasil Penurunan Fondasi Dangkal pada Plaxis 2D

Hasil analisis Fondasi dangkal untuk tanah lempung mengalami penurunan sebesar 42.5 mm, dan pada tanah Pasir mengalami penurunan sebesar 68 mm. Berdasarkan grafik dapat diketahui bahwa dari setian jenis tanah yang berbeda memiliki nilai penurunan sesuai jenis dan nilai kandungan yang ada pada material tanah tersebut.

2) Perbandingan Penurunan Fondasi Dangkal Secara Manual dan Plaxis 2D

Secara teori kedua metode baik perhitungan manual maupun Plaxis 2D mengalami tren yang sama dimana segala bentuk hasil yang keluar

tergantung pada jenis tanah yang diselidiki. Presentase nilai perbedaan antara hasil analisis manual dan analisis Plaxis 2D ditunjukkan dalam Gambar 9.



Gambar 9. Perbandingan penurunan Fondasi Dangkal Lempung dan Pasir cara Manual dan Plaxis 2D

Dilihat dari hasil penurunan fondasi dangkal pada gambar 9 terjadi selisih penurunan fondasi dangkal antara hitungan manual dengan menggunakan hitungan Plaxis 2D. Penurunan di tanah lempung dengan beban 490 kN terjadi selisih penurunan sebesar 25,6 mm, pada tanah pasir dengan beban yang sama 490 kN terjadi selisih penurunan sebesar 4,96 mm.

Berdasarkan hasil analisis penurunan yang terjadi pada fondasi dangkal dengan Plaxis menghasilkan penurunan yang tidak begitu jauh dibandingkan dengan penurunan pada fondasi dangkal manual, hasil ini disebabkan pada analisis Plaxis untuk penggambaran geometri memerlukan pendekatan dengan cara mengubah luasan pondasi sebenarnya menjadi bentuk lingkaran atau *axisymmetry*.

Analisis Penurunan pada fondasi dangkal terjadi perbedaan letak penurunan antara kedua metode yang digunakan. Pada Plaxis mengalami perpindahan besar yang terjadi disekitaran pusat beban sedangkan untuk perhitungan manual penurunan berada di bawah 2/3B disebabkan penurunan yang terjadi di sepanjang 2/3 dari permukaan tanah sangat kecil dan bisa diabaikan. Plaxis menggunakan data parameter tanah  $E$  dan  $\mu$  dengan parameter ini menyebabkan perilaku regangan dan deformasi pada tanah disaat beban pertama kali diterapkan sehingga penurunan terbesar terjadi dibawah pusat beban sedangkan untuk hitungan manual tidak menggunakan kedua parameter tersebut baik dalam penurunan segera maupun penurunan total.

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil kapasitas dukung dan penurunan fondasi dangkal pada tanah pasir dan lempung, dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Hasil analisis kapasitas dukung dengan jenis tanah yang berbeda menggunakan metode Tezaghi dan Peck (1948) disimpulkan.
  - Berdasarkan hasil analisis kapasitas dukung fondasi dangkal tanah lempung memiliki kapasitas dukung 1475,74 kN
  - Berdasarkan hasil analisis kapasitas dukung fondasi dangkal tanah pasir meliki kapasitas dukung 1956,6 kN
- Hasil penurunan yang terjadi berdasarkan hitungan manual dan Plaxis 2D dapat disimpulkan sebagai berikut:
  - Berdasarkan pada hasil penurunan fondasi dangkal terjadi selisih antara hitungan manual dan Plaxis 2D. Pada tanah lempung pada hitungan manual mengalami penurunan sebesar 7,35 mm dengan selisih pada Plaxis sebesar 339,65 mm dalam hal ini nilai penurunan dengan metode elemen hingga memiliki nilai penurunan sebesar 347 mm.
  - Berdasarkan pada hasil penurunan fondasi dangkal terjadi selisih antara hitungan manual dan Plaxis 2D. Pada tanah pasir pada hitungan manual mengalami penurunan sebesar 9,15 mm dengan selisih pada Plaxis sebesar 47,88 mm dalam hal ini nilai penurunan dengan metode elemen hingga memiliki nilai penurunan sebesar 57,03 mm.
  - Berdasarkan hasil analisis B.H.1 dan B.H.2 memiliki hasil yang memenuhidengan bentuk dimensi fondasi yang sama dengan jenis tanah berbeda.
- Berdasarkan hasil analisis penelitian yang telah dilakukan pada titik lokasi B.H.2 dapat disimpulkan dapat menggunakan dimensi fondasi yang lebih kecil dengan dimensi (2.5 m x 2 m) desain ini merupakan desain yang lebih ekonomis dibandingkan dengan dimensi sebelumnya.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- H. D. Wahyudi dan T. C. Upomo, "Kapasitas Dukung Fondasi Telapak pada Tanah Lempung yang Distabilisasi dengan Campuran Pasir dan Abu Sekam Padi," Vol.8, pp. 26-32, November 2018.
- F. Fahrani dan Y. Apriyanti, "Analisis Daya Dukung Tanah dan Penurunan Fondasi pada Daerah Pesisir Pantai Utara Kabupaten Bangka," *Jurnal Fropil*, Vol.3, pp. 89-96, Desember 2015.

- [3] H. C. Hardiyatmo, Analisis & Perancangan Fondasi, 3 ed., Yogyakarta, 2014.
- [4] F. Achmad, "Analisis Kapasitas Dukung Tanah Sebagai Informasi Awal Bagi Pembangunan Gedung di Kecamatan Kota Timur," *semanTECH (2019)*, 2019.
- [5] H. C. Hardiyatmo, Analisis dan Perancangan Fondasi II, 3 ed., Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, 2015.
- [6] F. Azizi, Applied Analyses in Geotechnics, London and New York: E & FN Spon is an inprint of the Taylor & Francis Group, 2000.
- [7] H. C. Hardiyatmo, Mekanika Tanah II, 6 ed., Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, 2012.
- [8] F. Azizi, Applied Analyses In Geotechnics, London and New York: E & FN Spon, 2000.