

## PENGARUH KETEBALAN PONDASI TELAPAK TERHADAP DAYA DUKUNG DAN VOLUME RETAK PADA TANAH LEMPUNG BERPASIR

Satriani

Program Studi Teknik Sipil, Politeknik Kotabaru

satriani\_ktb@yahoo.co.id

### ABSTRACT

*This study discusses the behavior of the foundation structure on thickening on the foundation (using drop panels), by providing additional footing thickness variation ( $a$ ) to the effective height ( $d$ ), with finite element method with the help of ANSYS program to determine the foundation shear behavior when a collapse occurs. From the test results obtained that the addition of thick foundation can reduce crack volume. The  $a/d = 0.5$  ratio can reduce the crack volume from 73.56% to 8.53% of the total volume of the foundation. Extra thick footing is not efficiently applied soft soil for ultimate load decreased with the addition of a thick footing.*

**Keywords:** *thick of footing, Crack, Ultimit Load, Sandy Clay Soil*

### ABSTRAK

Penelitian ini membahas perilaku struktur pondasi terhadap penebalan pada pondasi, yaitu dengan memberikan variasi tebal pelat tambahan ( $a$ ) terhadap tinggi efektif ( $d$ ) dengan metode elemen hingga dengan bantuan program ANSYS untuk mengetahui perilaku geser pons pondasi saat terjadi keruntuhan. Dari hasil pengujian diperoleh bahwa penambahan tebal pondasi dapat mengurangi volume retak. Rasio  $a/d = 0,5$  dapat mereduksi volume retak dari 73,56% menjadi 8,53% dari total volume pondasi. Penambahan tebal pondasi tidak efisien dilakukan pada tanah lunak karena beban ultimit menurun seiring dengan penambahan tebal pondasi.

**Kata Kunci:** Ketebalan Pondasi, Retak, Beban Ultimit, Tanah Lempung Berpasir

### PENDAHULUAN

Tanah harus mampu memikul beban dari setiap konstruksi yang terletak di atasnya tanpa kegagalan geser dan dengan penurunan masih dalam batas yang diperbolehkan. Beberapa kegagalan konstruksi yang disebabkan oleh pondasi adalah kerusakan pada dinding berupa retak atau miring, lantai pecah, retak atau bergelombang, dan penurunan atap atau bagian bangunan yang lain.

Keruntuhan geser pada struktur pondasi disebabkan oleh gaya geser satu arah dan gaya geser pons (punching shear), kolom cenderung untuk mendorong melubangi pelat telapak pondasi yang mengakibatkan timbulnya tegangan di sekeliling kolom dengan jarak kurang lebih setengah tinggi efektif (Dipohusodo, 1994).

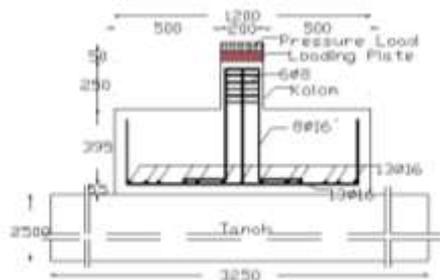
Penelitian terhadap pola keruntuhan pondasi akibat geser pons pernah dilakukan oleh Hallgren dkk. (1998), di mana mutu beton berpengaruh signifikan terhadap beban ultimit dibanding tulangan lentur, tipe kait tulangan, tipe tulangan geser, tipe

beban, dan bentuk pondasi. Menurut Hegger dkk. (2009) dalam meningkatkan beban ultimit, penambahan lebar pondasi sebesar 0,25 dari tinggi efektif pondasi lebih efektif dari pada peningkatan mutu beton. Selain itu, adanya interaksi antara tanah terhadap pondasi memiliki pengaruh yang signifikan terhadap pola retak yang terjadi. Satriani (2016), melakukan penelitian dengan memodifikasi jenis tanah yang berinteraksi terhadap struktur pondasi, yaitu pasir padat, pasir halus, lempung padat dan lempung berpasir, di mana lempung berpasir dikategorikan sebagai tanah dengan kepadatan memiliki beban ultimit terkecil. Selain itu, menurut Dipohusodo (1994) tekanan pons dapat ditanggulangi dengan cara penebalan ujung kolom berupa drop panel atau memperbesar ukuran ujung kolom (*column capital*). Oleh karena itu, dalam penelitian ini juga akan dilakukan penebalan pada pondasi (menggunakan drop panel), yaitu dengan memberikan variasi tebal pelat tambahan ( $a$ ) terhadap tinggi efektif ( $d$ ) agar dapat dianalisis perilaku beton dan tanah yang terjadi.

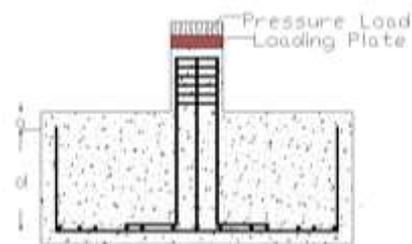
Penelitian ini nantinya akan dilakukan dengan menggunakan analisis 3D Metode Elemen Hingga dengan bantuan program ANSYS karena pengujian secara langsung memerlukan biaya yang mahal serta waktu yang lama.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan model seperti pada Gambar 1 berikut.



**Gambar 1.** Model Validasi



**Gambar 2.** Model Variasi Tebal Pondasi

Model ini dibuat dan di analisis dengan menggunakan program ANSYS versi 9.0 kemudian di validasi terhadap grafik penurunan terhadap beban hasil eksperimental Hegger dkk. (2009) tersebut. Untuk permodelan tanah, penulis menggunakan parameter tanah menurut Jankovski dan Skarzauskas (2010), yaitu lempung berpasir dengan  $c = 31$  kPa,  $\phi = 24^\circ$ ,  $\Psi = 0^\circ$ ,  $E_s = 17$  MPa dan  $\nu = 0,33$ .

Setelah pondasi tervalidasi, selanjutnya dilakukan variasi tebal pondasi (dengan rasio  $a/d$  adalah 0,25 ; 0,50 dan 1,00) seperti pada Gambar 2 untuk mengetahui volume retak dan kemampuan pondasi dalam menerima beban ultimit dengan menggunakan 3D *Finite Element Analysis* (3D FEA). Hasil dari 3D FEA ini dapat diketahui penurunan, tegangan dan pola retak yang terjadi setelah pembebanan hingga mencapai beban ultimit. Detail model variasi dapat di lihat pada Tabel 1.

Program ANSYS digunakan untuk analisis masalah nonlinear statis dan dinamis. Untuk memecahkan masalah nonlinier, ANSYS menggunakan Metode Newton-Raphson, di mana total beban dibagi menjadi serangkaian kenaikan beban, sampai

konvergensi akhir solusi. Untuk pemodelan numerik dari fondasi yang diletakkan pada tanah dasar, perilaku nonlinier tanah, tulangan dan beton, serta retak beton pada penegangan, dan crushing pada saat penekanan.

**Tabel 1.** *Material Properties Model Variasi*

No	Model Variasi	Tinggi Efektif Pondasi	Lebar pondasi	Tinggi penebalan pondasi	Rasio $a/d$
		$d$ (mm)	$b$ (mm)	$a$ (mm)	
1	STR-LB.0.0	395	1200	0,00	0,00
2	STR-LB.0.1	395	1200	98,75	0,25
3	STR-LB.0.2	395	1200	197,50	0,50
4	STR-LB.0.3	395	1200	395,00	1,00

### **Material model untuk beton**

ANSYS mengusulkan permodelan material beton menggunakan SOLID65 karena dapat diketahui retak pada saat penegangan dan perilaku plastis beton serta retak halus dan crushing pada saat penekanan. Parameter beton yang harus dimasukkan pada element type SOLID65 adalah:

- 1) Modulus elastisitas beton ( $E_c$ )
- 2) Poisson rasio beton ( $\nu$ )
- 3) Kuat tekan beton ( $f_c'$ )
- 4) Kuat retak uniaksial beton
- 5) Tegangan-regangan beton
- 6) *Shear transfer coefficient*, Faktor ini berkisar dari 0 sampai 1, dengan angka nol mewakili dari retak halus (yaitu kehilangan total dari transfer geser) dan satu mewakili retak kasar (yaitu tidak ada kehilangan dari transfer geser).

### **Material model untuk tulangan**

Model baja tulangan menggunakan *element type LINK8*, Elemen didefinisikan dengan dua titik dan *material properties* yang digunakan adalah *isotropic*. Elemen ini tidak memperhitungkan kekakuan tegangan. Kemampuan elemen ini diantaranya plastisitas, rangkai, tekuk, tegangan dan defleksi. Parameter tulangan yang harus dimasukkan adalah:

- 1) Modulus elastisitas baja
- 2) Poisson rasio baja
- 3) Tegangan leleh baja

### **Material model untuk tanah**

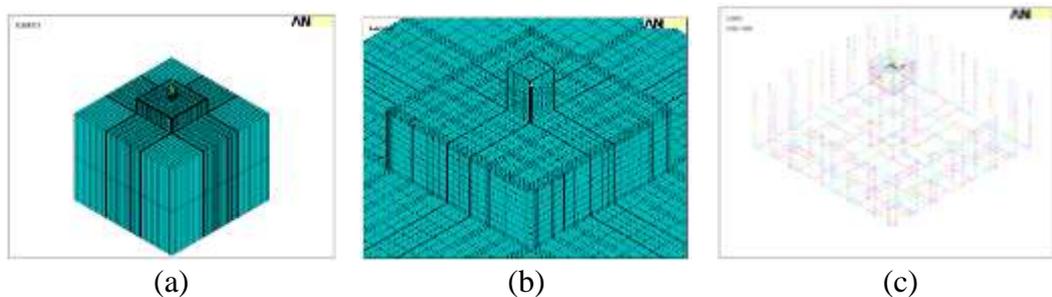
Model tanah dimodelkan dengan *element type SOLID65*. Parameter tanah yang dimasukkan *linear isotropis* adalah modulus elastisitas tanah dan *poisson ratio* serta *drucker pragger element* adalah nilai kohesi, nilai sudut gesek dalam dan *flow angle*.

**Material model untuk loading plate**

Model *loading plate* dimodelkan dengan *element type* SOLID45. Elemen memiliki kemampuan untuk plastisitas, rangkai, tekuk, kekakuan tegangan, defleksi dan regangan. Data untuk material model *loading plate* menggunakan *linear isotropic* dengan memasukkan data modulus elastisitas dan *poisson rasio*.

**Material model untuk contact element**

Kontak elemen antara tanah dan beton menggunakan *element type* TARGE170 dan CONTA173. Koefisien gesek yang digunakan adalah 0,45. Semua parameter yang diperlukan sesuai dengan material model di atas dapat di lihat pada Tabel 2. Model elemen hingga dan *mesh* dapat di lihat pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Model Elemen Hingga dan *Mesh* (a) Tanah, Pondasi, Kolom ; (b) Pondasi dan Kolom ; (c) Tulangan Pondasi dan Kolom

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

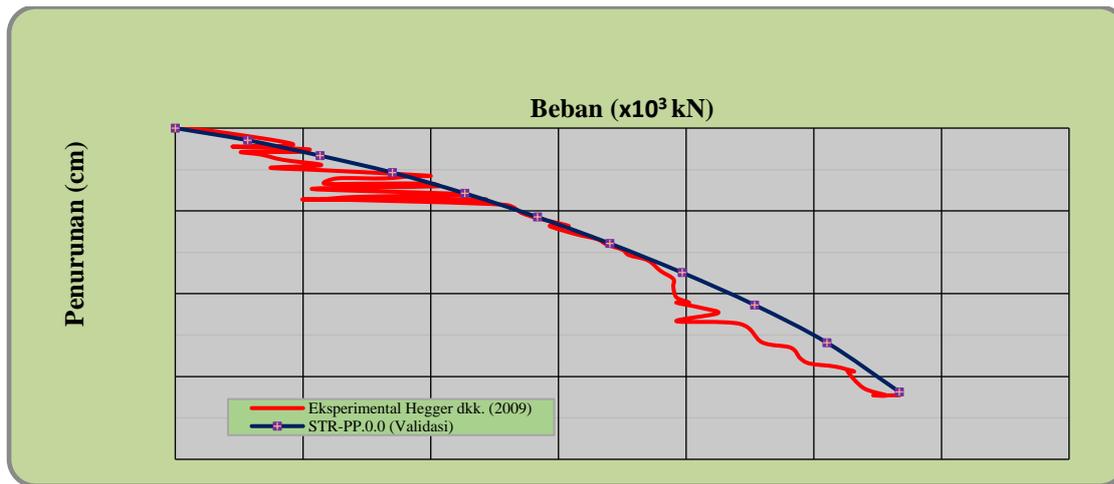
**Hasil Validasi FEA, Eksperimental dan Manual**

Dari analisis dengan metode elemen hingga untuk model validasi (STR-PP.0.0) diperoleh hasil pada kondisi ultimit  $P_u = 2.836$  kN dengan  $S_u = 1,593$  cm dan pada kondisi elastis  $P_e = 1.134,4$  kN dengan  $S_e = 0,394$  cm. Perbandingan hasil FEA, eksperimental dan manual disajikan dalam Tabel 3.

**Tabel 3.** Perbandingan Hasil FEA dengan Eksperimental dan Perhitungan Manual

Parameter	FEA	Eksperimental		Perhitungan Manual	
		Hasil	$\Delta$ (%)	Hasil	$\Delta$ (%)
$P_e$	1.134,400	1.130,400	0,350	1.184,950	4,270
$P_u$	2.836,000	2.836,000	0,000		
$S_e$	0,394	0,399	0,457	0,403	1,328
$S_u$	1,593	1,613	1,260		

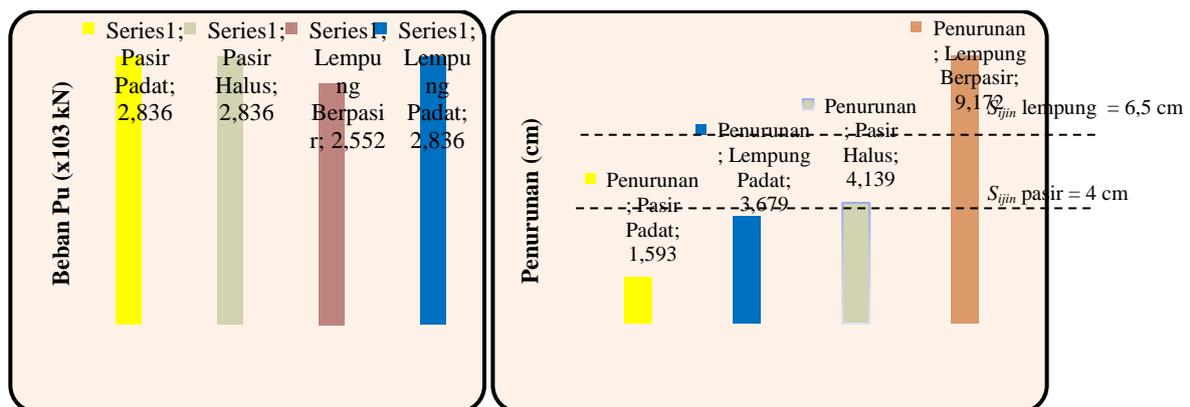
Berdasarkan Tabel 3, selisih nilai  $S$  antara FEA dengan eksperimental Hegger dkk. (2009), dan FEA dengan perhitungan manual untuk pondasi validasi relatif kecil sehingga dapat dikatakan bahwa model pondasi STR-PP.0.0 telah tervalidasi berdasar parameter penurunan maksimal. Perbandingan beban dan penurunan antara hasil FEA dengan eksperimental dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik Perbandingan P - S antara FEA dan Eksperimental

**Hasil Penelitian Terdahulu**

Menurut penelitian Satriani (2016), diketahui bahwa pada jenis tanah pasir padat, pasir halus dan lempung padat, beban maksimum yang mampu dipikul oleh pondasi adalah 2.836 kN, namun pada jenis tanah lempung berpasir beban maksimumnya adalah 2552,4 kN, hal ini karena daya dukung jenis tanah lempung berpasir lebih rendah dari variasi tanah lainnya. Grafik perbandingan penurunan yang terjadi pada saat beban ultimit dapat di lihat pada Gambar 5 berikut.



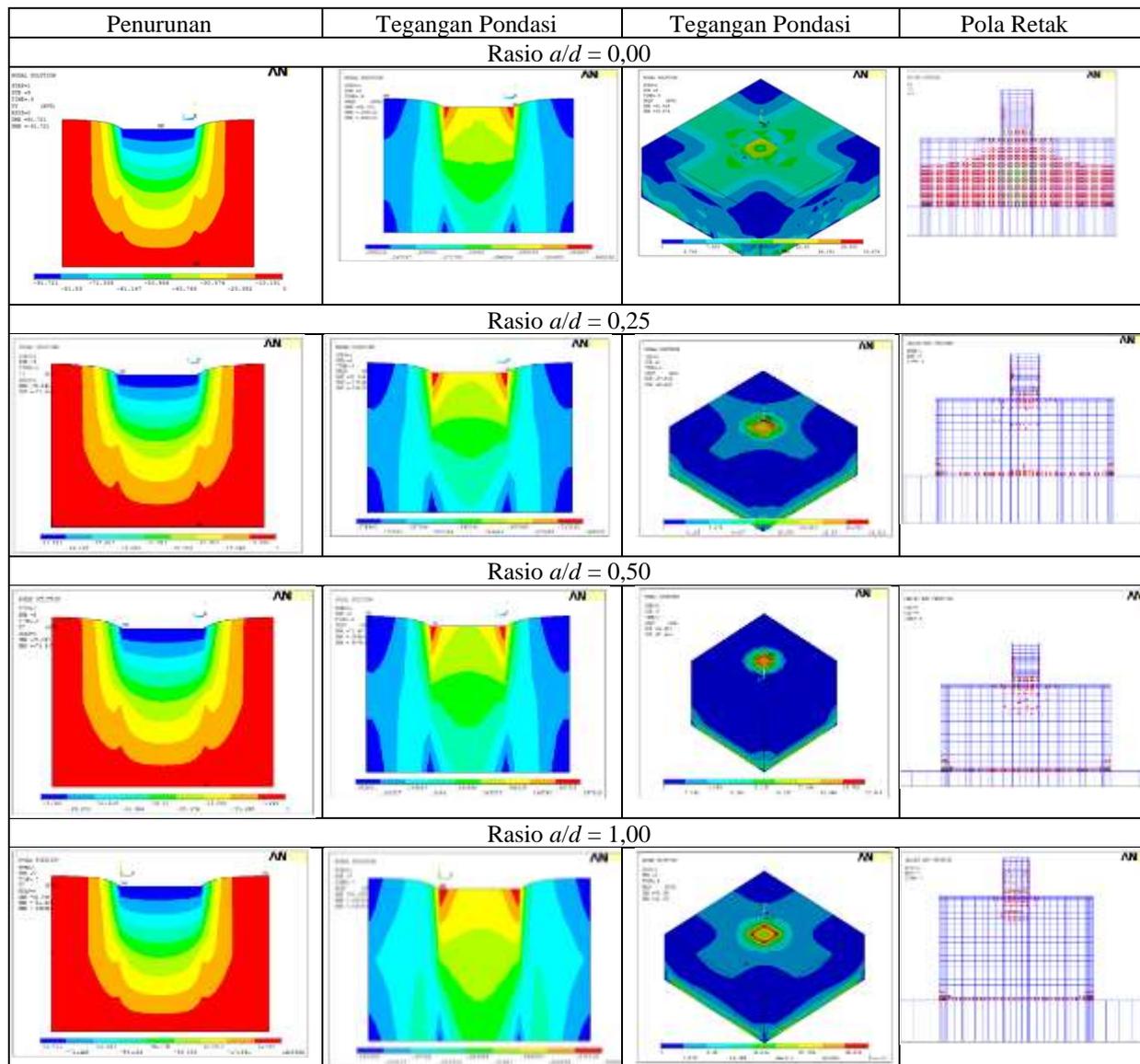
Gambar 5. Perbandingan Beban dan Penurunan Maksimal antar Model Variasi Tanah

**Hasil FEA dengan variasi tebal pondasi**

Pada pengujian sebelumnya, pondasi model STR-LB.0.0 (lempung berpasir) hanya mampu memikul beban 2552,4 kN dengan penurunan terbesar dari model lainnya. Oleh karena itu, model ini akan diuji lagi dengan menambah tebal pondasi. Oleh karena itu, model STR-LB.0.0 ini akan diuji lagi dengan menambah tebal pondasi untuk mengetahui perilaku pada pondasi dan tanah yang terjadi. Parameter tanah dan kolom serta tulangan menggunakan parameter model STR-LB.0.0, dalam variasi ini yang berbeda adalah tebal pondasi.

Penambahan tebal pondasi tidak memberikan pengaruh yang signifikan dalam penurunan dan tegangan tanah. Sebaliknya terhadap tegangan pondasi dan volume retak, memberikan pengaruh yang signifikan seperti terlihat pada Tabel 4 dan Gambar 6 - 7.

**Tabel 4.** Perbandingan Pola Perilaku Tanah dan Pondasi dengan Variasi Tebal Pondasi pada Tanah Lempung Berpasir



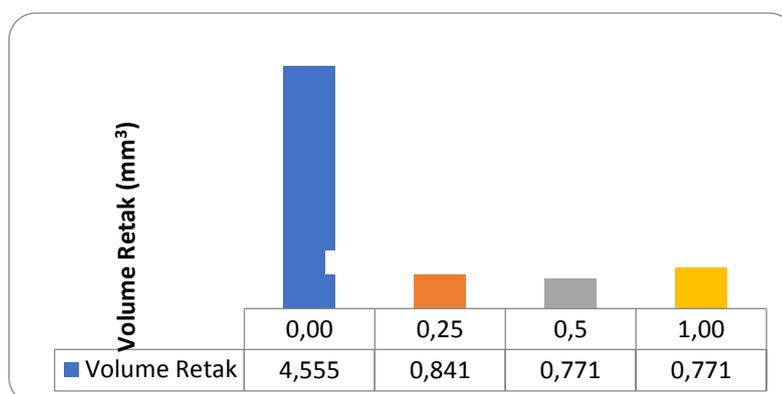
Dari beberapa variasi tebal pondasi yang diuji tersebut, menunjukkan pengurangan pola retak yang signifikan dengan penambahan tebal pondasi. Namun, untuk perilaku penurunan tanah dan tegangan tanah yang terjadi tidak signifikan perbedaannya.

Penambahan tebal pondasi pada tanah lempung berpasir tidak efisien, karena beban ultimit menurun seiring dengan penambahan tebal pondasi. Persentase perbedaan pola retak yang terjadi dapat dilihat pada tabel 5 berikut.

**Tabel 5.** Volume Retak Pondasi dengan Variasi Tebal Pondasi

Model	Rasio c/d	Beban <i>P</i> (kN)	Volume Retakan (mm <sup>3</sup> )	Volume Beton Pondasi (mm <sup>3</sup> )	Prosentase Retak (%)
STR-LB.0.0	0,00	2552,4	4,555 x 10 <sup>8</sup>	6,1920 x10 <sup>8</sup>	73,56
STR-LB.0.1	0,25	2268,8	0,841 x 10 <sup>8</sup>	7,6140 x10 <sup>8</sup>	10,45
STR-LB.0.2	0,50	2268,8	0,771 x 10 <sup>8</sup>	9,0360 x10 <sup>8</sup>	8,53
STR-LB.0.3	1,00	1985,2	0,771 x 10 <sup>8</sup>	11,880 x10 <sup>8</sup>	6,49

Besarnya volume retak pondasi yang terjadi dalam Tabel 5 dapat ditampilkan dalam diagram pada Gambar 6 berikut.



**Gambar 6.** Grafik Volume Retak Pondasi dengan Variasi Tebal Pondasi

Penambahan tebal pondasi dapat mengurangi volume retak. Penambahan tebal pondasi pada jenis tanah lempung berpasir tidak efisien dilakukan pada jenis tanah lempung berpasir karena beban ultimit menurun seiring dengan penambahan tebal pondasi. Rasio c/d = 0,5 dapat mereduksi volume retak dari 73,56% menjadi 8,53% dari total volume pondasi. Namun, pada tanah keras beban ultimit bertambah seiring dengan penambahan tebal pondasi.

## KESIMPULAN

Berdasarkan analisis model 3D FEM diperoleh perilaku interaksi antara tanah dan struktur pondasi adalah beban ultimit yang mampu diterima oleh pondasi berkurang seiring dengan rendahnya daya dukung tanah. Peningkatan kuat tekan beton pada jenis tanah lunak (lempung berpasir) mampu mengurangi volume retak pada pondasi, tetapi beban ultimit tidak mengalami perubahan yang signifikan. Penambahan tebal pondasi dapat mengurangi volume retak ultimit. Pada tanah lunak penambahan tebal pondasi tidak efisien dilakukan karena beban ultimit menurun seiring dengan penambahan tebal pondasi. Namun, pada tanah keras

beban ultimit bertambah seiring dengan penambahan tebal pondasi. Jarak antar pondasi minimum selebar pondasi dari tepi pondasi.

Beberapa hal yang mungkin berpengaruh tetapi tidak termasuk dalam pembahasan penelitian ini kiranya patut untuk dipelajari selanjutnya. Oleh karena itu, disarankan hal-hal pengembangan model dalam variasi penambahan lebar pondasi pada jenis tanah yang berbeda-beda. Pengembangan model dengan menggunakan column capital. Pada jenis tanah pasir padat dan lempung padat, dapat dilakukan penambahan lebar kotak tanah uji agar diketahui lebar tegangan tanah.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Bondy, K. (2010). The Use of Drop Cap to Reduce Flexural Reinforcement in Two Way Tensional Slabs. PTI .
- Dipohusodo, I. (1994). Struktur Beton bertulang berdasarkan SK SNI T-1991-03. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Hallgren, M., Kinnunen, S., & Nylander, B. (1998). Punching Shear Tests on Column Footings.
- Hegger, J., Ricker, M., & Sherif, A. G. (2009). Punching Strength of Reinforced Concrete Footings. ACI Structural Journal .
- SNI. (2002). Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-2847-2002“Tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung “. Surabaya: itspress.
- Satriani. (2016). Pengaruh Interaksi Tanah dan Struktur Pondasi Telapak Setempat Beton Mutu Normal dengan Metode Elemen Hingga 3D. Jurnal Media Sains Volume 10 No. 01 April 2017.