

**PENAMBAHAN LAPISAN PASIR PADAT
SEBAGAI SOLUSI MASALAH PENURUNAN FONDASI
DI ATAS LAPISAN LEMPUNG LUNAK : SUATU STUDI MODEL**

Teguh Widodo¹⁾, Heri Suprayitno²⁾

¹Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Janabadra
Jl. Tentara Rakyat Mataram No. 57 Yogyakarta 55231, Telp./Fax. (0274 543676)
E-Mail : elingmuhammad@yahoo.com

²Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Janabadra
Jl. Tentara Rakyat Mataram No. 57 Yogyakarta 55231, Telp./Fax. (0274 543676)
E-Mail : herisuprayitno@yahoo.com

ABSTRACT

Settlement and bearing capacity is a problem in the construction of foundation on soft clay layer. The addition of a dense sand layer under the foundation is able to reduce magnitude of the settlement and improve bearing capacity on soft soil. This study aims to determine the effect of the thickness of the sand layer under the foundation against the type of soil shear failure and load-settlement curves. Static loading is done on the 6 x 6 cm² and 9 x 9 cm² foundation model. The thickness of the sand layer is 0, 1/6 B, 1/3 and 1/2 B.

The results showed the addition of B 1/2 thick layer of sand under the foundation increase soil bearing capacity 221% for the foundation model 6 x 6 cm² and 120% for the foundation model 9 x 9 cm². General shear failure occurs in the thickness of the sand layer 1/2 the addition of B.

Key word: *load-settlement curves, shear failure and model soil bearing capacity.*

PENDAHULUAN

Pondasi merupakan bagian dari struktur yang berfungsi meneruskan beban akibat berat struktur secara langsung ke tanah. Tanah harus mampu memikul beban dari setiap konstruksi teknik yang diletakkan pada tanah tanpa terjadi kegagalan geser dan penurunan yang besar.

Perencanaan pondasi dikatakan baik apabila: 1) tegangan tanah pada dasar fondasi tidak melebihi kapasitas daya dukung tanah dan 2) penurunan yang terjadi kecil sehingga tidak menimbulkan kerusakan pada struktur atas. Apabila beban yang diteruskan oleh pondasi melebihi kapasitas daya dukung tanah, maka tanah akan mengalami keruntuhan. Penurunan yang besar dan tidak merata akan menyebabkan sebagian fondasi seolah-olah menggantung sehingga menimbulkan beban tambahan pada struktur atas yang mengakibatkan kerusakan pada struktur bangunan atas.

Bila tanah mengalami pembebanan, maka tanah di bawah fondasi akan mengalami tekanan geser (*shear stresses*) yang nilainya tergantung pada besarnya beban dan ukuran fondasi. Apabila tekanan geser tanah di bawah dasar fondasi melebihi kuat geser (*shear strength*) tanah maka tanah akan mengalami keruntuhan geser (Coduto, 1994).

Menurut Vesic dalam Coduto (1994) ada tiga macam tipe keruntuhan geser yaitu:

- a. *General shear failure*

General shear failure terjadi pada tanah padat (*incompressible*), memiliki nilai kuat geser tinggi, atau pada tanah lempung terkonsolidasi normal (*normally consolidated*) jenuh yang dibebani pada kondisi tak terdrainasi. Pada keruntuhan geser umum pola kehancuran dimulai dari satu ujung pondasi sampai ke permukaan tanah, penurunan yang terjadi kecil, dan keruntuhan terjadi secara tiba-tiba (gambar 1.a).

b. *Punching shear failure*

Punching shear failure terjadi pada tanah pasir lepas (*lose sand*) dan tanah lempung lunak yang dibeban secara perlahan-lahan atau pada kondisi terdrainasi. Pada keruntuhan geser *punching* keruntuhan terjadi secara perlahan-lahan disertai dengan penurunan yang besar (gambar 1.c).

c. *Local shear failure*

Local shear failure adalah kasus keruntuhan geser yang berada diantara kedua kondisi keruntuhan di atas. Keruntuhan yang terjadi cukup jelas dan didahului oleh penurunan yang cukup besar (Gambar 1.b).

Secara umum *general shear failure* adalah kondisi yang paling menguntungkan karena untuk suatu nilai penurunan yang sama beban yang mampu dipikul lebih besar. Uraian di atas menjelaskan bahwa fondasi yang terletak di atas lapisan tanah lunak akan mengalami *punching shear failure*. Kondisi ini tidak menguntungkan karena pada kasus di mana penurunan yang terjadi besar maka daya dukung tanah ultimit ditentukan berdasarkan beban yang mampu dipikul pada nilai penurunan 10 % lebar fondasi (Terzaghi dan Peck, 1948).

Untuk menghindari penurunan yang besar pada fondasi dangkal di atas tanah lunak, maka beberapa insinyur mengusulkan pergantian lapisan tanah lunak di bawah fondasi dengan tanah padat (*compacted fill*) (Gambar 2). Tanah padat harus cukup tebal sedemikian sehingga garis kontur tambahan tegangan akibat beban, $\sigma_v'/q' = 0,1$ seluruhnya berada pada tanah padat. Metode ini banyak digunakan terutama untuk bangunan ringan.

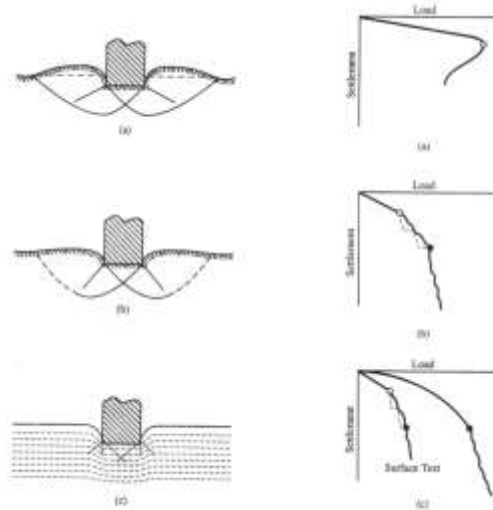
Untuk fondasi bujur sangkar garis kontur tambahan tegangan akibat beban, $\sigma_v'/q' = 0,1$ berkembang sampai kedalaman 2,2 kali lebar fondasi (Wastergard dalam Coduto, 1994) atau 6 kali lebar fondasi (Bousinesq dalam Hardiyatmo, 1994). Metode Wastergard dan Bousinesq

menganggap bahwa lapisan tanah homogen dan memiliki kedalaman tak terhingga. Pada kondisi lapisan tanah padat berada di atas lapisan tanah lunak maka nilai σ_v'/q' menjadi lebih kecil. Perbandingan nilai untuk tanah kondisi lapisan tanah padat berada di atas lapisan tanah lunak menggunakan metode Poulos dan Davis (1974) dengan metode Bousinesq dapat dilihat pada Gambar 4. Gambar 4 juga menunjukkan bahwa lapisan tanah padat tebal setengah lebar fondasi akan mengurangi tekanan yang harus dipikul oleh lapisan tanah lunak sebesar 75 %.

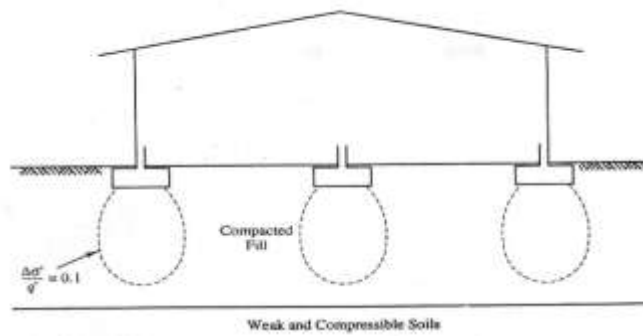
Studi model fondasi yang dilakukan oleh Tjanrawibawa, dkk (2000) menunjukkan bahwa penambahan lapisan pasir tebal 3 cm (0,6 kali lebar fondasi) di atas lapisan tanah lunak akan meningkatkan daya dukung fondasi (ukuran $5 \times 5 \text{ cm}^2$) sebesar 12 %. Namun demikian tidak dijelaskan berapa kepadatan relatif lapisan pasir tersebut dan studi pengaruh ketebalan lapisan tidak dilakukan karena penambahan lapisan pasir ini hanya digunakan sebagai pembanding metode peningkatan daya dukung tanah dengan cerucuk.

Dari uraian di atas maka dapat dikemukakan beberapa permasalahan yaitu: 1) bagaimana pengaruh ketebalan lapisan pasir padat di atas lapisan lempung lunak terhadap tipe keruntuhan geser tanah dan kurva beban-penurunan fondasi, dan 2) berapa rasio ketebalan lapisan pasir padat terhadap lebar fondasi yang optimal yaitu: menghasilkan pengurangan nilai penurunan dan peningkatan daya dukung tanah tetapi ekonomis.

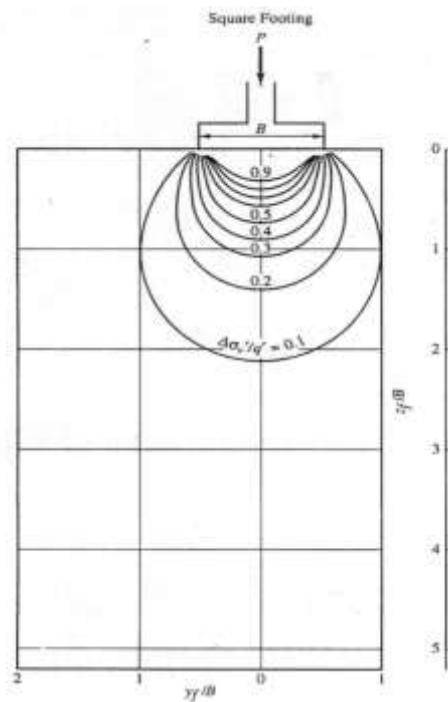
Pada penelitian ini model fondasi bujur sangkar berukuran $6 \times 6 \text{ cm}^2$ dan $9 \text{ cm} \times 9 \text{ cm}^2$ tebal 0,8 cm dibebani sampai tanah lunak dibawah dasar model fondasi mengalami keruntuhan. Lapisan pasir padat dengan kepadatan relatif, $D_r = 90\%$ diletakkan di bawah dasar fondasi.



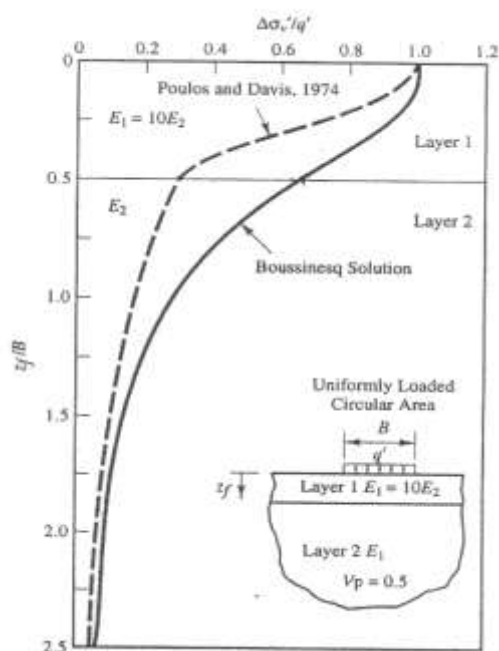
Gambar.1. Tipe keruntuhan geseran kurva beban-penurunan (Vesic dalam Coduto, 1994)



Gambar 2. Pergantian lapisan tanah lunak dengan tanah padat



Gambar 3. Kontur tambahan tegangan akibat beban (Wastergard dalam Coduto, 1994).



Gambar 4. Kontur tambahan tegangan pada tanah berlapis (Poulos dan Davis,1974).

METODE PENELITIAN

Alat Penelitian

Alat penelitian merupakan model fondasi yang dibebani oleh beban statis (Gambar 5) yang terdiri dari:

- a. Model fondasi, terbuat dari plat besi bujur sangkar berukuran 6 x 6 cm² dan 9cm x 9cm² tebal 0,8 cm.
- b. Kelereng, dipasang ditengah-tengah fondasi berfungsi menghidarkan adanya beban moment.
- c. Beban, berupa plat besi yang dilubangi bagian tengahnya. untuk menjamin beban sentris antara beban dan model fondasi dipasang rod yang "dipegang" oleh frame besi kaku.
- d. Dial penurunan.
- e. Frame besi kaku.

Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan meliputi pengujian laboratorium terhadap tanah lunak dan pasir untuk mengetahui karakteristik fisis berikut:

- 1) Pengujian batas-batas Atterberg
- 2) Kadar air
- 3) Berat volume
- 4) *Specific gravity*
- 5) Distribusi ukuran butir

Penelitian Utama

Pelaksanaan penelitian utama dilakukan dengan membebani model fondasi bujur sangkar berukuran 6 x 6 cm² dan 9cm x 9cm² tebal 0,8 cm yang diletakkan ditengah-tengah lapisan tanah lunak. Tanah lunak dari kondisi asal diaduk (menggunakan *mixer*) terlebih dahulu sebelum dimasukkan ke dalam wadah berukuran 90 x 90 x 100 cm³ (Gambar 2). Untuk menjamin homogenitas tanah dilakukan pra pembebanan (*preloading*) selama 3 x 24 jam menggunakan beban merata 1 ton/m². Lapisan pasir padat dengan kepadatan relatif, $D_r = 90\%$ diletakkan di bawah dasar fondasi (Gambar 2.)

Pembebanan dilakukan pada model fondasi dengan variasi ketebalan lapisan pasir padat sebagai berikut:

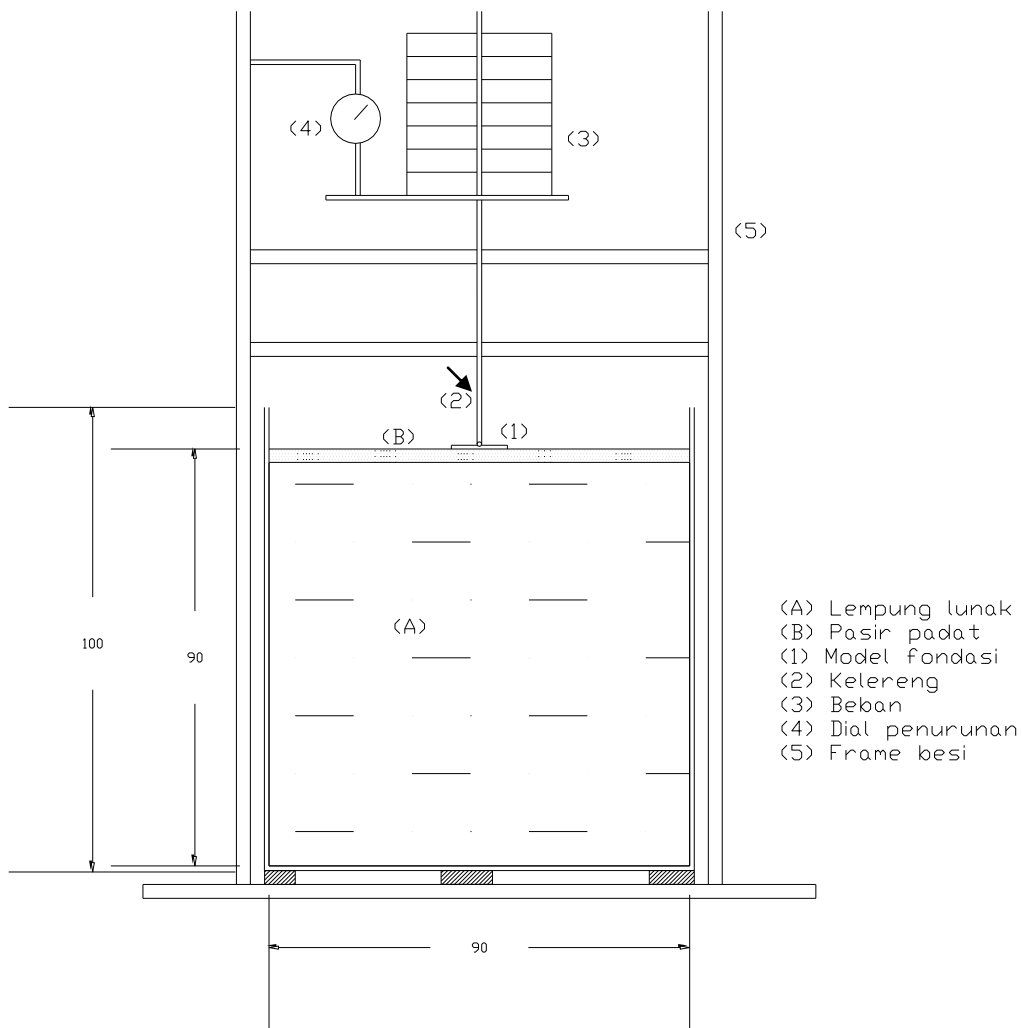
- 1. Lapisan tanah lunak saja, tidak diberi lapisan pasir dibawah fondasi.
- 2. Lapisan tanah lunak yang diberi lapisan pasir padat dengan rasio tebal terhadap lebar fondasi, $d/B = 1/6$.
- 3. Lapisan tanah lunak yang diberi lapisan pasir padat dengan rasio tebal terhadap lebar fondasi, $d/B = 1/3$.
- 4. Lapisan tanah lunak yang diberi lapisan pasir padat dengan rasio tebal terhadap lebar fondasi, $d/B = 1/2$.

Simbol d dan B adalah ketebalan lapisan pasir padat di bawah fondasi dan lebar model fondasi. Untuk menjamin

keakuratan data, jumlah model untuk setiap variasi pembebanan adalah tiga buah.

Pembebanan dilakukan dengan kenaikan beban 1 kg dan selang waktu penambahan beban setiap 60 menit jika penurunan kurang dari 0.25 mm/jam, atau 120 menit jika lebih (ASTM: Designation D1143-81). Dial penurunan

dipasang untuk mengukur penurunan fondasi (Gambar 2). Pembacaan dial penurunan dilakukan setiap 20 menit. Pemberian beban dan pembacaan dial penurunan diteruskan sampai terjadi penurunan lebih dari 20 % lebar fondasi.



Gambar 5. Skema alat uji

HASIL PENELITIAN

Dari hasil penelitian yang dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Janabadra, diketahui bahwa karakteristik fisis tanah asli adalah seperti yang terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. karakteristik tanah asli

No	Karakteristik	Nilai
1	Kadar Air	89,2 %
2	Berat Jenis	2,65 %
3	Batas Cair	74,31 %
4	Batas Plastis	20,75 %
5	Indeks Plastisitas	54,22%

Hubungan Beban-Penurunan Model Fondasi

Grafik hubungan beban-penurunan model fondasi 6 x 6 cm² dapat dilihat pada Gambar 5. Grafik tersebut menunjukkan bahwa penambahan lapisan padat mampu mengurangi penurunan fondasi secara signifikan. Pola keruntuhan tanah adalah *punching shear failure* pada tanah tanpa lapisan pasir padat, *local shear failure* pada tanah dengan penambahan lapisan pasir padat 1/6 B, dan *general shear failure* pada tanah dengan penambahan lapisan pasir padat 1/3 B dan 1/2B.

Grafik hubungan beban-penurunan model fondasi 9 x 9 cm² dapat dilihat pada Gambar 6. Grafik tersebut menunjukkan bahwa penambahan lapisan padat mampu mengurangi penurunan fondasi secara signifikan. Pola keruntuhan tanah adalah *punching shear failure* pada tanah tanpa lapisan pasir padat, *local shear failure* pada tanah dengan penambahan lapisan pasir padat 1/6 B, dan kecenderungan *general shear failure* pada tanah dengan penambahan lapisan pasir padat 1/3 B dan 1/2B.

Daya Dukung Tanah.

Daya dukung tanah didefinisikan sebagai beban yang mampu dipikul pada penurunan 10 % dari lebar fondasi. Hasil

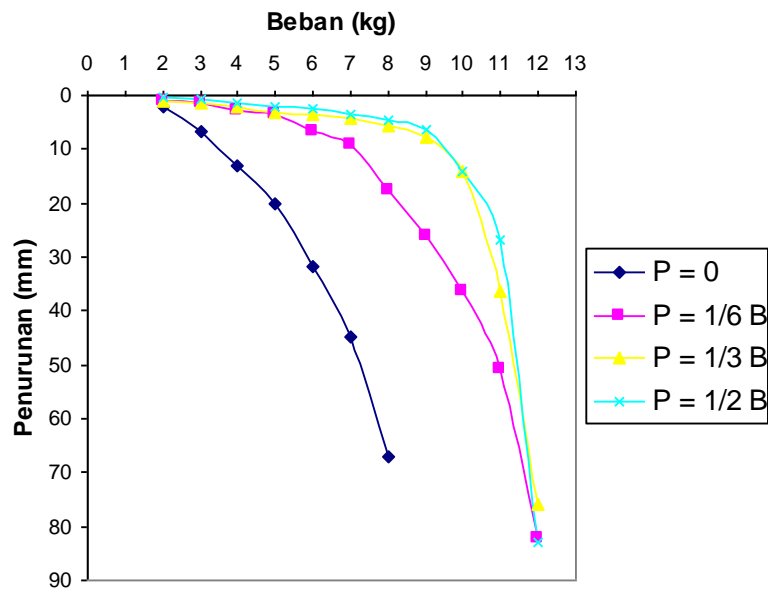
penelitian menunjukkan bahwa penambahan pasir padat di bawah fondasi akan meningkatkan daya dukung tanah secara signifikan sebagaimana terlihat pada Tabel 2 dan Tabel 3. Gambar 7 menunjukkan bahwa semakin besar dimensi model fondasi pengaruh penambahan pasir padat terhadap peningkatan daya dukung tanah cenderung semakin kecil.

Tabel 2. Daya dukung fondasi dengan dimensi model fondasi 6x6 cm

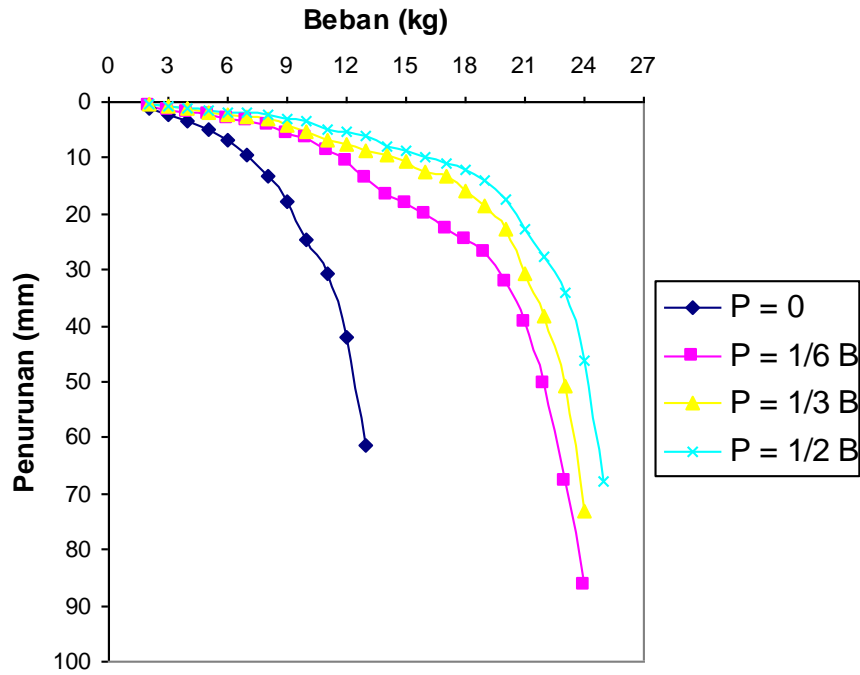
Plat cm	Lapisan pasir cm	P maks kg	persentase kenaikan %
6x6	0	2.8	0
6x6	1	6	114
6x6	2	8	185
6x6	3	9	221

Tabel 3. Dukung fondasi dengan dimensi model fondasi 9x9 cm.

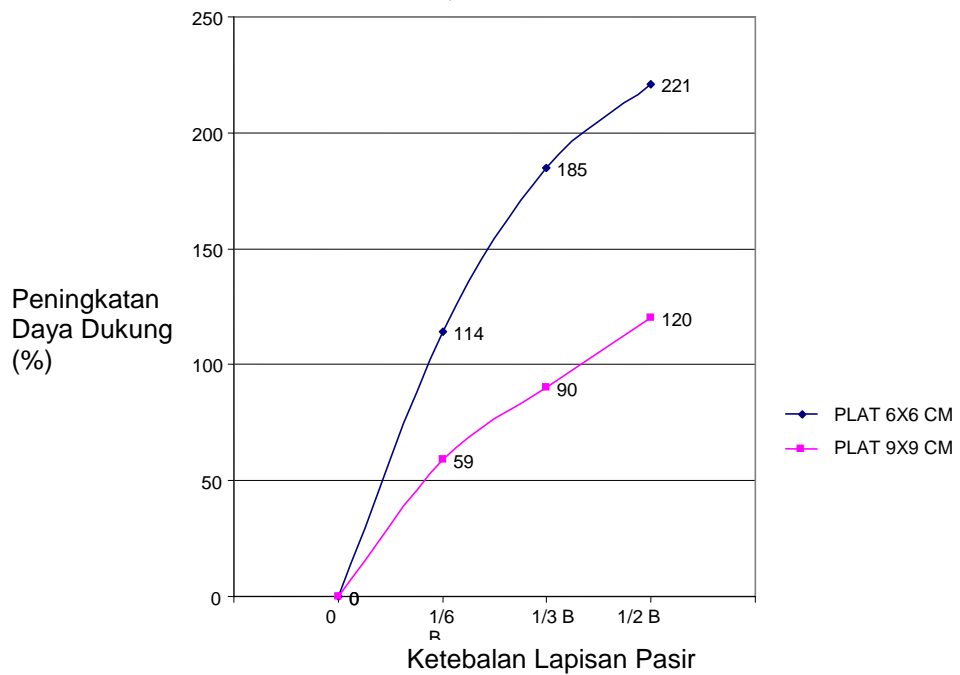
Plat cm	Lapisan pasir cm	P maks kg	persentase kenaikan %
9x9	0	7	0
9x9	1.5	11	59
9x9	3	13.2	90
9x9	4.5	15.4	120



Gambar 6. Grafik perbandingan hubungan antara beban dengan penurunan plat 6x6 cm



Gambar 7. Grafik perbandingan hubungan antara beban dengan penurunan plat 9 x 9 cm².



Gambar 8. Pengaruh penambahan lapisan pasir padat terhadap daya dukung fondasi

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

- a. Penambahan lapisan pasir padat di bawah fondasi akan mengurangi penurunan model fondasi dan meningkatkan daya dukung tanah.
- b. Tipe keruntuhan *general shear failure* terjadi pada penambahan lapisan pasir padat $\frac{1}{2}$ B.
- c. Semakin besar dimensi model fondasi maka peningkatan daya dukung tanah semakin kecil.

Saran

- a. Perlu adanya penelitian untuk membandingkan efektifitas penambahan lapisan pasir padat dengan metode perbaikan yang lain.
- b. Perlu adanya penelitian efektifitas penambahan lapisan pasir padat pada skala penuh.

DAFTAR PUSTAKA

- Coduto, D. P., 1994, *Foundation Design: Principles and Practice*, Prentice Hall International, New Jersey.
- Hardiyatmo, H. C., 1994, *Mekanika Tanah II*, Gramedia Pustaka, Jakarta.
- Poulos, H. G. dan Davis, E. H., *Elastic Solution for Soil and Rock Mechanics*, John Wiley and Son, New York.
- Tjandrabirawa, S., Efendy, J., dan Gunawan, W., 2000, **Peningkatan Daya Dukung Pondasi Dangkal dengan Menggunakan Cerucuk : Suatu Studi Model**, Dimensi Teknik Sipil Vol. 2 No.2, Universitas Kristen Petra, Surabaya.
- Terzaghi, K. dan Peck, R. B., *Soil Mechanics in Engineering Practice*, John Wiley and Son, New York.