Annual Civil Engineering Seminar 2015, Pekanbaru
ISBN: 978-979-792-636-6

KAJIAN EKSPERIMENTAL DAN EMPIRIK PENGARUH DIMENSI FONDASI DANGKAL

Soewignjo Agus Nugroho[1], Ferry Fatnanta[2] dan Lingga Panji Subrata[3]

[1]Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Fakultas Teknik UR
[2]Program Studi Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik UR
[3]Program Studi S1 Teknik Sipil Universitas Riau
Sagus.Nugroho@eng.unri.ac.id

ABSTRAK

Distribusi penyebaran beban pada fondasi dangkal terjadi sepanjang lebar fondasi. Beberapa bentuk fondasi dangkal yaitu bujur sangkar, dan persegi panjang dibuat untuk menganalisa pengaruh bentuk fondasi pada luasan yang sama terhadap kapasitas dukung fondasi akibat beban aksial di atas tanah pasir. Kajian eksperimental laboratorium dilakukan dengan membuat model fondasi dengan luas 100 cm^2, 150 cm^2 dan 200 cm^2. Hasil eksperimen menunjukan, pada luasan yang sama, bentuk bujur sangkar dapat mendukung beban yang lebih besar dari pada bentuk persegi panjang. Penambahan luasan 50-100% akan membuat kapasitas dukung bertambah 102,016-157,661% untuk bujur sangkar, 135,751-228,497% untuk persegi panjang. Ada perbedaan hasil pengamatan dan rumus empirik, dimana peningkatan kapasitas lebih signifikan dari hasil pengamatan. Peningkatan kapasitas berbanding lurus dengan penambahan luasan dengan peningkatan paling besar terjadi pada penurunan kecil dan peningkatan kapasitas makin kecil pada penurunan yang semakin besar.

Kata kunci: *beban, kapasitas dukung, pasir, penurunan, fondasi dangkal.*

1. PENDAHULUAN

Fondasi adalah bagian dari bangunan yang terletak di bawah permukaan tanah. Fondasi merupakan suatu konstruksi peralihan antara bangunan atas dengan tanah di bawahnya yang berfungsi untuk memikul beban yang berada di atas serta melimpahkan semua beban tersebut ke tanah yang berada di bawahnya. Fondasi didefinisikan sebagai bagian dari struktur yang berhubungan langsung dengan tanah yang berfungsi memindahkan beban-beban dari struktur ke tanah atau bagian bawah tanah. Fondasi dipengaruhi oleh elemen bangunan bawah dan bebannya.

Latar Belakang

Fondasi adalah suatu konstruksi pada bagian dasar struktur bangunan yang berfungsi meneruskan beban dari bagian atas struktur bangunan ke lapisan tanah yang berada di bagian bawahnya. Fondasi dangkal didefinisikan sebagai fondasi yang mendukung bebannya secara langsung. Fondasi telapak merupakan bagian fondasi dangkal dimana beban yang disalurkan disebarkan melalui lebar tapak fondasi dan berdiri sendiri dalam mendukung kolom. Kapasitas dukung ultimit didefinisikan sebagai beban maksimum persatuan luas dimana dasar tanah masih dapat mendukung beban tanpa mengalami keruntuhan. Lebar fondasi mempengaruhi besarnya penurunan. Pada beban per satuan luas yang sama, tanah di bawah fondasi akan mendukung tekanan lebih besar bila lebar fondasi (B) bertambah. Berdasarkan peneliti terdahulu, dimensi tapak fondasi sangat berpengaruh terhadap daya dukung fondasi dangkal, sehingga penelitian ini dilakukan untuk mengkaji lebih lanjut mengenai pengaruh dimensi pada media pasir dengan kepadatan dan karakteristik propertis tanah yang sama terhadap daya dukung fondasi dangkal akibat beban aksial.

Kajian Pustaka

Panggabean (2007) meneliti pengaruh bentuk dasar model fondasi dangkal terhadap kapasitas dukung pada pasir dengan derajat kejenuhan (Dr) 50% - 70% dengan hasil model fondasi segi empat sebesar 79,67 kg., model fondasi setengah bola sebesar 49,33 kg, model fondasi prisma sebesar 38,8 kg dan model fondasi limas segi empat sebesar 32,93 kg. Selisih persentase daya dukungnya sebesar ± 38,08% - 58,67%.

ISBN: 978-979-792-636-6

Utomo, P (2004) meneliti daya dukung ultimit fondasi dangkal pada pasir yang diperkuat geogrid melalui uji model dilaboratorium. Parameter yang diteliti meliputi efek letak lapisan geogrid teratas (u), efek spasi geogrid (z) dan efek letak lapisan terbawah (d) dari geogrid terhadap kenaikan daya dukung ultimit fondasi. Nilai u/B = 0,25-0,5 untuk fondasi bujur sangkar maupun lajur meningkatkan daya dukung ultimit hingga 2,5-3,5 kali. Nilai z/B = 0,5 pada fondasi bujur sangkar memberikan kenaikan daya dukung hingga 3,5 kali sedangkan fondasi lajur nilai z/b = 0,25 memberikan kenaikan daya dukung hingga 2,5 kali lipat. Nilai d/B = 1,5 pada fondasi bujur sangkar dan lajur mampu menaikkan daya dukung fondasi hingga 5 kali lipat dan 3 kali lipat.
Martini (2009) menghitung daya dukung tanah untuk fondasi memanjang, bujur sangkar, empat persegi panjang dan lingkaran dengan beban sentris. Metode Terzaghi dan Oshaki, metode Hansen dan Vesic nilai yang cenderung sama. Mayerhof memiliki nilai yang berbeda sendiri. Untuk beban miring, metode Hansen, Vesic dan Meyerhof mempunyai nilai yang cenderung berbeda.

Edward Effendy dan Andrey Reidesy (2008) meneliti hubungan rasio kedalaman dan lebar fondasi dangkal serta daya dukung ijin fondasi menggunakan data CPT di daerah Kost Putri, Henricus Constant, dan Jl. Teuku Umar. Dari ketiga lokasi penelitian di atas, nilai daya dukung ijin tanah (qa) pada setiap lokasi tidak sama, nilai qa maksimum adalah 1,121 t/cm^2 dan nilai qa minimum yang didapat adalah 0,367 kg/cm^2. Dengan B = 0,5 m sampai dengan B = 1 m didapatkan nilai daya dukung maksimum.

Nugroho dkk (2010) meneliti pengaruh ukuran, kedalaman dan spasi perkuatan geogrid-geotekstil terhadap daya dukung fondasi telapak diatas tanah gambut mengambil kesimpulan bahwa material perkuatan (kombinasi getekstil dan geogrid) yang ada dalam masa tanah memberikan kontribusi yang signifikan dalam merubah karakteristik mekanis dari tanah yang diperkuatnya (daya dukung lebih tinggi). Nugroho (2011) dalam penelitian studi fondasi dangkal pada tanah gambut dengan kombinasi geotekstil dan grid bambu. Secara umum penambahan lapisan perkuatan berupa geotekstil dan grid bambu memberikan kontribusi yang signifikan untuk meningkatkan daya dukung fondasi. Berdasarkan penelitian ini, untuk perkuatan komposit grid bambu dan geotekstil yang memberikan daya dukung terbesar pada rasio L/B 4 dan d/B 0,25 menghasilkan rasio daya dukung (Bearing Capacity Ratio, BCR) sebesar 4 serta sudut penyebaran tegangan (α) sebesar 78,79^o. Nilai s/B optimal adalah 0,5 yakni memberikan kenaikan (BCR) sebesar 4,32.).

Landasan Teori

Kapasitas dukung adalah kemampuan tanah untuk menahan tekanan atau beban pada tanah dengan aman tanpa menimbulkan keruntuhan geser dan penurunan berlebihan. Daya dukung yang aman terhadap keruntuhan bukan berarti penurunan fondasi berada dalam batas-batas yang diizinkan. Oleh karena itu, analisis penurunan harus dilakukan karena umumnya bangunan peka terhadap penurunan yang berlebihan. Kapasitas dukung ultimit (qult) didefinisikan sebagai tekanan terkecil yang dapat menyebabkan keruntuhan geser pada tanah pendukung. Kapasitas dukung menyatakan tahanan geser tanah untuk melawan penurunan akibat pembebanan, yaitu tahanan geser yang dapat dikerahkan oleh tanah di sepanjang bidang bidang gesernya.

Kapasitas daya dukung fondasi menurut Terzaghi

Untuk fondasi berbentuk bujur sangkar

$$qu = 0{,}4.\gamma.B.N\gamma \quad (1)$$

Untuk fondasi berbentuk lingkaran

$$qu = 0{,}3.\gamma.B.N\gamma \quad (2)$$

Untuk fondasi berbentuk persegi panjang

$$qu = 0{,}5.\gamma.B.N\gamma\,(1\text{-}0{,}2B/L) \quad (3)$$

dengan :

qu	: kapasitas dukung ultimit (kN/m^2)
γ	: berat isi tanah (kN/m^3)
B	: lebar fondasi (m)
L	: panjang fondasi (m)
Nc, Nq, Nγ	: faktor faktor kapasitas dukung Terzaghi

ISBN: 978-979-792-636-6

Meyerhof (1963) memberikan persamaan daya dukung dengan mempertimbangkan bentuk fondasi, kemiringan beban dan kuat geser tanah di atas dasar fondasinya, sebagai berikut:

$$qu = s_c d_c i_c c N_c + s_q d_q i_q p_o N_q + s_\gamma d_\gamma i_\gamma 0{,}5 \gamma B' N\gamma \quad (4)$$

dengan :

c	: kohesi tanah (kN/m^2)
s_c, s_q, s_γ	: faktor faktor bentuk fondasi
d_c, d_q, d_γ	: faktor faktor kedalaman fondasi
i_c, i_q, i_γ	: faktor kemiringan beban
$p0=\gamma D_f$	: tekanan *overburden* (kN/m^2)
D_f	: kedalman fondasi (m)

Hansen (1970) menyarankan persamaan daya dukung sebagai berikut:

$$qu = s_c d_c i_c b_c \gamma_c c Nc + s_q d_q i_q b_q \gamma_q p_0 Nq + s_\gamma d_\gamma i_\gamma b_\gamma \gamma_\gamma 0.5 \gamma B` N_\gamma \quad (5)$$

dengan :

b_c, b_q, b_γ	: faktor kemiringan dasar
g_c, g_q, g_γ	: faktor kemiringan permukaan

Vesic (1975) memberikan pengaruh-pengaruh seperti kedalaman, bentuk fondasi, kemiringan, eksentrisitas beban, kemiringan dasar dan kemiringan permukaan yaitu:

$$q_u = s_c d_c i_c b_c g_c c N_c + s_q d_q i_q b_q g_q p0 N_q + s_\gamma d_\gamma i_\gamma b_\gamma g_\gamma 0.5 \gamma B` N_\gamma \quad (6)$$

notes : pengaruh kedalman, bentuk, kemiringan, eksentrisitas, kemiringan dasar, kemiringan permukaan adalah berbeda nilainya antara formula Hansen dan Vesic

2. METODOLOGI

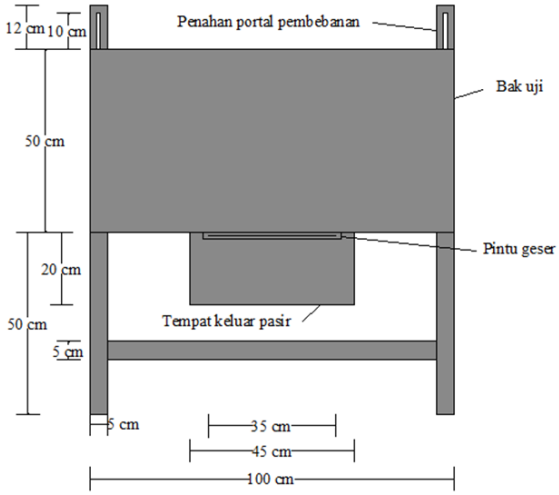
Metodologi dibagi menjadi beberapa tahapan yang saling berhubungan berupa persiapan bak model, pembuatan model tapak fondasi, pemilihan media pasir, seting pengujian dan pelaksanaan pengujian. Pelaksanaan pengujian dibagi lagi menjadi pengujian pendahuluan dan pengujian utama. Pengujian utama berupa pengujian properties tanah pasir dan kontrol properties dan kepadatan pasir dalam bak. Pengujian utama berupa pengujian pembebanan model fondasi telapak.

Alat dan Bahan

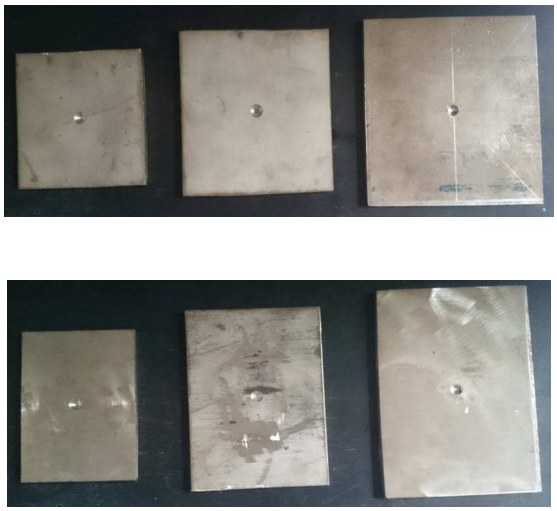
Bahan pengujian yang digunakan adalah pasir bersih yang berasal dari sungai kampar. Pasir bersih adalah pasir yang sudah disaring dengan saringan no. 10. Model fondasi dangkal yang digunakan dalam pengujian terbuat dari plat baja dengan tebal 8 mm yang terdiri dari 3 bentuk yaitu bujur sangkar, persegi panjang dan lingkaran dengan luas tapak sama sebesar 100 cm^2 bujur sangkar panjang sisi 10 cm, persegi panjang dimensi 8,2 cm x 12,2 cm, bentuk lingkaran diameter 11,3 cm.

Alat pengujian terdiri dari bak pengujian, portal pembebanan dan portal dial gauge. Bak dari baja dengan dimensi panjang 120 cm, lebar 100 cm dan tinggi 50 cm. Adapun bak tersebut memiliki kaki dengan tinggi 50 cm. Detail mengenai bak pengujian dapar dilihat pada. Sistem pembebanan adalah dengan cara digantung dengan portal yang dihubungkan langsung ke titik pusat model fondasi dangkal. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2.

ISBN: 978-979-792-636-6



Gambar 1. Sketsa Bak Pengujian



Gambar 2. Model fondasi tapak bujur sangkar dan persegi panjang

Pengujian

Uji pendahuluan terdiri dari pengujian propertis tanah, pengujan berat isi tanah dan pengujian sudut geser tanah. Pengujian propertis antara lain pengujian kadar air, *spesific gravity*, dan analisa saringan. Berat isi tanah dicari dengan pengujian tinggi jatuh, pengujian berat volume dan pengujian *nuclear density*. Pengujian sudut geser tanah diperoleh dari pengujian tinggi jatuh dan *direct shear*.

Pengujian utama berupa pengujian model fondasi telapak dalam bak model dengan langkah pengerjaan berikut: Bak di isi pasir sampai ketebalan 17 cm dari dasar bak Pengujian. Pasir diberi beban sebesar 0,01 kg/cm^2 hingga kepadatannya merata. Beban dilepas setelah kepadatan merata dan tidak lagi terjadi penurunan, kemudian dilanjutkan mengisi pasir dari ketebalan 17 cm sampai ketebalan 34 cm dari dasar bak pengujian, lakukan pembebanan sebesar 0,01 kg/cm^2 seperti langkah pertama. Kontrol kepadatan untuk tiap lapisan dilakukan dengan menggunakan *Nuclear Density meter* tiap ketebalan 7,5 cm. Setelah *setting* untuk pasir selesai, dilanjutkan dengan *setting* model fondasi dangkal, *setting* portal pembebanan dan *setting* portal *dial gauge*. Letakkan model fondasi dangkal diatas permukaan tanah pasir tepat ditengah bak uji. Agar mendapatkan posisi model fondasi dangkal datar digunakan *waterpass*. Besar penurunan diukur menggunakan *dial gauge*. digunakan 2 *dial gauge* untuk melihat penurunan fondasi dititik pusat dan diluar titik pusat fondasi. Piston beban diletakkan tepat di titik pusat luasan fondasi agar beban yang diterapkan berupa beban sentris.

ISBN: 978-979-792-636-6

Pengujian utama dimulai dengan memberi beban pada portal pembebanan, penurunan di catat pada interval waktu tertentu menggunakan *stopwatch*. Beban ditambahkan apabila pembacaan penurunan pada kedua *dial gauge* lebih kecil dari 0,01 mm/jam. Keruntuhan terjadi dimana pada beban yang sama, penurunan bertambah besar dari penurunan sebelumnya selama 2 kali pembacaan. Setelah terjadi keruntuhan, bak uji dibongkar. Ulangi prosedur dari awal untuk bentuk fondasi yang lain.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Propertis Pasir

Hasil yang diperoleh dari penelitian ini berasal dari pengujian laboratorium dan pengujian model fondasi dangkal. Hasil pengujian laboratorium berupa propertis tanah, kepadatan tanah dan kuat geser tanah. Hasil pengujian model fondasi dangkal berupa hubungan antara beban dan penurunan. Hasil pengujian disajikan secara sistematis dan jelas berupa data untuk dilakukan analisa. Data-data yang diperoleh yaitu propertis tanah, kepadatan dan kuat geser tanah serta hasil dari pengujian model fondasi. Hasil Pengujian sifat fisik dan Mekanik tanah pasir disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 Sifat Fisik dan Mekanik tanah pasir

Soil Properties	symbol	unit	*value*
water content	w	%	0,11
coefficient of uniformity	c_u	-	2,47
coefficient of curvature	c_c	-	0,95
specifik gravity	Gs	-	2,64
unit weight	γ	gr/cm^3	1,620
Internal skin friction	ϕ	degree	32,5
Soil classification		*Poorly graded sand* (SP)	

Dari Tabel 1, tanah pasir yang dituang dalam bak merupakan jenis pasir halus dengan butiran seragam dan lepas (*loose, poorly graded sand*). Kepadatan pasir masuk katagori kepadatan sedang

Validasi hasil uji model dengan formula Empirik

Hasil perhitungan empirik menggunakan rumus dari Terzaghi, Meyerhof, Hansen, dan Vesic di rangkum dalam Tabel 2 dan Tabel 3. Dimensi model tapak fondasi dijadikan *input* dimensi (B, L) pada perhitungan. Sementara nilai parameter yang lain diambil dari Tabel 1

Tabel 2 Kapasitas Dukung Fondasi Bentuk Bujur Sangkar dari Beberapa Formula Empirik

	Luasan (cm^2)	Qu (N)			
		Terzaghi	Meyerhof	Hansen	Vesic
1	100	50,30	241,62	109,91	158,92
2	150	92,06	442,16	201,13	290,83
3	200	141,86	681,36	309,94	448,16

Dari Tabel 2 di atas terlihat bahwa pada penambahan luasan sebesar 50% dari luasan awal 100 cm^2 menjadi 150 cm^2, menggunakan formula dari Terzaghi, terjadi kenaikan kapasitas dukung fondasi dari 50,30 N menjadi 92,06 N (sekitar 83%). Untuk penambahan luasan tapak dari 100 cm^2 menjadi 200 cm^2 (100%), terjadi penambahan kuat dukung tanah sebesar 182%. Penambahan daya dukung juga terjadi pada formula Meyerhof (83%, 182%), Hansen (83%, 182%), dan Vesic (83%, 182%). Dengan kata lain, pembesaran dimensi mengakibatkan penambahan kapasitas dukung yang sama untuk semua metode untuk fondasi berbentuk bujur sangkar.

Tabel 3 Kapasitas Dukung Fondasi bentuk Persegi Panjang dari beberapa Formula Empirik

	Luasan (cm^2)	Qu (N)			
		Terzaghi	Meyerhof	Hansen	Vesic
1	100	44,63	185,43	110,15	159,28
2	150	81,74	339,20	201,50	291,36
3	200	125,51	520,11	308,97	446,75

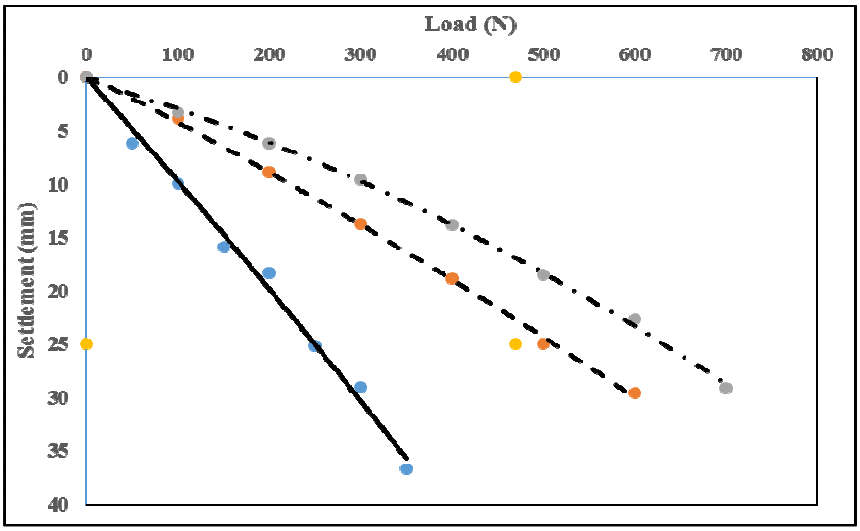
ISBN: 978-979-792-636-6

Tabel 3 memperlihatkan bahwa untuk semua formula empirik, penambahan luasan sebesar 50% akan menambah kapasitas dukung fondasi sebesar 83%, ini sama dengan bentuk bujur sangkar. Sementara untuk penambahan luasan tapak sebesar 100%, terjadi penambahan kapasitas dukung sebesar 180%. Nampak tpenambahan kapasitas dukung fondasi mengalami penurunan, ini kemungkinan dikarenakan faktor bentuk dimana perbandingan lebar dan panjang (B/L) tidak sama dengan satu.

Hasil Uji Pembebanan fondasi

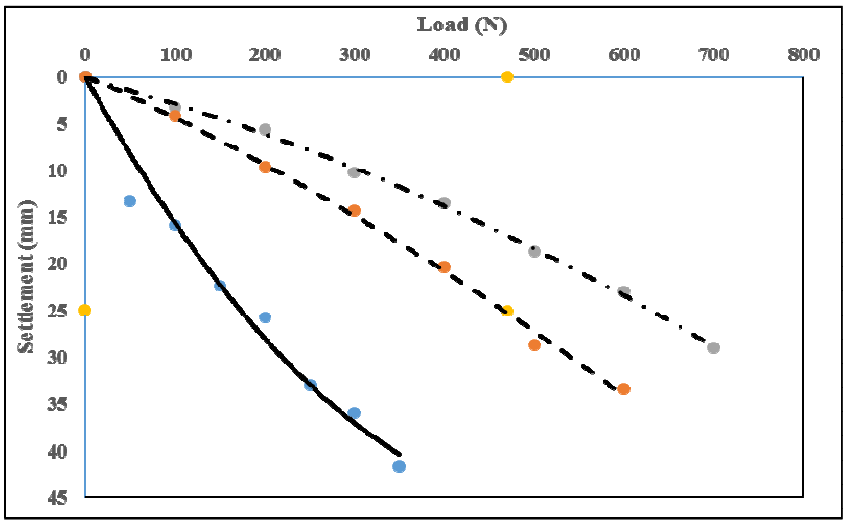
Hubungan antara beban dan penurunan hasil uji pembebanan di sajikan dalam Gambar 3 dan Gambar 4. Bentuk grafik mirip dengan keruntuhan model local shear failure, artinya bena ultimate tidak nampak jelas di lihat pada grafik. Penentuan besaran daya dukung fondasi ditentukan dengan mengambil acuan terjadinya penurunan (settlement) sebesar 25 mm.

Untuk fondasi bentuk bujur sangkar (Gambar 3), untuk luasan 100 cm2, 150 cm2, dan 200 cm2, beban yang dipikul fondasi berturut turut adalah 245 N, 515 N dan 630 N. Jadi penambahan luas 50% dan 100% akan menaikan beban sebesar 110% dan 157%.



Gambar 3 Grafik Hubungan Beban dengan Penurunan pada Fondasi Bujur Sangkar

Pada Gambar 4, penambahan luas sebesar 50% akan meningkatkan beban dari 170 N menjadi 470 N. Sedangkan untuk penambahan luas sebesar 100%, beban yang dipikul saat terjadi penurunan sebesar 25 mm adalah 626 N. Dapat disimpulkan terjadi kenaikan beban berturut turut sebesar 176% dan 268%

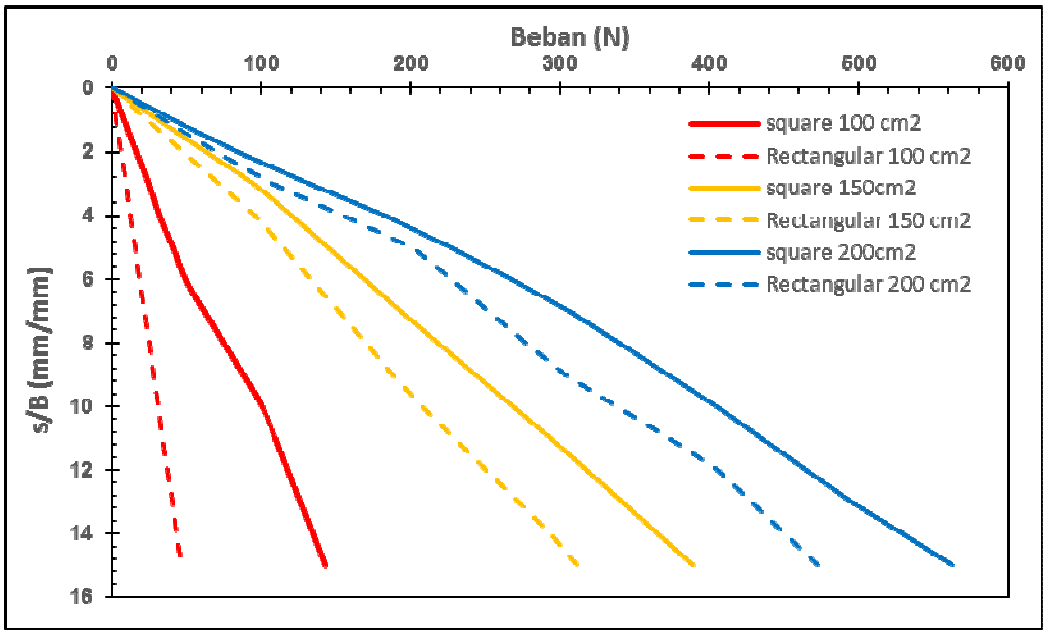


Gambar 4 Grafik Hubungan Beban dengan Penurunan pada Fondasi Persegi Panjang

ISBN: 978-979-792-636-6

Hubungan antara Rasio Penurunan dan Lebar dengan Beban

Adalah tidak tepat menentukan kapasitas dukung fondasi dengan melihat nilai penurunan yang sama tapi dimensi fondasi berbeda. Toleransi penurunan fondasi juga dipengaruhi oleh dimensi fondasi, artinya semakin besar fondasi, penurunan yang di syaratkan juga semakin besar. Gambar 5 di bawah ini menampilkan beban yang di dukung pada nilai perbandingan antara penurunan dan lebar fondasi yang sama.



Gambar 5 Grafik Hubungan Rasio penurunan dengan Lebar dan Beban

Dari Gambar 5 jelas terlihat bahwa dengan luasan sama, penggunaan fondasi dangkal berbentuk bujur sangkar lebih efektif dibandingkan fondasi bentuk persegi panjang. Artinya, pada luasan tapak fondasi yang sama beban yang bisa didukung oleh fondasi bujur sangkar lebih besar daripada fondasi bentuk persegi panjang.

Tabel 5 Pengaruh antara Beban dan Rasio penurunan dengan lebar Fondasi

Rasio penurunan dengan lebar	LUASAN					
	Bujur sangkar			Persegi panjang		
s/B (%)	100 cm^2 P (N)	150 cm^2 P (N)	200 cm^2 P (N)	100 cm^2 P (N)	150 cm^2 P (N)	200 cm^2 P (N)
5	40,92	144,62	227,15	15,48	115,14	201,90
10	100,64	268,47	404,86	30,96	207,66	338,32
15	143,00	389,10	562,82	46,44	311,45	472,79

Kenaikan luas fondasi bujur sangkar 50% dapat menaikkan beban yang dapat didukung fondasi pada rasio s/B = 5%, 10% dan 15% secara berturut-turut adalah 253%, 167% dan 172%. Kenaikan luas fondasi dari 100 cm^2 sampai 200 cm^2 dapat menaikkan beban yang dapat didukung fondasi pada rasio s/B = 5%, 10% dan 15% secara berturut-turut adalah 455%, 302% dan 294%.

Kenaikan luas fondasi persegi panjang dari 100 cm^2 ke 150 cm^2 dapat menaikkan beban yang dapat didukung fondasi pada rasio s/B = 5%, 10% dan 15% secara berturut-turut adalah 644%, 571% dan 571%. Kenaikan luas fondasi dari 100 cm^2 ke 200 cm^2 dapat menaikkan beban yang dapat didukung fondasi pada rasio s/B = 5%, 10% dan 15% secara berturut-turut adalah 1204%, 993% dan 918%.

ISBN: 978-979-792-636-6

4. KESIMPULAN

1. Penambahan dimensi/luasan fondasi akan menambah kapasitas dukung fondasi dalam menahan beban. Penambahan luasan yang semakin besar berbanding lurus dengan kenaikan kapasitas dukung.
2. Terdapat perbedaan kenaikan kapasitas dukung terhadap beban dari perhitungan empirik dengan pengamatan. Kenaikan dari uji model lebih signifikan adripada perhitungan empiris
3. Penambahan kapasitas dukung menahan beban lebih besar pada rasio s/B yang lebih kecil.
4. Penggunaan fondasi bentuk bujur sangkar lebih efektif daripada bentuk persegi panjang

DAFTAR PUSTAKA

Das, B.M., Noor Endah, Indrasurya B.Mochtar. 1985. *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknik) Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.

Das, B.M., Noor Endah, Indrasurya B.Mochtar. 1985. *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknik) Jilid 2*. Jakarta: Erlangga.

Effendi, Edwar, & Reidesy, Andrey. 2008. Hubungan Rasio Kedalaman dan Lebar Fondasi Dangkal serta Daya Dukung Ijin Fondasi menggunakan Data CPT (*Cone Penetrometer Test*) (Studi Kasus Jenis Tanah didaerah Pawiyatan Luhur, Semarang). Skripsi Sarjana, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Soegijapranata, Semarang.

Hardiyatmo, H. C. 2002. *Teknik Fondasi 1 Edisi Kedua.* Yogyakarta: Beta Offset.

Martini. 2009. Analisis Daya Dukung Tanah Fondasi Dangkal dengan Beberapa Metode. Mektek, Vol. 11 No. 2 ISSN 1411-0955.

Nugroho, S.A. et, al. 2010. Perilaku Daya Dukung Ultimit Fondasi Dangkal diatas Tanah Lunak yang diperkuat Geogrid. Media Teknik Sipil, Volume X, Januari 2010. ISSN 1412-0976.

Nugroho, S.A. 2011. Studi Daya Dukung Fondasi Dangkal pada Tanah Gambut dengan Kombinasi Geotekstil dan Grid Bambu. *Jurnal Teknik Sipil*, Vol. 18 No.1 ISSN 0853-2982.

Panggabean, Ronald. 2007. Pengaruh Bentuk Dasar Model Fondasi Dangkal terhadap Kapasitas Dukung pada Pasir dengan Derajat Kejenuhan Tertentu (Studi Laboratorium). Skripsi Sarjana, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Maranatha, Bandung.

Utomo, Pontjo. 2004. Daya Dukung Ultimit Fondasi Dangkal diatas Tanah Pasir yang diperkuat Geogrid. *Civil Engineering Dimension*, Vol. 6 No.1 ISSN 1410-9530.