

Tinjauan Kapasitas Dukung Teoritis Fondasi Kacapuri

Iskandar¹

Abstrak – This article will discuss the Kacapuri Foundation and its bearing capacity. Kacapuri foundation is a specific kind of system, commonly and traditionally used by the Banjarese, from generation to generation in wood structure building like house, school, etc, on soft soil area. The price of this foundation is low, because it uses galam timber, which is a very cheap. Galam is a plant, which grows in the swamp area in tropical forest.

Keywords – kacapuri foundation, bearing capacity, galam timber..

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pondasi kacapuri adalah suatu sistem pondasi tradisional yang lazim dipakai untuk pondasi bangunan kayu pada tanah lunak. Pondasi ini terbuat dari kayu galam dan secara turun temurun telah dipakai oleh suku banjar yang bertempat tinggal di kota Banjarmasin dan sekitarnya.

Bangunan kayu adalah suatu konstruksi bangunan ringan yang sangat ideal untuk kondisi tanah sangat lunak. Namun demikian banyak bangunan kayu yang keadaannya mengalami penurunan tidak merata, sehingga kadang-kadang terlihat miring ataupun turun pada sisi atau sudutnya. Ini disebabkan oleh kapasitas dukung pondasi lebih kecil dari beban kerja di atasnya.

Melihat sistem konstruksinya pondasi kacapuri sangat sederhana dengan aspek kapasitas dukungnya tergolong sebagai pondasi dangkal. Selain itu pondasi kacapuri mempunyai nilai ekonomis tinggi sebagai pondasi bangunan ringan. Sistem pelaksanaan dan pembuatannya tidak memerlukan peralatan berat, cukup dengan peralatan tradisional yang dipakai para tukang kayu.

Kayu galam gampang tumbuh di daerah rawa pada hutan tropis dengan diameter rata-rata berkisar antara 10 cm s.d 15 cm. Kayu ini sangat awet jika selalu terendam air, hal ini terbukti dari bangunan tua dengan pondasi dari

bahan kayu galam yang dibongkar, ternyata kayu galamnya masih sangat baik walaupun bangunan tersebut sudah berumur lebih dari 30 tahun. Selain itu kayu galam tersebut harga di pasaran relatif murah. Dari beberapa hal tersebut di atas terdapat suatu kendala yaitu belum diketahui formula kapasitas dukungnya. Jadi selama ini orang hanya memperkirakan saja tentang kapasitas dukung pondasi kacapuri yang akan dipakai.

Maksud & Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan formula praktis kapasitas dukung pondasi kacapuri yang tepat dan aman. Formula ini dapat digunakan sebagai dasar perencanaan bangunan kayu tanpa memperhitungkan besarnya penurunan jangka panjang.

TINJAUAN PUSTAKA

Pondasi kacapuri pada kenyataannya berada pada kedalaman yang relatif dangkal, sehingga dapat dikategorikan sebagai pondasi dangkal (*Shallow Foundation*), $D \leq B$.

Kapasitas dukung pondasi dangkal/telapak

Cara analitis : didekati dengan beberapa formula pondasi dangkal, syarat $D \leq B$.

¹ Staf pengajar Fakultas Teknik Unlam Banjarmasin

a. Terzaghi 1943 (Bowles, 1977)

Menerus

$$q_u = c.N_c + q.N_q + 0,5.\gamma.B.N_\gamma$$

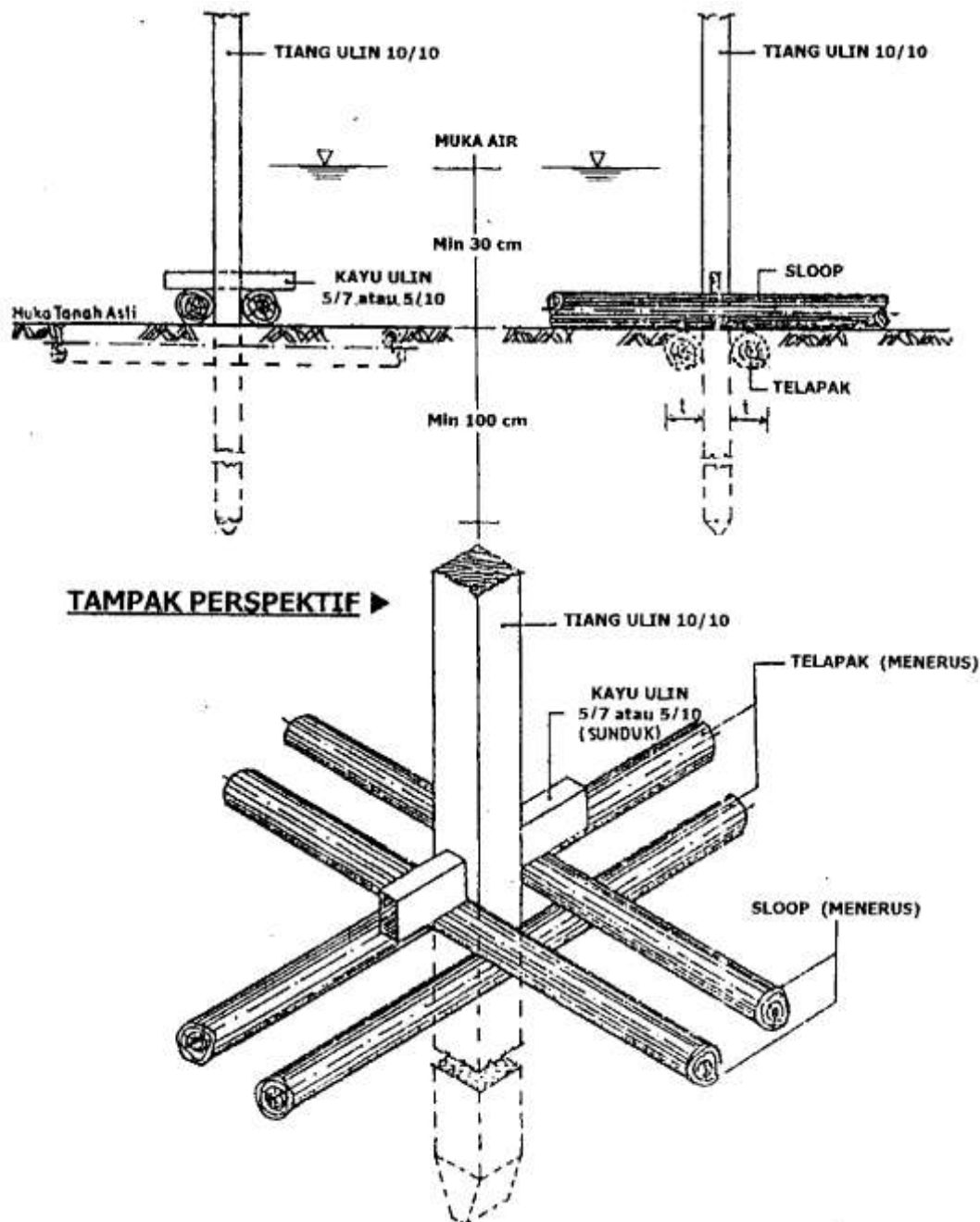
persegi / bujur sangkar :

$$q_u = 1,3.c.N_c + q.N_q + 0,4.\gamma.B.N_\gamma$$

lingkaran :

$$q_u = 1,3.c.N_c + q.N_q + 0,3.\gamma.B.N_\gamma$$

dimana

 q_u = daya dukung batas pondasi q_a = daya dukung izin pondasi c = kohesi tanah ϕ = sudut geser dalam $q = \gamma.D$ 

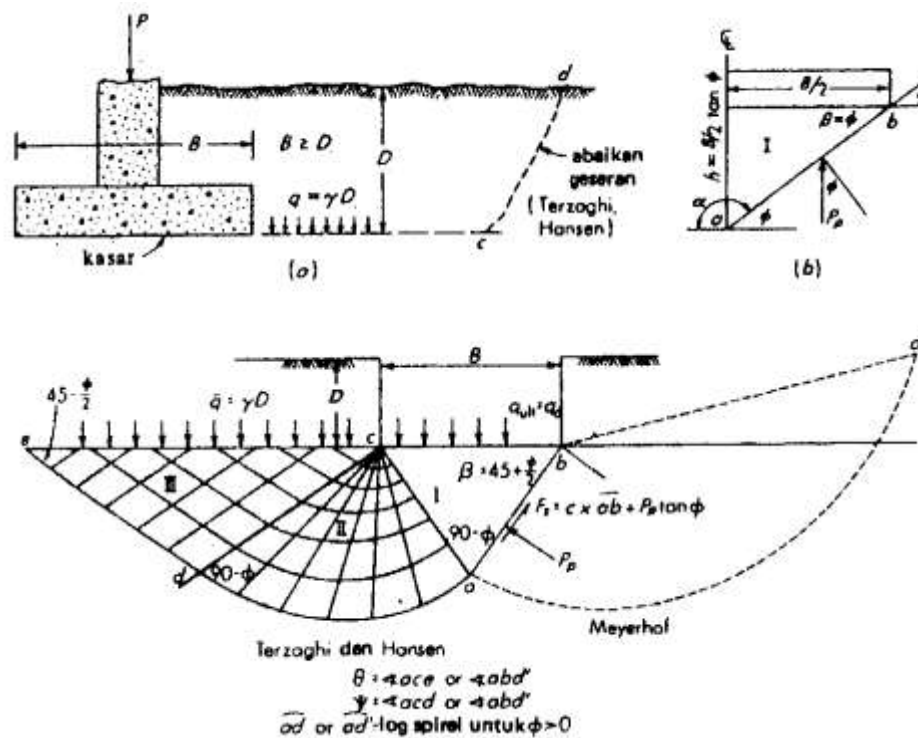
Gambar 1. Tipikal Pondasi Kacapuri per satu tiang

Keterangan Gambar :

Telapak = berfungsi memindahkan beban dari atas ke tanah

Tiang = tiang bangunan tertanam ± 1 meter ke tanah dari kayu besi ukuran 10/10

Sunduk = berfungsi meneruskan beban dari tiang ke pondasi, terbuat dari kayu besi ukuran 5/7



Gambar 2.

- Untuk pondasi dangkal dengan dasar kasar, formula Terzaghi dan Hansen mengabaikan geseran sepanjang cd.
- Daerah 1 untuk β Terzaghi menggunakan $\beta = \phi$; yang lain $(45 + \phi/2)$
- Interaksi tanah dengan telapak umumnya formula kapasitas dukung untuk Terzaghi (1943). Hansen (1970) sisi kiri, dan Meyerhof (1951) sisi kanan.

D = kedalaman dasar telapak dari permukaan galian

B = Ukuran terkecil telapak dan sebagai diameter pada bentuk lingkaran.

γ = berat volume tanah

N_q , N_c , N_y = faktor kapasitas dukung untuk pasir lepas dan lempung buruk N_q , N_c , N_y diganti dengan N_q' , N_c' , N_y'

b. Oshaki (Sujono Sosrodarsono, 1984)

Syarat fondasi dangkal ; $D \leq B$ dimana :

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + \beta \cdot \gamma \cdot B \cdot N_y + \gamma \cdot D \cdot N_q$$

$\alpha_1 \beta$ = faktor bentuk (tabel oshaki)

N_{ci} N_{qr} N_{γ} = faktor kapasitas dukung dari tabel oshaki.

c. Mayerhof 1951 (Bowles, 1977)

Beban vertikal :

$$q_u = c N_{ci} s_{ci} d_{ci} + q N_{qi} s_{qi} d_{qi} + 0,5 \gamma B N_{\gamma} s_{\gamma} d_{\gamma}$$

Beban miring

$$q_u = c N_{ci} i_{ci} + q N_{qi} i_{qi} + 0,5 \gamma B N_{\gamma} i_{\gamma}$$

dimana

$$q = e^{\eta \cdot \tan \phi} \cdot \tan^2 (45 + \phi/2) ;$$

Tabel 1 Faktor kapasitas dukung formula Terzaghi

ϕ°	N_c	N_q	N_y	N_c	N_q	N_y
0	5,71	1,00	0	3,81	1,00	0
5	7,32	1,64	0	4,48	1,39	0
10	9,64	2,70	1,20	5,34	1,49	0
15	12,80	4,44	2,40	6,46	2,73	1,20
20	17,70	7,43	4,60	7,90	3,88	2,00
25	25,10	12,70	9,20	9,86	5,60	3,30
30	37,20	22,50	20,00	17,70	8,32	5,40
35	57,80	41,40	44,00	16,80	12,80	9,60
40	95,60	18,20	114,00	23,20	20,50	19,10
45	172,00	173,00	320,00	34,10	35,10	27,00

Tabel 2 Faktor kapasitas dukung formula Ohsaki

ϕ°	N_c	N_γ	N_q	ϕ°	N_c	N_γ	N_q
0	5,30	0,00	1,00	28	11,40	4,40	7,10
5	5,30	0,00	1,40	32	20,90	10,60	14,10
10	5,30	0,00	1,90	36	42,20	30,50	31,60
15	6,50	1,20	2,70	40	95,70	115,70	81,30
20	7,90	2,00	3,90	45	172,30	325,80	173,30
25	9,90	3,30	5,60	50	347,50	1073,40	415,10

Tabel 3 Faktor Bentuk Fondasi

Faktor bentuk	Faktor bentuk pondasi			
	Menerus	Bujur sangkar	Persegi	Lingkaran
α	1,0	1,3	$1,0 + 0,3 (B/L)$	1,3
β	0,5	0,4	$1,5 - 0,1 (B/L)$	0,3

B = sisi pendek : L = sisi panjang

$$N_c = (N_q - 1) \cotan \phi \text{ dam}$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \tan (1,4 \cdot \phi)$$

$$\text{Faktor bentuk : } S_c = 1 + 0,2 \cdot k_p \cdot B/L$$

$$\text{Untuk } \phi = 0^\circ \quad s_q = s_\gamma = 1,0$$

$$\text{Untuk } \phi \geq 10^\circ$$

$$S_q = S_\gamma = 1 + 0,1 \cdot K_p B/L$$

$$\text{Dimana : } K_p \tan^2 (45 + \phi/2)$$

Faktor kedalaman :

$$d_c = 1 + 0,2 \cdot \sqrt{K_p \cdot D / B}$$

$$d_q = d_\gamma = 1,0$$

$$d_q = d_\gamma = 1 + 0,1 \cdot \sqrt{K_p \cdot D / B}$$

Faktor inklinasi :

$$I_c = I_q = 1 - \alpha/90^\circ$$

Dimana

α = sudut resultan diukur dari sumbu vertikal

$$i_y = (1 - \alpha/90^\circ)^2$$

bila digunakan ϕ triaksial untuk regangan bidang datar dapat diatur untuk mendapatkan

$$: \phi_{ps} = 1,1 - 0,1 B/L) \cdot \phi \text{ traksial}$$

d. Hansen 1970 (Bowles, 1977)

$$q_u = c N_c s_c c_d c_i c_g c_b c_c + q N_q s_q d_q i_q b_q + 0,5 \gamma N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma$$

bila $\phi = 0$ digunakan

$$q_u = 5,14 s_u (1 + s_c' + d_c' + I_c' - b_c' - g_c) + q$$

dimana

$$N_q = \text{sama seperti Mayerhof}$$

$$N_c = \text{sama seperti Mayerhof}$$

$$S_c = 1,5 \cdot (N_q - 1) \tan \phi$$

Faktor bentuk :

$$S_c' = 0,2 \cdot B/L$$

$$S_q = 1 + B/L \cdot \tan \phi$$

$$S_c = 1 + N_q \cdot B/N_c L$$

$$S_\gamma = 1 - 0,4 \cdot B/L$$

Faktor kedalaman

$$d_c' = 0,4 \cdot D/B \quad (D \leq B)$$

$$d_c' = 0,4 \cdot \tan^{-1} \cdot D/B \quad (D > B)$$

$$d_c = 1 + 0,4 \cdot D/B \quad (D \leq B)$$

$$d_c = 1 + 0,4 \cdot \tan^{-1} \cdot D/B \quad (D > B)$$

$$d_q = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 D/B \quad (D \leq B)$$

$$d_q = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 \tan^{-1} \cdot D/B$$

$$d_\gamma = 1,0 \text{ untuk semua } \phi$$

Faktor inklinasi :

$$i_c = 0,5 - 0,5 \cdot (1 - H/Ar \cdot c_s)$$

$$i_q = \left(1 - \frac{0,5 H}{V + Af \cdot c_s \cdot \cot \phi}\right)^5$$

$$i_c = I_q - (1 - I_q)/(N_q - 1)$$

Tanah horizontal

$$i_\gamma = \left(1 - \frac{0,7 H}{V + Af \cdot c_s \cdot \cot \phi}\right)^5$$

Tanah miring :

$$i_\gamma = \left(1 - \frac{(0,7 - \eta^\circ / 450^\circ) \cdot H}{V + Af \cdot c_s \cdot \cot \phi}\right)^5$$

Faktor tanah :

$$g_c = \psi^\circ / 147^\circ ;$$

faktor basis :

$$b_c = \eta^\circ / 147^\circ$$

$$b_q = b_\gamma = \exp (-2 \eta \cdot \tan \phi)$$

dimana η : radians for b_q

$$\text{Untuk tanah horizontal } g_c' = 0 ; g_c = 1 - \psi^\circ / 147^\circ ; g_q = g_\gamma = (1 - 0,5 \cdot \tan \psi^\circ)^5$$

Pembatasan :

$$H \leq V \tan \delta + c_2 A_r$$

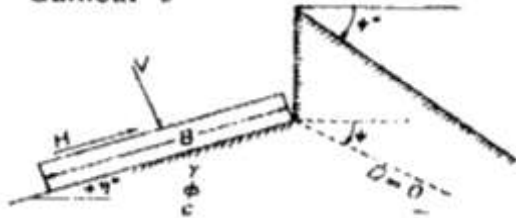
$$I_q, i\gamma > 0$$

$$\psi \leq \phi$$

$$\eta + \psi \leq 90^\circ$$

γ = Berat volume tanah

Gambar 3



e. Skempton 1951 (Bowles, 1986)

$$q_u = c \cdot N_c + \gamma \cdot D ; q_a = q_u/3$$

Dimana :

q_u = daya dukung batas pondasi

N_c = dari grafik

C = kohesi tanah

D = Kedalaman dasar telapak

METODOLOGI PENELITIAN

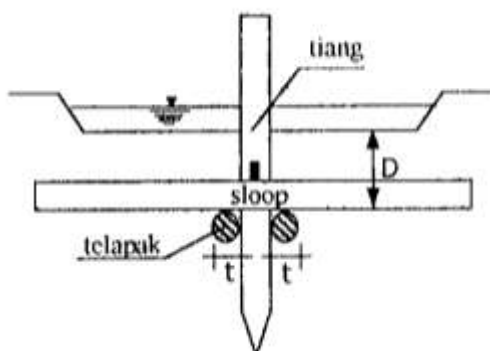
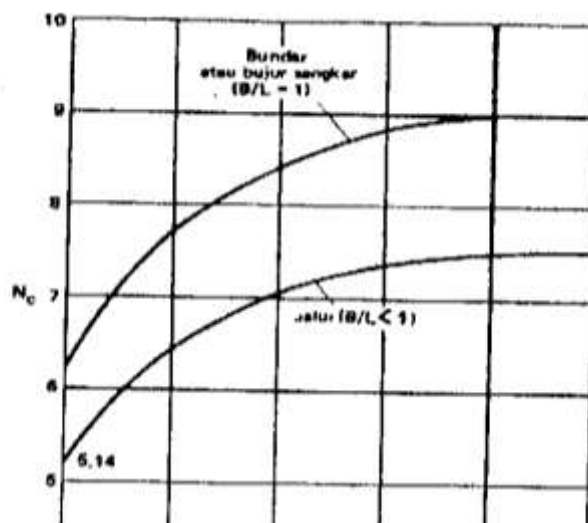
Bahan (contoh tanah)

Pada pengambilan contoh (sampling) dari sejumlah kecil tanah untuk percobaan fisis dan indeks dikategorikan pengambilan contoh terganggu (disturbed) dan tak terganggu (undisturbed). Contoh tanah tak terganggu didapat dengan boring pada tanah rawa di banjarmasin dan sekitarnya.

Alat

Seperangkat peralatan untuk pengambilan sampel tanah (satu set hand boring) Percobaan laboratorium :

Percobaan triaksial untuk menentukan



dimana :

D = kedalaman dasar telapak

t = diameter kayu galam

B = ukuran terkecil pondasi = $2t$

L = jarak antar pondasi (jarak antar 2 tiang)

A = luas bidang kontak ; $A = B \cdot L$

Gambar 5. Asumsi fondasi dangkal untuk fondasi kacapuri

parameter c dan ϕ

Studi literatur

Setelah diadakan pendekatan dengan rumus pondasi dangkal, pondasi kacapuri dapat dianggap sebagai pondasi dangkal/ telapak menurut Terzaghi (1943), Hansen (1970) Skempton (1951), Ohsaki dan Mayerhof (1951).

Perhitungan kapasitas dukung teoritis

Dipilih hasil perhitungan daya dukung izin (q) terkecil diantara cara analisis di atas

Beban teoritis yang bekerja pada satu tiang :

$$P_u = A \cdot q_u - G/4$$

$$P_{izin} = A \cdot q_u - G/4$$

Beban teoritis untuk model

$$(P_{um}) = [4(A \cdot q_u) - G]$$

d. Didapat beban kerja (beban runtuh) lapangan (P_r) hasil loading test dari model tersebut

Hasil analisis data

Untuk pertimbangan keamanan dalam perencanaan maka formula kapasitas dukung pondasi dangkal dapat dipakai untuk pondasi kacapuri jika :

$$P_r \geq P_{um}$$

DATA & HASIL ANALISIS

Dengan asumsi sebagai pondasi dangkal maka dapat dipakai beberapa formula Terzaghi (1943), Hansen (1970) Skempton (1951), Ohsaki dan Mayerhof (1951).

Tabel 4. Data hasil percobaan laboratorium

No boring	C_c (Kg/Cm ²)	ϕ°	γ (t/m ³)
B1	0,02	1	1,38
B2	0,08	2	1,36
B3	0,07	1,5	1,30
Average	00,56	1,5	1,346

Tabel 5. Data hasil perhitungan kapasitas dukung teoritis Berat sendiri (G) = 75 Kg

Formula	Kap. Dukung tanah (q_u)	Kap. Dukung model (P_{pum}) = $4(a \cdot q_u) - G$
Terzaghi	0,2281 kg/cm ²	1567,32 kg
Ohsaki	0,3003 kg/cm ²	2087,16 kg
Mayerhof	0,3514 kg/cm ²	2455,08 kg
Skempton	0,3280 kg/cm ²	2286,40 kg
Sansen	0,3873 kg/cm ²	2713,56 kg

Beban maximum untuk loading tes adalah

200% P_{um}

Dimana

A = Luas bidang kontak

G = berat sendiri model

Q_a = $q_u/3$

Tes pembebanan (loading tes)

Diadakan pengujian beban terhadap model pondasi :

- dibuat empat buah model di lapangan
- bentuk model pondasi kacapuri terdiri dari 4 titik tumpuan dengan tiang skala 1 : 1
- diadakan pengujian (loading test) sampai runtuh terhadap model di lapangan.

Mencari beban kerja untuk loading test, diambil yang terkecil (Terzaghi) :

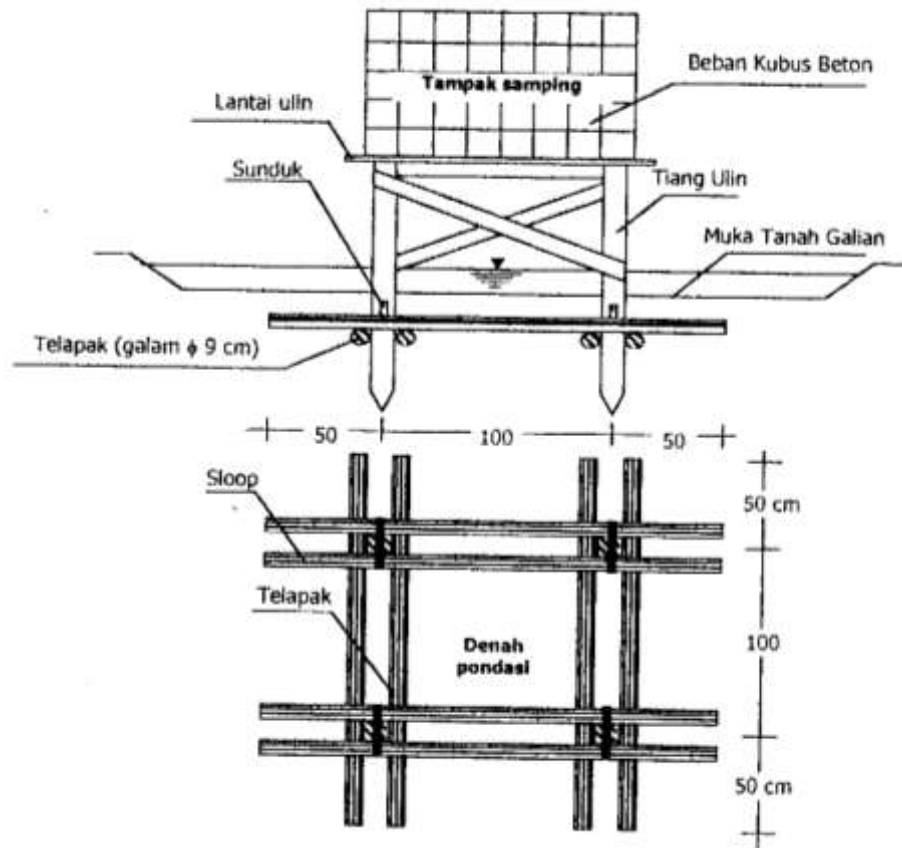
$$q_u = 0,2281 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_{um} = 1567,32 \text{ kg}$$

Beban kerja maximum loading test (P_{lt}) = 200 % P_{um} = 3134,64 kg

Prosedur Tes Pembebanan (Loading Test)

- Buat 4 (empat) buah model fondasi kacapuri dengan skala 1 : 1 (lihat gambar).
- Siapkan beban sebanyak 2 x P_u teoritis. Dalam percobaan ini digunakan kubus-kubus beton dengan ukuran 15 cm x 15 cm x 15 cm


 Gambar 6. Model Tes Pembebanan (*Loading Test*)

- c. Bersihkan tanah rawa dengan menggali sedalam 50 cm dari muka air.
- d. Pasang model fondasi dan timbang serta hitung berat total fondasi setelah terpasang lalu letakkan mistar ukur untuk mengetahui besar penurunan.
- e. Beban pertama ± 300 kg, tiap 3 jam beban ditambah ± 300 kg hingga $P_{ut} = 3134,64$ kg.
- f. Ukur dan catat penurunan yang terjadi setiap 3 jam sebelum menambah beban.
- g. Lakukan penambahan setiap 3 jam, sehingga penurunan cukup besar (failure).

 Tabel 6. Data hasil *loading test* model 1

Tahap (Interval 3 jam)	Beban (kg)	Besaran Penurunan				
		A (cm)	B (cm)	C (cm)	D (cm)	Rata-rata (cm)
I	304,30	0	0	0	0	0,00
II	610,35	0,6	0,7	0,7	0,6	0,65
III	912,45	0,8	0,9	0,9	0,8	0,85
IV	1213,69	0,9	1,2	1,3	1,3	1,18
V	1515,50	1,1	1,4	1,5	1,5	1,38
VI	1817,47	1,5	1,5	1,8	1,6	1,60
VII	2119,84	5,2	4,8	5,5	5,3	5,20
VIII		-	-	-	-	FAILUR

Tabel 7. Data hasil *loading test* model 2

Tahap (Interval 3 jam)	Beban	Besaran Penurunan				
	(kg)	A (cm)	B (cm)	C (cm)	D (cm)	Rata-rata (cm)
I	302,37	0,0	0,0	0,0	0,0	0,000
II	604,34	0,5	0,5	1,2	0,5	0,675
III	906,15	0,6	0,8	1,5	0,8	0,925
IV	1207,38	0,7	0,8	1,6	0,8	0,970
V	1509,48	0,8	0,9	1,7	1,0	1,100
VI	1815,54	1,3	1,2	1,8	1,5	1,450
VII	2120,84	5,2	4,8	5,4	4,7	5,025
VIII		-	-	-	-	FAILURE

Tabel 8. Data hasil *loading test* model 3

Tahap (Interval 3 jam)	Beban	Besaran Penurunan				
	(kg)	A (cm)	B (cm)	C (cm)	D (cm)	Rata-rata (cm)
I	303,35	0,0	0,0	0,0	0,0	0,000
II	608,50	0,6	0,5	0,7	0,6	0,600
III	908,40	0,7	0,8	0,9	0,8	0,800
IV	1209,50	0,8	0,9	1,2	0,9	0,950
V	1521,60	0,9	1,0	1,2	1,1	1,050
VI	1816,70	1,4	1,3	1,5	1,5	1,425
VII	2118,80	4,9	4,7	4,8	4,7	4,775
VIII		-	-	-	-	FAILURE

Tabel 9. Data hasil *loading test* model 4

Tahap (Interval 3 jam)	Beban	Besaran Penurunan				
	(kg)	A (cm)	B (cm)	C (cm)	D (cm)	Rata-rata (cm)
I	302,20	0,0	0,0	0,0	0,0	0
II	607,30	0,5	0,7	0,6	0,5	0,575
III	907,40	0,7	0,9	0,8	0,8	0,800
IV	1208,50	0,9	1,0	1,1	0,9	0,975
V	1510,30	1,1	1,2	1,2	1,0	1,125
VI	1815,60	1,4	1,5	1,6	1,3	1,450
VII	2116,40	4,8	4,9	5,0	4,7	4,850
VIII		-	-	-	-	FAILURE

Tabel 10. Hasil Percobaan *Loading test* empat buah model

Beban runtuh (P_r) model (kg)				
Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Pr (minimum)
2119,84	2120,84	2118,80	2116,40	2116,40

Hasil Analisa Data

Tabel 11. Analisa Data

Formula	Beban runtuh P_r (kg)	Kap. Dukung teoritis. P_{um} (kg)	Evaluasi
Terzaghi	2116,40	1567,32	$P_r > P_u$
Ohsaki		2087,16	$P_r > P_u$
Mayerhof		2455,08	$P_r < P_u$
Skempton		2286,40	$P_r < P_u$
Hansen		2713,56	$P_r < P_u$

Yang memenuhi persyaratan ($P_r \geq P_{um}$) adalah formula Terzaghi dan Ohsaki membangun dalam penyelesaian artikel ini.

KESIMPULAN

Kapasitas dukung teoritis sebagai dasar perencanaan dapat dihitung dengan formula Terzaghi dan Ohsaki. Untuk meningkatkan kapasitas dukung pondasi kacapuri dapat dilakukan dengan menambah jumlah kayu galam telapak pondasi sehingga nilai B menjadi besar.

Ucapan terima kasih

Ucapan terima kasih kepada Ibu Ir. Mahyar Diana sebagai dekan Fak teknik unlam yang telah memberikan dana SPP untuk penelitian dengan judul “analisis daya dukung teoritis pondasi kacapuri pada tahun 1990 sebagai bahan penulisan artikel ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada rekan-rekan yang telah memberikan saran serta kritik yang membangun dalam penyelesaian artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Baraja, Md 1982 Soil Mechanic Laboratory Manual, The University Of Texas At El Paso.
- Bowles Je 1986, Sifat-Sifat Fisis Dan Geoteknik Tanah, Terjemahan Oleh Jk Hainim, Penerbit Erlangga.

Bowles Je, 1977, Foundation Analysis And Design, Mcgraw-Hill Kogakusha. Ltd, Tokyo.

Iskandar, 1990, Analisis Daya Dukng Teoritis Pondasi Kacapuri, Fakultas Teknik Unlam, Banjarmasin.

Craig, Rf., 1987, Soil Mechanics, Van Nostroad Reinhold (UK) Co. Ltd.

Sosrodarsono, S., 1984, Mekanika Tanah Dan Teknik Pondasi., Terjemahan Oleh Taulu. L, Penerbit PT. Pranya Paramita.

Wesley, Lr.,1977, Mekanika Tanah, Badan Penerbit Pekerjaan Umum.