

PERBEDAAN DAYA DUKUNG FONDASI DANGKAL DI TANAH GAMBUT DENGAN DAN TANPA MENGGUNAKAN EPOXY DI KALIMANTAN

Avira Natasyah Wihelmina¹ dan Chaidir Anwar Makarim²

¹Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No.1 Jakarta
avira.325150094@stu.untar.ac.id

²Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No.1 Jakarta
chaidir259@gmail.com

Masuk:11-01-2021, revisi: 01-02-2021, diterima untuk diterbitkan: 11-02-2021

ABSTRACT

The construction of residential houses in East Kalimantan will continue to increase, if we do not know the nature and characteristics of the peat soil itself, there will be many problems or construction failures. Peat soil or better known as peat soil has a low soil bearing capacity and a large settlement. This study aims to determine the bearing capacity and subsidence in the soil in East Kalimantan when using a shallow square foundation measuring 2m x2m with a depth of 1.5m and the efficiency of the cost of making the foundation when using epoxy and not using epoxy, as a paint that protects the foundation layer from high acidity of peat soils.

Keywords: peat; bearing capacity; epoxy.

ABSTRAK

Pembangunan konstruksi rumah tinggal di Kalimantan timur akan terus meningkat, apabila kita tidak mengetahui sifat dan karakteristik dari tanah gambut itu sendiri maka akan terjadi banyak masalah atau kegagalan konstruksi. Tanah gambut atau yang lebih dikenal dengan nama *peat soil* memiliki daya dukung tanah yang rendah dan penurunan yang besar. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui daya dukung dan penurunan pada tanah dikalimantan timur apabila menggunakan fondasi dangkal bujur sangkar yang berukuran 2m x2m dengan kedalaman 1,5m dan efisiensi harga pembuatan fondasi apabila menggunakan cat *epoxy* dan tidak menggunakan cat *epoxy*, sebagai cat yang melindungi lapisan fondasi dari kadar keasaman tanah gambut yang tinggi.

Kata kunci: gambut; daya dukung; *epoxy*.

1. PENDAHULUAN

Bangunan rumah tinggal adalah salah satu dari kebutuhan setiap makhluk hidup, dimana bangunan ini dijadikan sebagai tempat tinggal dari setiap manusia. Pada suatu daerah dikalimantan timur akan dibangun sebuah rumah tinggal yang memiliki luas 225m persegi. Keberadaan Tanah lunak ini memberikan banyak kerugian seperti kurangnya daya dukung yang bisa menyebabkan mahalnya desain perencanaan, angka keamanan yang kecil dan bisa berbahaya dan memberikan kerugian seperti keretakan dinding bangunan akibat fondasi yang tidak kuat terhadap tingkat keasaman pada air tanah tersebut. Dikarenakan tingkat asam yang tinggi pada tanah ini maka pemakaian cat *epoxy* pada lapisan fondasi cukup menjadi solusi.

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah daya dukung tanah menggunakan fondasi dangkal dapat memenuhi syarat, dan berapa besar biaya yang di butuhkan untuk membuat fondasi menggunakan *epoxy* dan membuat fondasi tanpa menggunakan *epoxy*.

Tanah gambut

Tanah gambut dalam konstruksi menjadi permasalahan, karena daya dukungnya yang rendah menyebabkan kerugian, mulai dari kerugian biaya konstruksi yang semakin mahal hingga rendahnya angka keamanan dan tanah gambut sendiri memiliki kadar ph yang rendah dan menyebabkan kandungan mineralnya menjadi asam.

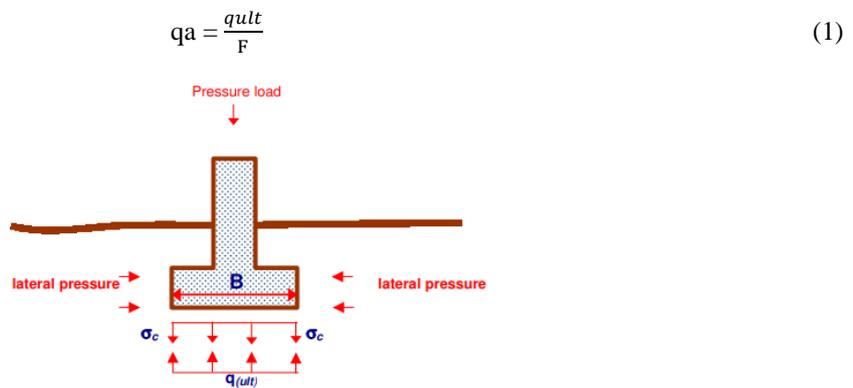
Menurut *Construction Research Institute of Malaysia* (2015), Gambut juga ditemukan di iklim tropis, dimana kondisinya memungkinkan untuk pembentukan gambut. Lahan gambut tropis tersebar di beberapa wilayah Afrika, dan bagian dari Amerika Tengah, namun dua per tiga dari total wilayahnya dilaporkan berada di Asia Tenggara. Wilayah lahan gambut tropis terletak di pulau Kalimantan dan Sumatera. Selain itu juga ditemukan di Malaysia, Vietnam, Thailand dan Filipina.

Fondasi dangkal

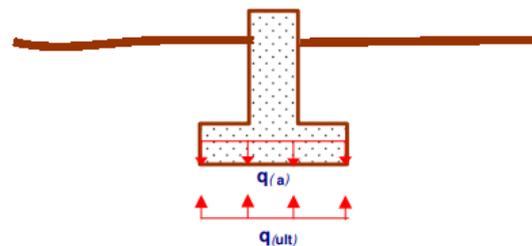
Fondasi dangkal memiliki beberapa jenis fondasi yaitu fondasi telapak, fondasi cakar ayam, fondasi sarang laba-laba, fondasi gasing, fondasi *grid*, dan fondasi *hybaar*. Namun fondasi telapak adalah salah satu fondasi dangkal yang paling sering digunakan untuk berbagai tipe tanah pada sebuah konstruksi bangunan khususnya rumah tinggal. Perencanaan struktur fondasi didasarkan pada beban momen dan beban aksial yang terjadi sehingga mengakibatkan terjadinya gaya tekan pada dasar fondasi yang disalurkan ke tanah.

Daya dukung tanah

Besaran Daya dukung pada tanah adalah besar tekanan yang biasa disebut juga sebagai kemampuan pada tanah untuk menerima beban luar sehingga menjadi stabil. Besar Kapasitas daya dukung fondasi dangkal memiliki hubungan dengan bagian perancangan di dalam bidang geoteknik. Beberapa kriteria perancangan yang biasa dibuat adalah nilai kapasitas daya dukung pada tanah harus lebih besar atau sama dengan nilai beban luar yang ditransfer melalui fondasi ke tanah yang berada dibawah pondasi. Metode Terzaghi mempersiapkan rumus daya dukung tanah yang memperhitungkan keadaan *ultimate bearing capacity*, artinya: apabila suatu batas nilai dilampaui dapat menimbulkan runtuh (*collapse*). Oleh karena itu daya dukung yang sesuai dengan ijin (*allowable bearing capacity*) harus lebih kecil daripada *ultimate bearing capacity*. Daya dukung batas (*q_{ult}*, *ultimate bearing capacity*; kg/cm², t/m²) tanah yang terdapat pada bawah beban fondasi sangat bergantung pada kekuatan geser (*shear strength*). Nilai daya dukung tanah yang diijinkan (*q_a*, *allowable bearing capacity*) untuk sebuah rancangan bangunan fondasi ikut melibatkan beberapa faktor karakteristik kekuatan dan deformasi. Nilai daya dukung ijin (*allowable bearing capacity*, *q_a*) sangat tergantung pada sebesar apa nilai Faktor Keamanannya (*F*) yang dipilih. Umumnya nilai Faktor Keamanan yang biasa dipilih yaitu 2 sampai dengan 5, sampai besar daya dukung yang diijinkan, dapat dilihat seperti pada gambar 1 dan gambar 2 dibawah, berikut ini:



Gambar 1. Gaya yang bekerja pada sistem fondasi (Zakaria, 2006)



Gambar 2. Hubungan *q(a)* dan *q(ult)* pada fondasi (Zakaria, 2006)

Untuk menghitung besaran kapasitas daya dukung menggunakan metode Terzaghi dapat dilihat pada tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. Kapasitas dayadukung tanah untuk beberapa jenis fondasi menurut cara Terzaghi.

Jenis pondasi	Kapasitas daya dukung (Terzaghi)
Lajur/menerus	$q_{ult} = c.N_c + q.N_q + 0,5 \gamma B N_\gamma$
Segi empat	$q_{ult} = 1,3 c.N_c + q.N_q + 0,4 \gamma B N_\gamma$
Lingkaran	$q_{ult} = 1,3 c.N_c + q.N_q + 0,3 \gamma B N_\gamma$

Penurunan tanah

Jika lapisan tanah diberikan beban, maka tanah akan mengalami penurunan. Penurunan yang disebabkan oleh pengurangan rongga pori dan air di dalam tanah tersebut. Tanah didefinisikan secara umum adalah kumpulan dari bagian-bagian yang padat dan tidak terikat antara satu dengan yang lain (diantaranya mungkin material organik) rongga-rongga diantara material tersebut berisi udara dan air (Verhoef, 1994). Keluarnya air dan berkurangnya volume dari tanah tersebut menyebabkan naiknya daya dukung tanah dasar. Pada kasus tanah lempung yang berpemeabilitas rendah, tegangan air pori berlebih membutuhkan waktu yang cukup lama untuk teredispasi. Ada dua jenis penurunan konsolidasi yaitu konsolidasi normal (*normally consolidated*) dan konsolidasi berlebih (*over consolidated*) Berdasarkan teori Terzaghi tentang konsolidasi satu dimensi, untuk tanah terkonsolidasi normal dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$S_c = \frac{C_c}{1+e_0} H \log \left(\frac{P_{o'} + \Delta p}{P_{o'}} \right) \quad (2)$$

dengan S_c = penurunan konsolidasi, C_c = nilai *compression index*, e_0 = *Void Ratio* awal, H = Tinggi awal terkonsolidasi, $P_{o'}$ = Tegangan *overburden* efektif, $P_{o'} + \Delta p$ = Tegangan tanah akhir, yaitu tegangan tanah awal + tegangan akibat beban luar.

Sedangkan untuk tanah yang terkonsolidasi berlebih, penurunan dapat dihitung dengan persamaan berikut untuk ($P_{o'} + \Delta p > P_c$) :

$$S_c = \frac{C_c}{1+e_0} H \log \left(\frac{P_{c'}}{P_{o'}} \right) + \frac{C_c}{1+e_0} H \log \left(\frac{P_{o'} + \Delta p}{P_{c'}} \right) \quad (3)$$

Apabila ($P_{o'} + \Delta p < P_c$) :

$$S_c = \frac{C_s}{1+e_0} H \log \left(\frac{P_{o'} + \Delta p}{P_{o'}} \right) \quad (4)$$

dengan $P_{c'}$ = Tegangan Prakonsolidasi.

Lapisan tanah *compressible*

Untuk tebal lapisan tanah *compressible* yang diperhitungkan adalah tanah yang bisa mengalami pemampatan proses konsolidasi primer, yaitu yang memiliki nilai N-SPT > 10 dianggap sudah tidak dapat mengalami konsolidasi, dapat dilihat pada tabel.2 dibawah ini.

Tabel 2. Hubungan N-SPT terhadap konsistensi tanah lempung (Terzaghi dan Peck, 1967)

Consistency	Unconfined Compression	N-SPT (blows per ft)	Saturated Unit
	Strength, q_u (kN/m ²)		Weight, (kN/m ³)
Very Soft	0-25	0 - 2	< 16
Soft	25 - 50	2 - 4	16 - 19

Lanjutan Tabel 2. Hubungan N-SPT terhadap konsistensi tanah lempung (Terzaghi dan Peck, 1967)

<i>Medium</i>	50 - 100	4 - 8	17 - 20
<i>Stiff</i>	100 - 200	8 - 15	18 - 20
<i>Very Stiff</i>	200 - 400	15 - 30	19 - 22
<i>Hard</i>	>400	>30	>20

Waktu penurunan konsolidasi

Hal yang mempengaruhi waktu penurunan adalah panjang lintasan air untuk terdisipasi. Pada tanah yang terkonsolidasi tidak dengan menggunakan *PVD*, pengaliran yang terjadi hanya arah vertikal. Menurut Terzaghi dalam (B. M. Das), lama waktu konsolidasi dapat dicari dengan persamaan berikut:

$$t = \frac{T_v (H_{dr})^2}{c_v} \quad (8)$$

dengan t = waktu konsolidasi, T_v = faktor waktu, H_{dr} = panjang aliran air, C_v = koefisien konsolidasi vertikal. Untuk derajat konsolidasi antara 0-60% dirumuskan dengan :

$$U = \left(2 \sqrt{\frac{T_v}{\pi}} \right) 100\% \quad (9)$$

dengan U = derajat konsolidasi, T_v = faktor waktu.

Perhitungan rencana anggaran biaya

Rencana anggaran biaya (RAB) adalah suatu dokumen yang berisi komponen masukan (*input*) dari sebuah kegiatan besaran biaya dari masing-masing komponen. RAB merupakan penjabaran lebih lanjut dari unsur perkiraan biaya dalam kerangka acuan kegiatan (*Term Of Reference*). Jadi rencana anggaran biaya bangunan atau RAB adalah perhitungan biaya bangunan berdasarkan gambar bangunan dan spesifikasi pekerjaan dan konstruksi yang akan di bangun, sehingga dengan adanya RAB dapat dijadikan sebagai acuan pelaksanaan pekerjaan nantinya.

Epoxy

Cat anti korosi berbahan dasar bitumen warna hitam khusus *coating* tiang pancang/metal sebelum di tanam ke dalam air atau tanah. *Epoxy coating* untuk mengisi celah-celah keretakan lantai beton, dinding beton, dll. Berfungsi sebagai dempul atau *waterproofing* untuk meratakan permukaan sebelum *finishing*.

2. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini dilakukan beberapa tahapan sebagai berikut :

1. Tahapan pertama, melakukan pengumpulan data data parameter tanah, data beban di atas tanah, dan data biaya persatuan bahan dan tenaga.
2. Tahapan kedua, pengumpulan informasi yang berkaitan dengan perhitungan daya dukung tanah, penurunan dan perhitungan rencana anggaran biaya.
3. Tahapan ketiga, melakukan korelasi data pada parameter tanah dan pendekatan dari data-data yang ada dan dibutuhkan untuk perhitungan daya dukung dan penurunan tanah.
4. Tahapan keempat, melakukan analisis untuk daya dukung tanah, penurunan dan rencana anggaran biaya.
5. Tahapan kelima, penjabaran hasil perencanaan fondasi dangkal sesuai dengan yang diinginkan atau tidak. Setelah itu didapatkan hasil kesimpulan apakah fondasi dangkal dengan menggunakan lapisan epoxy dapat digunakan ditanah gambut atau tidak.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada perencanaan ini digunakan 3 titik bor yang berbeda serta dilakukan pengambilan sampel pada ketiga titik tersebut. Analisis dilakukan dengan geometri timbunan pada BH-1. Setelah dilakukan korelasi parameter pada data tanah, akan dilanjutkan dengan perhitungan tinggi timbunan *actual* (*Hinitial*) dengan H_{final} yang sudah

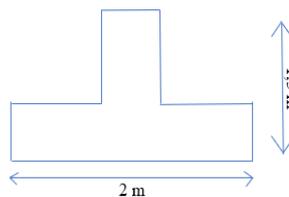
direncanakan. Data korelasi timbunan dari BH-1, BH-2 dan BH-3 dapat dilihat pada tabel 3 dibawah ini, sebagai berikut :

Tabel 3. Data parameter tanah

Soil	Elevation (m)		γ_{sat} (kN/m ³)	e	Po' (kN/m ²)	Cc	Cu (kN/M ²)	OCR	Pc (kN/m ²)
CLAY	0	1,8	17,212	0,45	15,49	0,115	30		
CLAY	1,8	4	17,212	0,55	37,92	0,23	32,688	10,685	405,134
CLAY	4	6	16,615	1,103	52,46	0,866	39,226	3,5969	188,709
CLAY	6	8	15,928	0,55	65,01	0,23	26,151	4,1828	271,917
SILT	8	10	15,481	1,1	76,42	0,47	13,075	1,9624	149,969
SILT	10	14	15,978	1,1	93,86	0,47	13,075	2,1306	199,980
SILT	14	16	15,196	1,5	111	0,686	6,37	1,9809	219,899
SILT	16	18	17,299	1,5	123,5	0,686	13,075	0,8693	107,370
SILT	18	20	17,318	1,5	138,1	0,686	6,537	0,3886	53,685
SILT	20	22	17,318	1,5	152,8	0,686	19,613	1,0544	161,080
SILT	22	28	17,318	1,5	182	0,686	26,151	2,1506	391,503
SILT	28	30	17,358	1,5	211,4	0,686	26,151	1,0167	214,892
SILT	30	32	17,279	1,5	226	0,686	71,915	2,6151	590,985

Perhitungan daya dukung tanah jika menggunakan fondasi bujur sangkar berukuran 2m x 2m dengan kedalaman 1,5m seperti pada gambar.3 dibawah ,yaitu sebagai berikut:

a. Design Fondasi Dangkal



Gambar.3 Design Fondasi Dangkal

$$\begin{array}{l}
 D = 1,5 \text{ m} \\
 B = 2 \text{ m}
 \end{array}
 \left. \vphantom{\begin{array}{l} D \\ B \end{array}} \right\} \text{Syarat, } D/B \leq 1$$

$$\frac{1,5}{2} \leq 1$$

Nilai Beban yang digun $0,75 \leq 1$ (ok)

$$P_u = 21,38 \text{ kN} = 2,180 \text{ ton}$$

$$M_u = 14,58 \text{ kNm} = 1,487 \text{ tonm}$$

$$\frac{P}{2 m \times 2m} \times 0,1 = \frac{P}{(2 m+z) \times (2m+z)}$$

$$(2 + z)^2 = 2^2 \times 10$$

$$2 + z = 2\sqrt{10}$$

$$z = (\sqrt{10} - 1) \times 2$$

$$z = 4,32 \text{ m}$$

$$\bar{q} = \gamma_{\text{sat}} \times D + \gamma_{\text{efektif}} \times z = 1,1 \times 1 + (0,1 \times 0,5) = 1,15 \text{ ton/m}^2$$

$$M = 0 (1,5\text{m}) + 1,487 \text{ tonm} = 1,487 \text{ tonm}$$

$$H_c = 0,5 (1,5\text{m}) \times \tan (45 + \frac{33}{2}) = 0,4604 \text{ m}$$

a) Diagram Tegangan

$$\sigma = \frac{V}{A} \pm \frac{M}{W}$$

$$= \frac{2,180}{2 \times 2} \pm \frac{1,487}{\frac{1}{6} \times 2 \times 2 \times 2}$$

$$\sigma_{\text{max}} = 1,66 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_{\text{min}} = 0,57 \text{ t/m}^2$$

b) Daya dukung Terzaghi

Longterm:

$$q = 1,15 \text{ t/m}^2$$

$$c = 2,48 \text{ t/m}^2$$

$$\phi = 33^\circ \rightarrow N_c = 48,75$$

$$N_q = 33$$

$$N_\gamma = 31,93$$

$$q_{ult} = 1,3 c \cdot N_c + q \cdot N_q + 0,4 \gamma B N_\gamma$$

$$q_{ult} = 1,3 (2,48)(48,75) + (1,15)(33) + 0,4 (1,1)(2)(31,93)$$

$$q_{ult} = 223,218 \text{ t/m}^2$$

$$q_{all} = q_{ult}/SF$$

$$q_{all} = 223,218/3$$

$$= 74,406 \text{ t/m}^2 \rightarrow q_{all} \geq \sigma_{\text{max}}$$

$$74,406 \text{ t/m}^2 \geq 1,66 \text{ t/m}^2 \text{ (ok)}$$

Shortterm:

$$S_u = 4 \text{ t/m}^2$$

$$\phi = 0^\circ \rightarrow N_c = 5,71$$

$$N_q = 1$$

$$N_\gamma = 0$$

$$q_{ult} = 1,3 c \cdot N_c + q \cdot N_q + 0,4 \gamma B N_\gamma$$

$$q_{ult} = 1,3 (2,48)(5,71) + (1,15)(1) + 0$$

$$q_{ult} = 19,559 \text{ t/m}^2$$

$$q_{all} = q_{ult}/SF$$

$$\begin{aligned}
 q_{all} &= 19,559/3 \\
 &= 6,52t/m^2 \rightarrow q_{all} \geq \sigma_{min} \\
 &6,52t/m^2 \geq 0,57 t/m^2 \text{ (ok)}
 \end{aligned}$$

Kemudian dilakukan perhitungan penurunan secara elastisitas, penurunan konsolidasi, dan penurunan sekunder, yang menghasilkan nilai total penurunan yang terjadi yaitu sebagai berikut;

$$\begin{aligned}
 S_{e \max} &= 1,298 \times 10^{-4} \text{ m} \\
 S_{c \max} &= 8,411 \times 10^{-3} \text{ m} \\
 S_{s \max} &= 0,027 \text{ m} \\
 S_{total} &= S_e + S_c + S_s = 0,0355 \text{ m} \\
 S_{ijin} &= 15 \text{ cm} + B/600 \\
 &= 150 + 2000/600 \\
 &= 153,33 \text{ mm} = 0,15333 \text{ m} \\
 S_{total} &\leq S_{ijin} \\
 0,0355 \text{ m} &\leq 0,15333 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Karena fondasi dangkal yang direncanakan sudah memenuhi syarat dari daya dukung dan penurunan tanah, lalu kita menghitung perbandingan rencana anggaran biaya apabila fondasi dilapisi oleh *epoxy* dan tidak dilapisi oleh *epoxy*, seperti pada tabel.4 dan tabel.5 dibawah.

Tabel 4. Hasil analisis harga satuan pekerja beton fondasi per 1m³

Jenis & Tenaga	Bahan	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
Beton Cor		m ³	1	505.650	505.650
Cetakan Beton		m ²	0,7	76.700	53.690
Besi Beton		kg	147,5	9.635	1.421.163
Upah Cor		m ³	1	230.000	230.000
Buka cetakan/siram		org	1	30.000	30.000
Jumlah =					2.240.503

Jadi, total biaya pekerjaan fondasi: $12,35 \text{ m}^3 \times 2.240.503/\text{m}^3$: Rp 27.670.213 (sebelum menggunakan *epoxy*).

Tabel 5. Hasil analisis harga satuan pekerja beton fondasi per 1m^3

Jenis Bahan & Tenaga	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
Beton Cor	m^3	1	505.650	505.650
Cetakan Beton	m^2	0,7	76.700	53.690
Besi Beton	kg	147,5	9.635	1.421.163
Cat <i>Epoxy</i>	m^2	1	353.900	353.900
Upah Cor	m^3	1	230.000	230.000
Buka cetakan/siram	org	1	30.000	30.000
Jumlah =				2.594.403

Jadi, total biaya pekerjaan fondasi: $12,35 \text{ m}^3 \times 2.594.403/\text{m}^3$: Rp 32.040.878 (memakai *epoxy*).

Total dari perbedaan rencana anggaran biaya kedua fondasi dapat dilihat pada tabel 6 berikut ini;

Tabel 6. Hasil perbandingan harga satuan pekerja beton fondasi

Keterangan	Harga
Fondasi tanpa lapisan <i>epoxy</i>	Rp 27.670.213
Fondasi dengan lapisan <i>epoxy</i>	Rp 32.040.878

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Hasil perhitungan daya dukung tanah dengan menggunakan daya dukung Terzaghi menyatakan bahwa, pondasi yang *didesign* memenuhi syarat dari daya dukung tanah secara *longterm* $74,406\text{t}/\text{m}^2 \geq 1,66 \text{ t}/\text{m}^2$ ($q_{all} \geq \sigma_{max}$) dan *shortterm* $6,52\text{t}/\text{m}^2 \geq 0,57 \text{ t}/\text{m}^2$ ($q_{all} \geq \sigma_{min}$).
2. Hasil perhitungan penurunan didapat bahwa fondasi bujur sangkar dengan ukuran $2\text{m} \times 2\text{m}$ dengan kedalaman $1,5 \text{ m}$ memenuhi syarat penurunan karena hasil $Stotal \leq Sijin$, yaitu $0,0355 \text{ m} \leq 0,15333 \text{ m}$.
3. Hasil perhitungan perbandingan Rencana Anggaran Biaya pembuatan fondasi tanpa *epoxy* dan fondasi menggunakan *epoxy* memang memiliki perbedaan biaya yang dikeluarkan berikut hasil dari rab yang dihitung dapat dilihat pada Tabel 6. Namun, perbedaannya tidak terlalu jauh hanya saja apabila menggunakan *epoxy* pada beton difondasi lebih memiliki durabilitas yang cukup besar sehingga umur bangunan mampu mencapai *standart* yang ada yaitu sekitar 25-30 tahun.

Saran

Pada kondisi tanah dikalimantan yang kebanyakan memiliki tingkat keasaman yang tinggi, jika tidak ingin menggunakan fondasi dangkal dapat menggantinya, menjadi fondasi yang berbahan dasar dari kayu seperti kayu ulin, dan kayu gelam. Namun kalau ingin menggunakan fondasi dangkal yang kuat terhadap asam dapat mengganti cat *epoxy* dengan penggunaan semen yang tahan terhadap asam yaitu, *high early strength (portland cement tipe 3)*.

DAFTAR PUSTAKA

- Construction Research Institute of Malaysia. Guidelines for Construction on Peat and Organic Soils in Malaysia.*
Kuala Lumpur: *Construction Research Institute of Malaysia*, 2015.
- Hardiyatmo, H.C. *Mekanika Tanah 1*. Jakarta: Gramedia Pustaka Umum, 1992.
- Terzaghi, Karl and Ralph Brazeleton Peck. *Soil Mechanics in Engineering Practise*. Jakarta: Erlangga, 1967.
- Yulianto, F. E. Perilaku tanah gambut berserata permasalahan dan solusinya. Jember: Jurnal Teknik Sipil Universitas Jember Konferensi Nasional Teknik Sipil dan Infrastruktur – I, 2017.
- Zakaria, Z. *Dayadukung Tanah Fondasi Dangkal*. Sumedang: Laboratorium Geologi Teknik Jurusan Geologi, FaMIPA-UNPAD, 2006.

