

PEMETAAN PENURUNAN ELASTIS FONDASI TIANG BERDASARKAN DATA SONDIR KOTA PEKANBARU

Muhammad Muhshi¹⁾, Agus Ika Putra²⁾, Soewignjo Agus Nugroho²⁾

Email : muhammad.muhshi@student.unri.ac.id

ABSTRACT

Pekanbaru City has developed quite rapidly. Therefore, local governments are aware of the high demand for multi-story building construction, so that buildings built with more than two floors are required to conduct a land subsidence test. The load of a structure will be transmitted by the foundation to the ground, where the soil is expected to be able to support the load. The soil subsidence test is obtained from the sondir test data or also called the Dutch Cone Penetration Test (DCPT) which is used to determine the profile into the soil continuously with the value of cone tip resistance and blanket resistance (Wafi et al., 2013). The purpose of this study is to analyze the calculation of the settlement of a single pile foundation based on the foundation bearing capacity data from the sondir data obtained from the Riau University Laboratory using the elastic settlement method. The research stages carried out are reviewing theories related to piles, then collecting data including data on the carrying capacity of the foundation and sondir data. The final stage is conducting calculation analysis. The results of this study obtained a map of the elastic settlement of the pile foundation at a depth of 6 meters, 12 meters and 18 meters.

Keywords: Mapping, Foundation subsidence, Sondir

1. PENDAHULUAN

Tanah mempunyai peranan yang sangat penting. Selain sebagai penyangga, tanah dapat berfungsi sebagai bahan konstruksi itu sendiri. Beban suatu struktur akan diteruskan oleh fondasi ke tanah, dimana tanah diharapkan mampu mendukung beban tersebut. Perencanaan suatu konstruksi memerlukan beberapa data sifat fisik dan mekanis tanah yang diperoleh dari hasil penyelidikan tanah di lapangan maupun di laboratorium (Priadi & Purwoko, 2016).

Fondasi tiang adalah salah satu bagian dari struktur yang utama karena berfungsi meneruskan beban dari struktur atas ke dalam lapisan tanah sampai pada kedalaman tertentu. Fondasi tiang digunakan apabila tanah mempunyai daya dukung relatif kecil untuk mampu menahan beban bangunan di atasnya.

Pondasi tiang lebih sering digunakan untuk memikul beban struktur yang besar dibandingkan dengan jenis pondasi dangkal (Istianingsih, 2009).

Penurunan adalah perubahan volume tanah pada saat penambahan beban di atas

1 Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil FT Universitas Riau

2 Dosen Pengajar Program Studi Teknik Sipil FT Universitas Riau

permukaannya yang mengakibatkan gerakan tertentu pada suatu konstruksi. Pada umumnya, penurunan tidak seragam lebih membahayakan bangunan dari pada penurunan total yang terjadi.

Dutch Cone Penetration Test (DCPT) dikenal sebagai test Sondir digunakan untuk menentukan profil ke dalam tanah secara menerus dengan nilai tahanan ujung konus dan tahanan selimut (Wafi et al., 2013).

Seiring waktu, pembangunan di Kota Pekanbaru berkembang cukup pesat maka pemerintah daerah menyadari akan tingginya tuntutan pembangunan gedung berlantai banyak sehingga bangunan yang dibangun lebih dari dua lantai wajib melakukan uji penurunan tanah.

Oleh karena itu diangkatlah penelitian ini agar dapat dimanfaatkan secara langsung dan memberikan konsep baru (*novelties*), inovasi, dan publikasi, sehingga bermanfaat untuk memberi solusi permasalahan dalam menetapkan kedalaman fondasi suatu bangunan atau *infrastruktur* yang berdasarkan tinjauan penurunan fondasi di beberapa daerah Kota Pekanbaru.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Defenisi pondasi

Pondasi adalah konstruksi pada bagian dasar struktur/bangunan (*sub-structure*) yang berfungsi menyalurkan beban dari bagian atas struktur/bangunan (*upper structure*) ke lapisan

tanah dibawahnya tanpa mengakibatkan keruntuhan geser tanah dan penurunan (*settlement*) tanah/podasi yang berlebihan (Hartanto et al, 2018).

2.2 Jenis dan Kriteria Pemakaian Fondasi Tiang

Jenis jenis fondasi tiang, dibagi 4 (empat) yaitu :

1. Fondasi Tiang Pancang
2. Fondasi Tiang Beton
3. Fondasi Tiang Cerucuk
4. Fondasi Tiang Helical

Klasifikasi fondasi dibagi 2 (dua) yaitu:

1. Fondasi dangkal (*shallow foundation*)

Fondasi Dangkal adalah fondasi dengan perbandingan kedalaman (D) dan lebar telapak (B) kurang dari satu ($D/B \leq 1$), disebut juga fondasi alas, fondasi telapak-tersebar (*spread footing*) dan fondasi rakit. Terbuat dari beton dan memakai tulangan yang berguna untuk memikul momen lentur yang bekerja. Fondasi dangkal terdiri dari:

- a. Fondasi telapak
- b. Fondasi memanjang
- c. Fondasi rakit (*raft foundation*)

2. Fondasi dalam (*deep foundation*)

Perbandingan kedalaman dengan lebar fondasi lebih dari empat ($D/B \geq 4$), meneruskan beban ke tanah keras atau batu, terletak jauh dari permukaan; contoh: tiang pancang, *V pile*, *bore pile*. Fondasi dalam terdiri dari:

- a. Fondasi sumuran.
- b. Fondasi tiang (*pile foundation*).

2.3 Keruntuhan Fondasi Tiang

Dalam perencanaan fondasi, pondasi dikatakan aman apabila beban yang disalurkan fondasi ketanah tidak melebihi kekuatan tanah tersebut. Apabila kekuatan tanah berlebih maka fondasi akan terjadi keruntuhan sehingga akan menyebabkan kontruksi yang berada di atas fondasi tersebut mengalami kerusakan.

a. Keruntuhan tekuk

Keruntuhan tekuk terjadi pada tanah lunak dimana tiang hanya bertumpu pada tanah keras dan tanah disekeliling tiang tidak memberikan jepitan sehingga tiang berperilaku seperti kolom dengan tumpuan sendi.

b. Keruntuhan geser

Keruntuhan geser terjadi pada lapisan tanah penjepit yang cukup baik, tetapi lapisan tanah pada ujung pondasi lebih lunak dari lapisan di atasnya.

c. Keruntuhan akibat penurunan

Keruntuhan akibat penurunan terjadi jika ujung pondasi tiang ditempatkan pada tanah lunak, maka hal yang perlu diperhatikan adalah bahaya dari penurunan. jika penurunan besar, maka struktur di atas bangunan akan mengalami keretakan dan kemudian akan menyebabkan keruntuhan total.

2.4 Cone Penetration Test (CPT)

Cone Penetration Test (CPT) atau yang lebih dikenal dengan sondir merupakan salah satu pengujian tanah di lapangan yang dapat digunakan untuk menganalisis daya dukung tanah. selanjutnya dapat dilakukan analisis penurunan fondasi suatu bangunan.

CPT adalah sebuah alat yang ujungnya mempunyai bentuk kerucut dengan sudut 60° dan dengan luasan ujung 10 cm^2 . Alat ini digunakan dengan cara ditekan ke dalam tanah terus menerus dengan kecepatan tetap 20 mm/detik , sementara itu besarnya proses perlawanan tanah terhadap kerucut penetrasi (qc) juga diukur terus menerus.

Alat sondir ada dua, yaitu:

1. Sondir ringan (2 ton)

Sondir ringan digunakan untuk mengukur tekanan konus sampai dengan 150 kg/cm^2 , atau kedalaman maksimal 30 m , untuk uji tanah yang terdiri dari lempung, lanau dan pasir halus).

2. Sondir berat (10 ton)

Sondir berat digunakan untuk mengukur tekanan konus sampai dengan 500 kg/cm^2 atau kedalaman maksimal 50 m , untuk uji tanah yang terdiri dari lempung padat, lanau padat dan pasir kasar.

2.4.1 Tekanan konus (qc)

Tekanan ujung konus (qc) adalah perlawanan terhadap ujung konus yang

dinyatakan dengan gaya persatuan luas. Hambatan ujung konus (qc) adalah nilai yang sangat perlu dari pengujian sondir. Nilai ini menandakan identifikasi dari jenis tanah dan konsistensinya.

2.4.2 Gesekan selimut (fs)

Gesekan selimut (fs) adalah perlawanan geser tanah terhadap selubung konus ($bikonus$) dalam gaya persatuan panjang. Nilai fs dapat menggambarkan klasifikasi tanah. Untuk membedakan tanah berbutir halus dan tanah berbutir kasar digunakan rasio fs dan qc yang dikenal dengan nama rasio gesekan (Rf) (Rahardjo, 2008) dalam (Achmad, 2012).

2.5 Daya Dukung Tiang

Kapasitas dukung tiang dapat dihitung dengan menggunakan data uji sondir. Tahanan ujung yang termobilisasi pada tiang harus setara dengan tahanan ujung saat uji penetrasi. Fleming et al, (2009) dalam Hardiyatmo, (2010) menyarankan untuk tiang yang ujungnya tertutup maka tahanan ujung satuan tiang sama dengan tahanan konus, namun untuk tiang pancang yang ujungnya terbuka atau tiang bor, tahanan ujung satuan tiang diambil 70%-nya.

Di dalam perencanaan fondasi tiang (*pile*), data tanah sangat diperlukan dalam merencanakan kapasitas daya dukung (*bearing capacity*) dari tiang pancang sebelum pembangunan dimulai, guna menentukan

kapasitas daya dukung ultimit dari tiang pancang. Kapasitas daya dukung ultimit ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$Q_u = Q_b + Q_s = (q_b \times A_b) + (f \times A_s)$$

Dimana:

Q_u = Kapasitas daya dukung aksial ultimit tiang pancang.

Q_b = Kapasitas tahanan di ujung tiang.

Q_s = Kapasitas tahanan kulit.

q_b = Kapasitas daya dukung di ujung tiang persatuan luas.

A_b = Luas di ujung tiang.

f = Satuan tahanan kulit persatuan luas.

A_s = Luas kulit tiang pancang.

2.6 Penurunan Tiang (*Pile Settlement*)

Penurunan (*settlement*) yaitu untuk menunjukkan gerakan titik tertentu pada bangunan terhadap titik referensi yang tetap. Perkiraan penurunan yang terjadi pada fondasi tiang merupakan masalah yang rumit yang disebabkan oleh beberapa faktor, seperti terjadinya gangguan pada tegangan tanah saat pemancangan dan ketidakpastian mengenai distribusi dan posisi pengalihan beban (*load transfer*) dari tiang ke tanah.

Penurunan yang membahayakan bangunan adalah penurunan yang tidak seragam dari pada penurunan total. Penurunan yang perlu diketahui ada dua hal, yaitu:

1. Besar penurunan.
2. Kecepatan penurunan.

Proses penggalian selalu dihubungkan dengan perubahan keadaan tegangan di dalam tanah. Pada umumnya yang menyebabkan penurunan pada fondasi adalah perubahan tegangan, umumnya menyebabkan penurunan fondasi (Hardiyatmo, 1996).

2.7 Penurunan Tiang Tunggal

Penurunan Segera/Elastis Metode Vesic (1977). Penurunan yang dihasilkan oleh distorsi massa tanah yang tertekan, dan terjadi pada volume konstan. Termasuk penurunan pada tanah-tanah berbutir kasar dan tanah-tanah berbutir halus yang tidak jenuh, karena penurunan terjadi segera setelah terjadi pembebanan. Penurunan ini bersifat elastis, dalam praktek sangat sulit diperkirakan besarnya penurunan ini. Penurunan segera ini banyak diperhatikan pada fondasi bangunan yang terletak pada tanah granular atau tanah berbutir kasar.

Penurunan elastis tiang dibawah beban kerja vertikal (Q_w) dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut (Bowles, 2010) dalam (Wolfman, 2013)

$$S = S_1 + S_2 + S_3$$

Dengan:

S = Penurunan total

S_1 = Penurunan batang tiang

S_2 = Penurunan tiang akibat beban di ujung tiang

S_3 = Penurunan tiang akibat beban yang tersalurkan sepanjang tiang

Untuk penurunan batang tiang dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut ini :

$$S_1 = \frac{(Q_{wp} + \xi Q_{ws})L}{A_p \times E_p}$$

Untuk menghitung penurunan tiang akibat beban diujung tiang diperoleh dengan persamaan sebagai berikut ini :

$$S_2 = \frac{Q_{wp} \times C_p}{D \times q_b}$$

Untuk menghitung penurunan tiang akibat beban yang tersalur sepanjang batang dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut ini :

$$S_3 = \frac{Q_{wp} \times C_s}{L \times q_b}$$

Dengan:

Q_{wp} = Kapasitas tahanan di ujung tiang (kg)

Q_{ws} = Kapasitas tahanan kulit (kg)

ξ = Koefisien dari *skin friction*

A_p = Luas penampang tiang (m^2)

E_p = Modulus elastisitas material tiang

L = Panjang tiang (m)

D = Diameter tiang (cm)

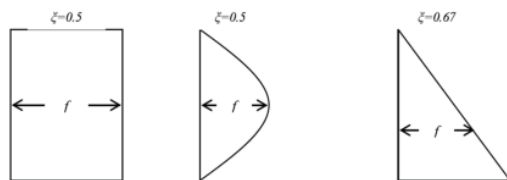
C_p = Koefisien empiris, dapat dilihat pada Tabel 2.4

q_b = Kapasitas dukung ujung persatuan luas

C_s = Konstanta empiris

$$C_s = (0,93 + 0,16\sqrt{L/D}) \times C_p$$

Nilai ξ tergantung kepada unit tahanan friksi (kulit) alami (*the nature of unit friction resistance*) pada sepanjang tiang terpancang di dalam tanah. Nilai $\xi = 0,67$ adalah jika bentuk unit friksi (kulit) alaminya berbentuk segitiga, umumnya pada tanah pasir. Sedangkan untuk tanah lempung atau lanau nilai $\xi = 0,5$ untuk bentuk unit tahanan friksi alaminya berbentuk seragam atau simetris, seperti persegi panjang atau parabolik seragam.



Gambar 1 Jenis Distribusi Tahanan Kulit Sepanjang Tiang
Sumber: Bowles (1993)

Gambar 2. 1 Jenis Distribusi Tahanan Kulit Sepanjang Tiang
Sumber: Bowles (1993)

Tabel 1 Nilai Koefisien Empiris (C_p)

Type Tanah	Tiang Pancang	Tiang Bor
Sand (dense to loose)	0,02 - 0,04	0,09 - 0,18
Clay (stiff to soft)	0,02 - 0,03	0,03 - 0,06
Silt (dense to loose)	0,02 - 0,05	0,09 - 0,12

Sumber: Bowles (2010)

Penurunan bergantung pada karakteristik tanah dan penyebaran tekanan fondasi ke tanah di bawahnya. Penurunan fondasi bangunan dapat diestimasi atau diperkirakan dari hasil pengujian di laboratorium pada contoh tanah tak terganggu (*undisturbed*) yang diambil dari pengeboran atau dari persamaan-persamaan empiris yang dihubungkan dengan hasil pengujian di lapangan.

2.8 Penurunan yang Diizinkan

Penurunan yang diizinkan dari suatu bangunan bergantung pada beberapa faktor. Faktor-faktor tersebut meliputi jenis, tinggi, kekakuan, dan fungsi bangunan, serta besar dan kecepatan penurunan serta distribusinya. Jika penurunan berjalan lambat, semakin besar kemungkinan struktur untuk menyesuaikan diri terhadap penurunan yang terjadi tanpa adanya kerusakan strukturnya oleh pengaruh rangkakan (*creep*).

Karena penurunan maksimum dapat diprediksi dengan ketepatan yang memadai, umumnya dapat diadakan hubungan antara penurunan diizinkan dengan penurunan maksimum. Dimana syarat perbandingan penurunan yang aman yaitu $S_{total} \leq S_{izin}$ dalam persamaan:

$$S_{izin} = 10\% \cdot D$$

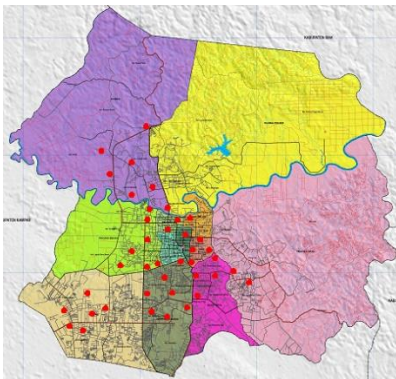
3. METODE PENELITIAN

3.1 Gambaran Umum Penelitian

Penelitian ini menggunakan data daya dukung tanah yang merupakan data standar yang diperoleh berdasarkan penelitian sebelumnya. Selanjutnya data yang telah didapatkan akan diolah menjadi penurunan fondasi elastis dan dibuat pemetaan fondasi elastis.

3.2 Lokasi Penelitian

Pengujian sondir yang dilakukan ini tersebar di beberapa kecamatan di Kota Pekanbaru. Terdapat 10 kecamatan yang dilakukan pengujian uji sondir. Dalam menentukan titik-titik uji sondir penulis menggunakan bantuan program aplikasi *Google Maps* dan *Google Earth*.



Gambar 2 Titik Penyelidikan Tanah (Uji Sondir)

3.3 Jenis Fondasi

Jenis fondasi yang dipakai dalam penelitian ini adalah fondasi tiang (*Pile Foundation*). Spesifikasi fondasi yang digunakan adalah jenis fondasi beton pratekan berdiameter 60 cm.

3.4 Pemetaan Penurunan Elastis

Pemetaan dilakukan dengan menyediakan gambaran peta Kota Pekanbaru yang disediakan oleh peneliti, nilai penurunan elastis yang sudah didapatkan dari perhitungan akan diplot kedalam peta dengan variasi kedalaman yang telah ditentukan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Daya Dukung Fondasi

Daya dukung fondasi yang digunakan dalam contoh menggunakan data dari penelitian sebelumnya (Irvan Arisma, 2020).

4.2 Contoh Perhitungan

Perhitungan menggunakan metode Aoki dan Alencer pada contoh data sondir lokasi TMP 1 S-1. Data tiang pancang yang digunakan, yaitu:

$$\text{Diameter tiang (D)} = 60 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas ujung tiang (A}_p) &= \frac{1}{4} \times \pi \times 60^2 \\ &= 2826 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

4.2.1 Menghitung Kapasitas Dukung Ujung Tiang (Q_b)

Diambil contoh perhitungan pada kedalaman 6 meter. Nilai q_{ca} (*base*) atau perlawanan konus didapat dari rata-rata 1,5D diatas ujung tiang, 1,5D dibawah ujung tiang. Maka $1,5 \times 60 = 90 \text{ cm} = 100 \text{ cm}$

Nilai q_{ca} (*base*) diambil rata-rata :

$$q_{ca} = 123,364 \text{ kg/cm}^2$$

Kapasitas dukung ujung persatuan luas (q_b)

$$q_b = \frac{q_{ca} \text{ (base)}}{F_b}$$

$$q_b = \frac{123,364}{1,750}$$

$$= 70,494 \text{ kg/cm}^2$$

Kapasitas dukung ujung tiang (Q_b)

$$Q_b = q_b \times A_p$$

$$= 70,494 \times 2826$$

$$= 199214,649 \text{ kg}$$

4.2.2 Menghitung Kapasitas Dukung

Kulit (Q_s)

Kapasitas dukung kulit atau tahanan gesek kulit dihitung dengan tahanan kulit persatuan luas (f) dikali luas kulit tiang (A_s). Perhitungan Q_s dihitung perkedalaman 20 cm, kemudian dijumlahkan pada kedalaman 6 meter, 12 meter dan 18 meter.

Tahanan kulit persatuan luas (f)

$$f = qc \text{ (side)} \frac{\alpha_s}{F_s}$$

Nilai α_s dan F_s

$$f = 146 \frac{0,014}{3,500}$$

$$= 0,584 \text{ kg/cm}^2$$

Luas kulit tiang (A_s)

$$A_s = \pi \times D \times L$$

$$= \pi \times 0,6 \times 20$$

$$= 3768 \text{ cm}^2$$

Perhitungan Q_s disini untuk 20 cm dikedalaman 5,8 m sampai 6 m.

$$Q_s = f \times A_s$$

$$= 0,584 \text{ kg/cm}^2 \times 3768 \text{ cm}^2$$

$$= 2200,51 \text{ kg}$$

4.2.3 Menghitung Kapasitas Daya

Dukung (Q_u)

Daya dukung ultimit tiang dihitung dengan metode statik yaitu dengan menjumlahkan kapasitas dukung ujung tiang (Q_b) dan kapasitas dukung kulit ($Q_{s_{total}}$) di kedalaman 6 meter. Kapasitas daya dukung ultimit tiang (Q_u)

$$Q_u = Q_b + Q_{st}$$

$$= 199,215 + 46184,914$$

$$= 245399,564 \text{ kg}$$

Menghitung kapasitas ijin (Q_{all}) dengan FS = 3,5 :

$$Q_{all} = \frac{Q_u}{SF}$$

$$= \frac{245399,564}{3,5}$$

$$= 70114,16 \text{ kg}$$

Nilai SF = 3,5 (Yusa dan Nugroho 2007)

4.3 Menghitung Penurunan Fondasi

Elastis dari Data Daya Dukung Fondasi

Hitungan penurunan elastis menggunakan rumus Vesic (1977), sebagaimana yang dijelaskan sebagai berikut:

1. Perhitungan untuk S1

Perhitungan S_1 dihitung perkedalaman 20 cm sesuai dengan uji sondir dikarenakan perbedaan tipe tanah.

Dimana :

$$Q_{wb} = 199214.649 \text{ kg}$$

$$Q_{ws} = 1098,103 \text{ kg}$$

$$L = 20 \text{ cm}$$

$$A_p = 2826 \text{ cm}^2$$

$$E_p = 332340,19 \text{ kg/cm}^2$$

$$\xi = 0,5$$

$$S_1 = \frac{(199214,649 + 0,5 \times 1098,103) 20}{2826 \times 332340,19}$$

$$S_1 = 0,04254 \text{ cm}$$

Tabel 2 Penurunan S_1

Kedalaman	Jenis Tanah	cp	ξ	Qp kg	Qs kg	Ep kg/cm ²	S1 cm
0.0	-	-	-	-	-	-	-
0.2	Clay	0.025	0.5	199214.649	1098.103	33234.02	0.04254
0.4	Sand	0.03	0.67	199214.649	1184.229	33234.02	0.04259
0.6	Clay	0.025	0.5	199214.649	1485.669	33234.02	0.04258
0.8	Clay	0.03	0.5	199214.649	645.943	33234.02	0.04249
1.0	Clay	0.03	0.5	199214.649	473.691	33234.02	0.04247
1.2	Clay	0.03	0.5	199214.649	387.566	33234.02	0.04246
1.4	Clay	0.03	0.5	199214.649	258.377	33234.02	0.04245
1.6	Clay	0.03	0.5	199214.649	193.783	33234.02	0.04244
1.8	Clay	0.03	0.5	199214.649	129.189	33234.02	0.04244
2.0	Clay	0.03	0.5	199214.649	86.126	33234.02	0.04243
2.2	Clay	0.03	0.5	199214.649	129.189	33234.02	0.04244
2.4	Clay	0.03	0.5	199214.649	21.531	33234.02	0.04242
2.6	Clay	0.03	0.5	199214.649	193.783	33234.02	0.04244
2.8	Clay	0.03	0.5	199214.649	344.503	33234.02	0.04246
3.0	Silt	0.05	0.5	199214.649	422.016	33234.02	0.04247
3.2	Sand	0.03	0.67	199214.649	568.430	33234.02	0.04250
3.4	Sand	0.03	0.67	199214.649	1679.451	33234.02	0.04266
3.6	Sand	0.03	0.67	199214.649	2486.880	33234.02	0.04278
3.8	Sand	0.02	0.67	199214.649	2788.320	33234.02	0.04282
4.0	Sand	0.02	0.67	199214.649	3466.560	33234.02	0.04292
4.2	Sand	0.02	0.67	199214.649	2712.960	33234.02	0.04281
4.4	Sand	0.03	0.67	199214.649	3434.263	33234.02	0.04291
4.6	Clay	0.02	0.5	199214.649	5673.531	33234.02	0.04303
4.8	Sand	0.03	0.67	199214.649	2230.656	33234.02	0.04274
5.0	Sand	0.03	0.67	199214.649	3031.625	33234.02	0.04286
5.2	Sand	0.03	0.67	199214.649	2155.296	33234.02	0.04273
5.4	Sand	0.03	0.67	199214.649	2476.114	33234.02	0.04278
5.6	Sand	0.03	0.67	199214.649	1965.819	33234.02	0.04270
5.8	Sand	0.02	0.67	199214.649	2260.800	33234.02	0.04275
6.0	Sand	0.03	0.67	199214.649	2200.512	33234.02	0.04274
Jumlah							1.279

2. Perhitungan untuk S_2

Penurunan tiang akibat beban diujung tiang (S_2), dimana :

$$C_p = 0,03$$

$$S_2 = \frac{199214,649 \times 0,03}{60 \times 70,494} = 1,413 \text{ cm}$$

Tabel 3 Penurunan S_2

Qp kg	Cp	D cm	qb kg/cm ²	S2 cm
199214.649	0.03	60	70.494	1.413

3. Perhitungan untuk S_3

Penurunan tiang akibat beban yang tersalur sepanjang batang (S_3). Dimana :

$$C_s = (0,93 + 0,16\sqrt{L/D}) \times C_p$$

$$= (0,93 + 0,16\sqrt{600/60}) \times 0,03 = 0,043$$

$$S_3 = \frac{1992214,649 \times 0,043}{600 \times 70,494}$$

$$S_3 = 0,203 \text{ cm}$$

Tabel 4 Penurunan S3

Qp kg	Cs	L cm	qb kg/cm ²	S3 cm
199214.649	0.043	600	70.494	0.203

Penurunan Total (S_{total}) dapat dihitung dari persamaan (II.4).

$$\begin{aligned} S_{\text{total}} &= S1 + S2 + S3 \\ &= 1,279 + 1,413 + 0,203 \\ &= 2,895 \text{ cm} \end{aligned}$$

4.4 Penurunan Elastis Fondasi Tiang

Pancang

Hasil perhitungan dikumpulkan berdasarkan kedalaman 6 meter, 12 meter dan 18 meter.

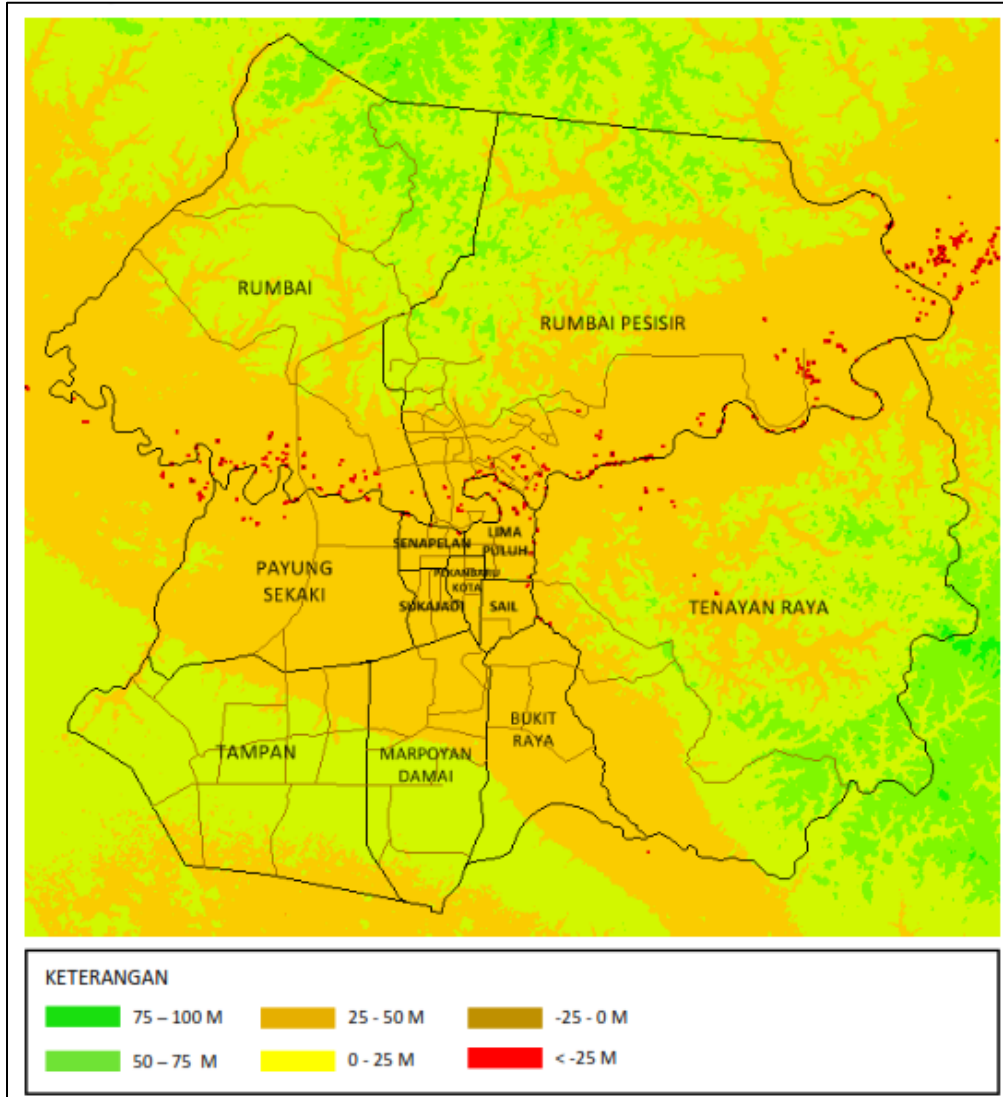
Tabel 5 Rekap Penurunan Elastis

Kecamatan	6 m	12 m	18 m
TAMPAN	2.830	2.358	3.632
TAMPAN	2.453	-	-
TAMPAN	2.707	-	-
TAMPAN	2.824	-	-
TAMPAN	2.787	-	-
TAMPAN	1.768	-	-
MARPOYAN DAMAI	1.913	2.706	-
MARPOYAN DAMAI	2.179	-	-
MARPOYAN DAMAI	2.375	4.238	-
MARPOYAN DAMAI	1.771	1.805	2.353
MARPOYAN DAMAI	1.733	1.782	2.542
MARPOYAN DAMAI	1.750	3.367	-
MARPOYAN DAMAI	2.979	-	-
BUKIT RAYA	1.669	3.400	-
BUKIT RAYA	1.884	1.942	-
BUKIT RAYA	1.927	-	-
BUKIT RAYA	1.673	1.819	1.787
PAYUNG SEKAKI	1.645	1.633	1.751
PAYUNG SEKAKI	1.697	-	-
PAYUNG SEKAKI	1.768	3.353	3.956
PAYUNG SEKAKI	2.207	3.897	-
PAYUNG SEKAKI	1.719	-	-
PAYUNG SEKAKI	2.183	3.815	-
PAYUNG SEKAKI	2.237	1.816	5.722
SAIL	3.046	4.253	-
SAIL	2.072	1.766	1.909
SAIL	2.443	1.805	2.071
LIMA PULUH	1.978	1.849	2.040
RUMBAI	2.015	4.105	-
RUMBAI	1.838	1.841	2.377
RUMBAI	1.838	1.856	2.334
RUMBAI	1.696	-	-
RUMBAI	2.859	-	-
RUMBAI	2.211	2.499	-
RUMBAI	1.670	4.133	-
RUMBAI	1.951	2.038	3.327
TENAYAN RAYA	2.361	1.871	4.251
TENAYAN RAYA	2.177	2.360	-
SENAPELAN	2.776	-	-
SENAPELAN	2.111	2.322	-
PEKANBARU KOTA	1.623	1.891	-

4.5 Elevasi Kota Pekanbaru

Elevasi permukaan tanah didapatkan dari data *Digital Elevation Model* (DEM) tahun

2014. Data DEM diplot dan diproses dengan aplikasi ArtGIS untuk mendapatkan gambar pemetaan elevasi.

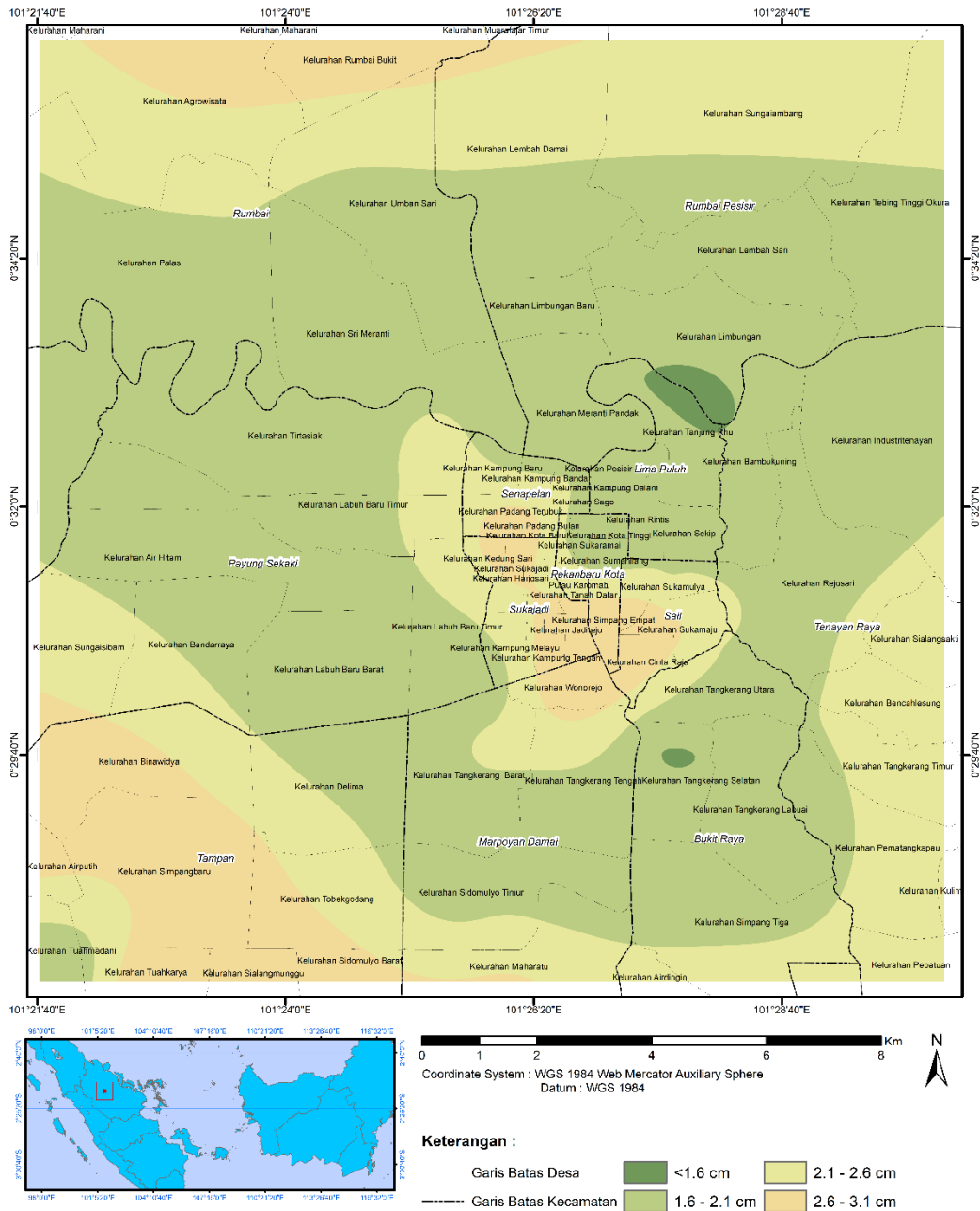


Gambar 3 Peta Elevasi Kota Pekanbaru

4.6 Peta Penurunan Fondasi

Hasil perhitungan penurunan fondasi diplot dan diproses menggunakan aplikasi *ArcGIS* untuk penggambaran pemetaan. Peta

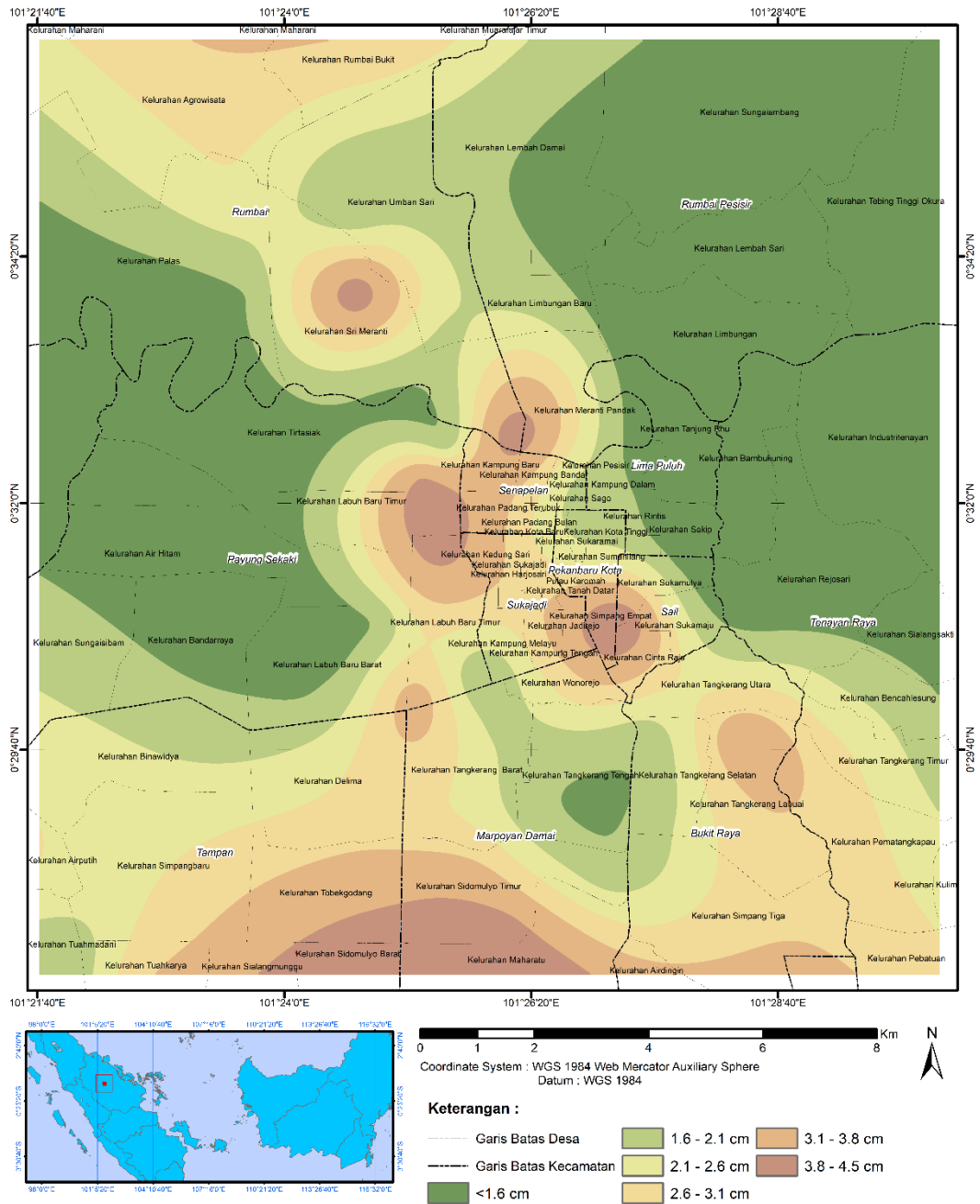
penurunan fondasi kedalaman 6 meter di daerah Pekanbaru penurunan yang paling dominan yaitu berwarna hijau muda dengan nilai penurunan berkisar antara 1,6–2,1 cm.



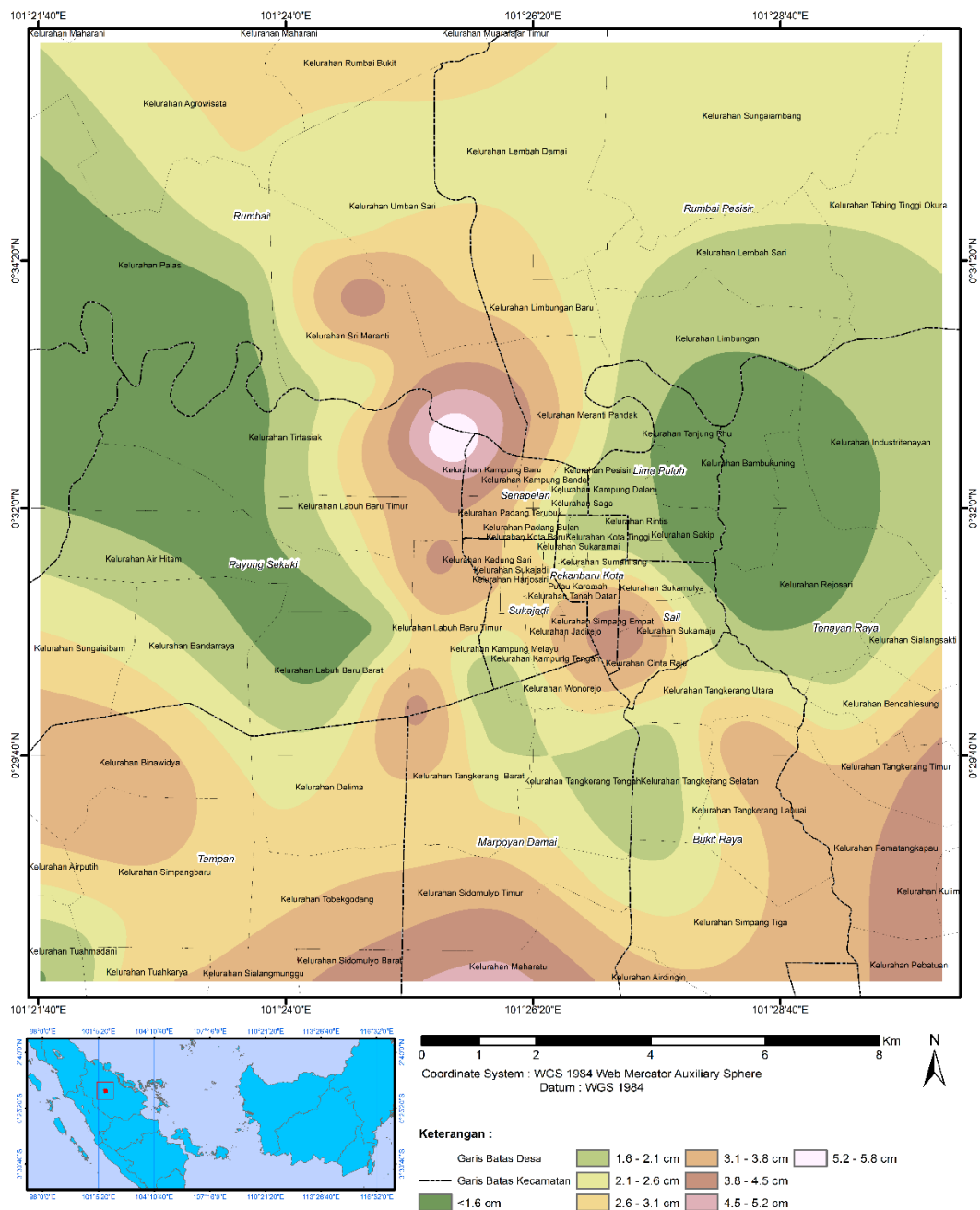
Gambar 4 Peta Penurunan Fondasi Kedalaman 6 meter

Peta penurunan fondasi kedalaman 12 meter terdapat penurunan tertinggi berkisar antara 3,8 – 4,5 cm dan Peta penurunan

fondasi kedalaman 18 meter terdapat penurunan tertinggi berkisar antara 5,2 – 5,8 cm



Gambar 4 Peta Penurunan Fondasi Kedalaman 12 meter



Gambar 4 Peta Penurunan Fondasi Kedalaman 12 meter

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Data sondir yang diperoleh diolah menjadi daya dukung fondasi yang telah

dilakukan pada penelitian sebelumnya. Kemudian penurunan fondasi dikerjakan menggunakan aplikasi *Spreadsheet* dengan data-data daya dukung tersebut.

2. Fondasi tiang yang digunakan berdiameter 60 cm.
3. Pada kedalaman 6 meter penurunan tertinggi yaitu 2,6 – 3,1 cm.
4. Pada kedalaman 12 meter penurunan tertinggi yaitu 3,8 – 4,5 cm.
5. Pada kedalaman 18 meter penurunan tertinggi yaitu 5,2 – 5,8 cm.
6. Peta penurunan fondasi ini digambar dengan menggunakan aplikasi *ArcGIS* setelah data penurunan fondasi selesai.
7. Untuk pemetaan penurunan pondasi ini mengklasifikasikan pada kedalaman 6 meter, 12 meter, dan 18 meter.
8. Peta penurunan fondasi ini bertujuan untuk mempermudah dalam perencanaan awal suatu konstruksi yang akan dilaksanakan di Pekanbaru.

5.2 Saran

Dengan minimnya data yang didapat oleh penulis, berdampak pada keakuratan pemetaan yang dilakukan pada penelitian ini. Oleh karena itu penulis menyarankan untuk penelitian selanjutnya, agar mendapatkan data lebih banyak dengan tujuan pemetaan yang dilakukan lebih rinci dan akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, F. (2012). *PEMETAAN KAPASITAS DUKUNG TANAH BERDASARKAN DATA SONDIR DI KOTA GORONTALO*.
- Achmad, F., & Sondir, U. (2019). *ANALISIS*

KAPASITAS DUKUNG TANAH SEBAGAI INFORMASI AWAL. 2019(November), 181–186.

Das, B. M., Endah, N., & Mochtar, I. B. (1995). *Mekanika Tanah Jilid 1 (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Erlangga, 1–291.

Das, M. B. (1941). *Principles of Foundation Engineering Fourth Edition*. In *Library of Congress Cataloging in Publication Data*.

Hardiyatmo. (1996). *Teknik Pondasi 1*. PT. Gramedia Pustaka Utama.

Hardiyatmo. (2002a). *Pondasi 2 (Edisi Kedu)*. Beta Offset.

Hardiyatmo, H. C. (2002b). *Teknik Pondasi 1 Edisi Kedua*.

Hartanto, D., Cahyo, Y., & Winarto, S. (2018). *Perencanaan Pondasi Tiang Pancang Pada Gedung Sekretariat Dewan Dprd Kabupaten Kediri*. *Jurnal Manajemen Teknologi & Teknik Sipil*, 1(2). <https://doi.org/10.30737/jurmateks.v1i2.418>

Istianingsih. (2009). *Desain Alternatif Pondasi Tiang Pancang Pada Gedung Rumah Sakit Global Awalbros Makassar*.

Joseph E. Bowles. (2013). *Analisa dan Desain Pondasi Jilid 1*. 9, 1689–1699.

Marbun, B. (2009). *Analisa Penurunan Elastis Pondasi Tiang Pancang Proyek*

Pembangunan Rusunawa Medan Area.

Priadi, E., & Purwoko, B. (2016). *PEMETAAN KONSISTENSI TANAH BERDASARKAN NILAI SONDIR DI KOTA PONTIANAK.*

Suyadi, W., Suroso, S., Zaika, Y., Suryo, E. A., & Lukito, A. (2014). Peningkatan Daya Dukung Pondasi Tiang Dengan Penambahan Sirip Ulir Menggunakan Pendekatan Rumus Empiris Dan Model Test. *Rekayasa Sipil*, 8(1), 65–70.

Wafi, A., Santosa, B. J., & Warnana, D. D. (2013). *Pemetaan Zona Lemah Menggunakan Metode Geolistrik Konfigurasi Wenner dan Dutch Cone.* 2(1), 92–95.