

# KAJIAN EFISIENSI GRUP PADA KELOMPOK TIANG DENGAN KONFIGURASI EMPAT- EMPAT

Bashori <sup>1)</sup>, Eka Priadi <sup>2)</sup>, Abu Bakar, <sup>2)</sup>

- <sup>1</sup>. Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura Pontianak
- <sup>2</sup>. Dosen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura Pontianak

## ABSTRAK

Kondisi tanah di daerah Kalimantan Barat khususnya kota Pontianak umumnya berupa tanah lunak, dengan lapisan permukaan terdiri dari bahan organik sebagai akibat dari pelapukan kayu. Tanah ini mempunyai daya dukung baik pada kedalaman 30-40 meter. Pada kondisi daya dukung tanah yang kurang baik, dilakukan pekerjaan awal berupa perbaikan daya dukung tanah. Pondasi tanah dalam perbaikan tanah luna adalah penggunaan tiang pancang. Konstruksi tiang pancang tunggal sangat jarang, umumnya dua atau lebih tiang pancang disertai *pilecap* fondasi. Jumlah kelompok tiang memiliki nilai efisiensi yang berbeda pula, karena jumlah tiang mempengaruhi efisiensi kelompok tiang. Metode penelitian dilakukan dengan persiapan pengujian pembebanan kelompok tiang, dengan konfigurasi dan jumlah tiang yang sama. Kelompok tiang memiliki jarak tiang yang berbeda, yaitu dengan jarak 3D dan 4D. Perbedaan jarak antar tiang pada kelompok tiang dilakukan untuk mengetahui pengaruh jarak antar tiang terhadap efisiensi dari kelompok tiang. Hasil pengujian, diperoleh perbedaan jarak tiang pada kelompok tiang mempengaruhi efisiensi suatu kelompok tiang. Hasil pengujian pembebanan kelompok tiang jarak 3D memiliki efisiensi yang lebih kecil dari kelompok tiang jarak 4D. Hal ini dikarenakan faktor penyebaran tegangan di sekeliling tiang yang tumpang tindih akan semakin kecil jika jarak tiang semakin besar.

**Kata-kata kunci:** Tanah Lunak, Pondasi Tiang, Tiang Kelompok, Efisiensi Group

## ABSTRACT

*The condition of the land in West Kalimantan, especially the city of Pontianak is generally in the form of soft soil, with a surface layer consisting of organic material as a result of wood weathering. This land has good carrying capacity at a depth of 30-40 meters. In conditions of poor soil carrying capacity, initial work is carried out in the form of improvement in soil carrying capacity. The soil foundation in repairing luna soil is the use of piles. The construction of a single pile is very rare, generally two or more piles accompanied by pilecap foundations. The number of pole groups has different efficiency values, because the number of poles affects the efficiency of the pole group. The research method was carried out with the preparation of testing of pile group loading, with the same configuration and number of poles. Pile groups have different pole distances, which are 3D and 4D distances. The difference in the distance between the poles in the pole group is done to determine the effect of the pole distance on the efficiency of the pole group. The test results, obtained differences in pole distance in the pole group affect the efficiency of a pole group. The loading test results of 3D distance pole groups have a smaller efficiency than the 4D distance pole group. This is because the stress distribution factor around the overlapping pole will be smaller if the pole distance is getting bigger*

*Key words: Soft Soil, Pole Foundation, Group Pole, Group Efficiency*

## 1. PENDAHULUAN

Provinsi Kalimantan Barat merupakan daerah yang sedang berkembang di bidang ekonomi (Yacoub, 2013). Pada beberapa tahun terakhir, di Kalimantan Barat sedang marak-maraknya pembangunan gedung dan bangunan- bangunan baru yang mengalami pengembangan lanjutan

Kawasan yang sedang dalam proses pengadaan prasarana fisik, menyadari faktor penunjang proses pembangunan itu sendiri.

Dalam rangka merancang pembangunan fisik di Pontianak Kalimantan Barat, masih

menemui masalah dengan keadaan tanah. Kondisi tanah kurang baik umumnya berupa lempeng gambut bersifat lunak dan lapisan permukaannya mengandung bahan-bahan organik sebagai akibat dari pelapukan kayu (Noor, 2001; Herwin dkk., 2017). Kondisi ini memberikan suatu daya dukung tanah rendah terhadap suatu sistem konstruksi yang akan dibangun di atasnya.

Pada tanah dengan daya dukung yang lebih baik baru dapat ditemui pada kedalaman 30-40 meter . Hal tersebut tentu menjadi kendala bagi perencana bangunan/para ahli teknik sipil dalam merencanakan konstruksi

yang akan dibangun di atasnya (Noor, 2001; Herwin dkk., 2017).

## II. KAJIAN PUSTAKA

Fondasi tiang dapat diklasifikasikan sebagai berikut (Braja, 1995; Terzaghi et al. 1987; Terzaghi and Peck 1987; Sanglerat et al., 1989; Sosrodarsono et al., 2000)

a) Menurut cara pemindahan beban, tiang pancang dibagi 2 yaitu:

⊕ *End bearing pile* (tiang pancang dengan tahanan ujung)

Tiang ini meneruskan beban melalui tahanan ujung kelapisan tanah keras.

⊕ *Friction pile* (tiang gesekan)

Tiang ini digunakan apabila ditemukan terhadap keadaan tanah dimana lapisan tanah kerasnya sangat dalam, sehingga pembuatan dan perancangan tiang sampai pada lapisan tersebut sulit untuk dilaksanakan.

b) Menurut bahan yang digunakan, tiang pancang terbagi menjadi:

⊕ Tiang pancang kayu

⊕ Tiang pancang baja

⊕ Tiang pancang beton

⊕ Tiang pancang komposit

Efisiensi tiang bergantung pada beberapa faktor (Coduto 1994), yaitu :

⊕ Jumlah, panjang, diameter, susunan dan jarak tiang.

⊕ Model transfer beban (tahanan gesek terhadap tahanan dukung ujung).

⊕ Prosedur pelaksanaan pemasangan tiang.

⊕ Urutan pemasangan tiang

⊕ Macam tanah.

⊕ Waktu setelah pemasangan.

⊕ Interaksi antara pelat penutup tiang (pile cap) dengan tanah.

⊕ Arah dari beban yang bekerja.

Persamaan untuk menghitung efisiensi kelompok tiang, seperti Persamaan 1

a) Converse – Labarre (Braja, 1995; Terzaghi and Peck 1987; Sosrodarsono et al., 2000)

$$E_g = 1 - \theta \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90mn} \dots 1$$

dimana :

$E_g$  = Efisiensi kelompok tiang

= arc tg  $d/s$ , dalam derajat

$m$  = Jumlah baris tiang

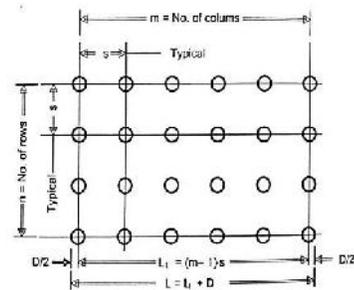
$n$  = Jumlah tiang dalam satu baris

$d$  = Diameter tiang

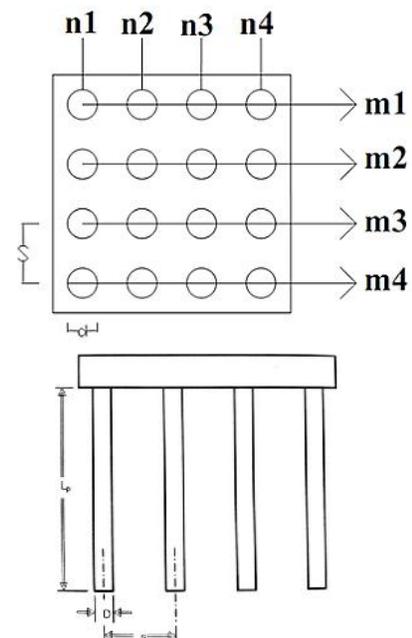
$s$  = Jarak pusat ke pusat tiang

b) *Formula Feld*

Dalam metode ini daya dukung fondasi individual tiang berkurang sebesar 1/16 akibat adanya tiang yang berdampingan baik dalam arah tegak lurus maupun dalam arah diagonal. Ilustrasi hasil perhitungan formula ini ditunjukkan pada Gambar 1 dan 2 (Bowles 1992)



Gambar 1 Baris Kelompok (Bowles, 1999)



Gambar 2 Efisiensi Kelompok Tiang (Bowles, 1999)

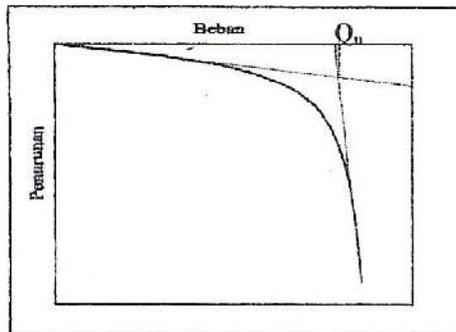
Penentuan daya dukung dapat dilakukan berdasarkan interpretasi hasil pembebanan tiang. Terdapat banyak sekali metode/cara interpretasi daya dukung dari hasil uji pembebanan tiang. Namun pada dasarnya dapat dikelompokkan atas 2 macam, yaitu :

a) Cara Grafis

Nilai yang diperoleh dari cara grafis sangat bergantung pada pertimbangan seseorang, terutama pada skala gambar / grafik. Perubahan skala akan mengakibatkan nilai yang diperoleh akan berubah pula.

- Metode Elastis Plastis (Cara *Tangen*)

Metode ini merupakan hubungan kurva beban versus penurunan. Beban batas atau ultimit ditentukan berdasarkan titik potong antara garis singgung pada bagian elastis dengan garis singgung pada bagian plastis dari kurva beban versus penurunan tersebut. Interpretasi daya dukung dengan metode elastis plastis dapat dilihat dari Gambar 3.



**Gambar 3** Interpretasi Daya Dukung Dengan Metode Elastis Plastis

- Metode Mazurkiewich

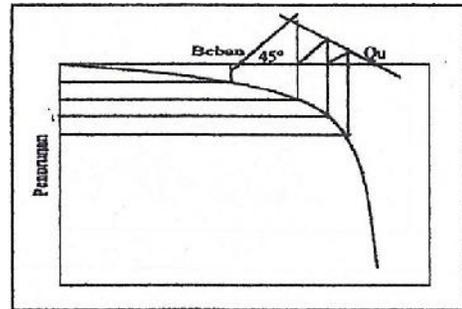
Mazurkiewich mengasumsikan bahwa kurva beban versus penurunan adalah berbentuk parabolis. Prosedur penentuan daya dukung dengan metode ini adalah sebagai berikut :

- 1 Diplot kurva beban uji yang diberikan terhadap penurunan.
- 2 Menarik garis dari beberapa titik penurunan dengan interval yang sama

hingga memotong kurva, garis ini disebut garis penurunan.

- 1 Kemudian dari titik potong tersebut, ditarik garis vertikal hingga memotong sumbu beban, garis ini disebut garis beban.
- 2 Dari titik potong garis beban dengan sumbu beban, ditarik garis  $45^\circ$  hingga memotong garis beban berikutnya dan seterusnya.
- 3 Menghubungkan titik-titik potong yang terbentuk ini hingga menghasilkan sebuah garis lurus. Perpotongan garis lurus dengan sumbu beban inilah yang merupakan daya dukungnya.

interpretasi daya dukungnya dengan metode mazurkiewich dapat dilihat dari Gambar. 4



**Gambar 4** Interpretasi Daya dukungnya dengan Metode Mazurkiewich

b) Cara analitis

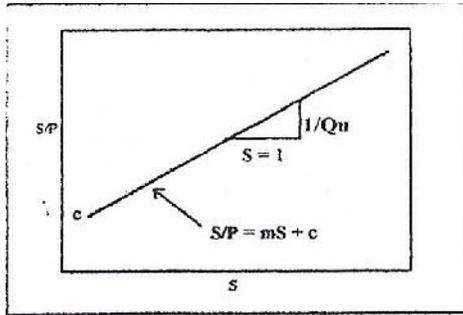
- Metode Chin

Perhitungan daya dukung dari fondasi tiang dengan menggunakan Metode Chin adalah sebagai berikut:

Harga (S/P) vs S siplot pada suatu grafik, dimana S adalah penurunan tiang dan P adalah beban yang menyebabkan penurunan tiang sebesar S.

Selanjutnya hasil hubungan (S/P) vs S merupakan suatu garis lurus. Koefisien arah dari garis lurus ini adalah  $m = \text{tg } \alpha$ . Kemudian harga  $1/m$  merupakan harga beban batas ( $Q_u$ ), yang kemudian dikoreksi dengan dibagi 1,2.

Interpretasi daya dukung dengan metode chin dapat dilihat dari Gambar 5.



Gambar 4 Interpretasi Daya Dukung dengan Metode Chin

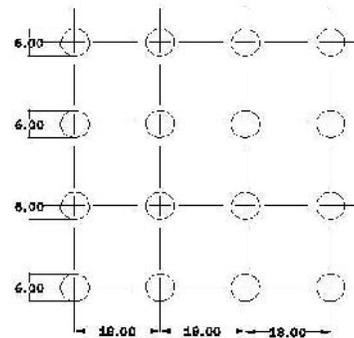
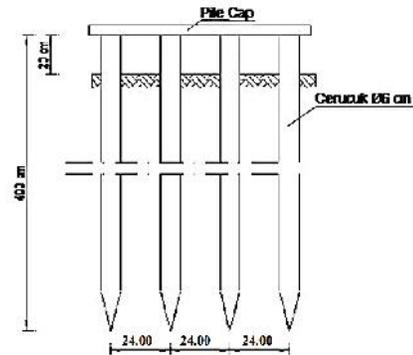
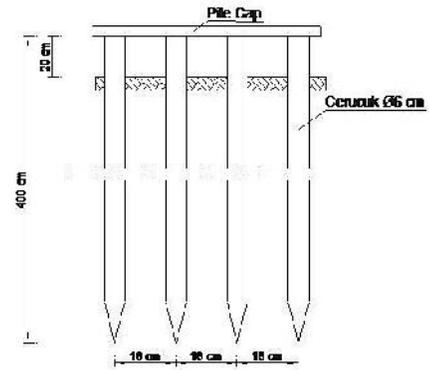
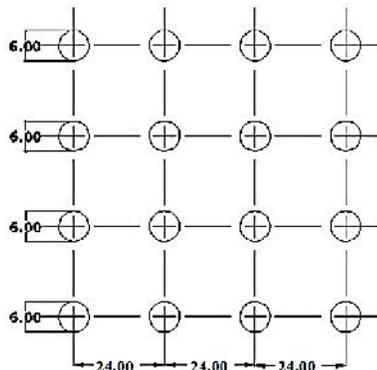
### III. METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di lapangan yang bertempat di Fakultas Teknik UNTAN, diantara lab Tenaga Tegangan Listrik dan ruang kuliah D18. Penelitian yang dilakukan meliputi :

- ① Pengujian sampel untuk memeriksa sifat fisik dan mekanis tanah.
- ① Melakukan test sondir dengan tujuan mencari beban rencana loading test.
- ① Pembersihan lokasi penelitian.
- ① Penancapan tiang pondasi.
- ① Persiapan loading test.
- ① Loading test dilakukan dengan metode Quick Mantained Loading Test secara bertahap.

Adapun bahan atau sampel yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian ini adalah:

- a) Sampel tanah berupa tanah lempung lunak kondisi asli (tidak terganggu) yang diambil di lokasi Jalan Fakultas Teknik UNTAN, diantara lab Tenaga Tegangan Listrik dan ruangan D18.
- b) Model pemancangan tiang digunakan tiang berdiameter 6 cm ditancapkan 4x4 dengan jarak 18 cm.
- c) Model tiang berupa kayu cerucuk dengan panjang 400 cm



Gambar 5 Peletakan pada Tiang Pancang Penelitian

### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### a) Sampel 1

Dengan menggunakan tabel sistem klasifikasi tanah AASHTO masukkan data hasil percobaan dan dilihat hasil sebagai berikut:

- Indek plastisitas tanah (IP) = 26,67 %
- Jumlah tanah lolos saringan no 200 = 90,5 % > 35 %, termasuk golongan A-7.
- Batas cair (LL) = 61,38 % > 41 % dan indeks plastisitas (IP) = 26,67 %, karena LL - 30 = 31,38 % > IP = 26,67 %.

#### b) Sampel 2

Dengan menggunakan tabel sistem klasifikasi tanah AASHTO masukkan data hasil percobaan dan dilihat hasil sebagai berikut:

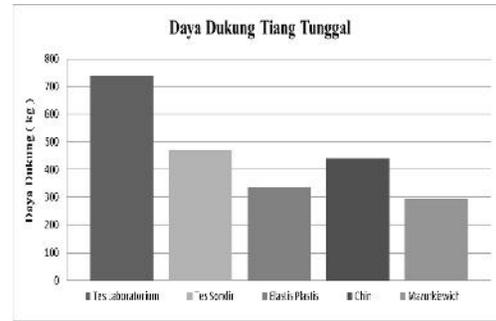
- Indeks plastisitas tanah (IP) = 26,67 %
- Jumlah tanah lolos saringan no 200 = 90,5 % > 35 %, termasuk golongan A-7.
- Batas cair (LL) = 61,38 % > 41 % dan indeks plastisitas (IP) = 26,67 %, karena  $LL - 30 = 31,38 \% > IP = 26,67 \%$ .

Perhitungan daya dukung tiang berdasarkan dari data semua metode, menghasilkan nilai daya dukung yang berbeda. Hasil perhitungan dapat dilihat sebagai berikut :

#### 4.1 Analisa Hasil Daya Dukung Tiang Tunggal

**Tabel 4.1.** Perhitungan Daya Dukung Tiang tunggal

Tes Laboratorium		739,789 kg		
Tes Sondir	Sampel 1	437,18 kg	469,97 kg	
	Sampel 2	502,76 kg		
Loading Test	Elastis plastis	Sampel 1	340 kg	337,5 kg
		Sampel 2	335 kg	
	Chin	Sampel 1	438,6 kg	438,6 kg
		Sampel 2	438,6 kg	
	Mazurkiewich	Sampel 1	308,13 kg	295,065 kg
		Sampel 2	282 kg	



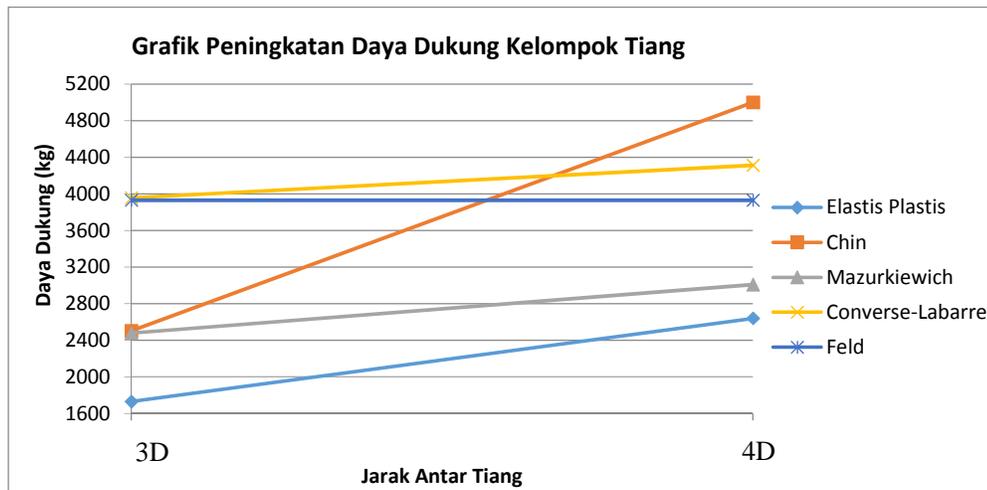
**Gambar 6** Grafik Daya Dukung Tiang Tunggal

Hasil Tabel 4.1 dan Gambar 6 dapat dilihat, jika hasil tes laboratorium memiliki hasil yang paling besar dibandingkan dengan tes sondir dan *loading test* tiang tunggal.

Untuk hasil dari *loading test* yang memiliki 3 metode yang berbeda dapat didapat bahwa hasil dari metode chin memiliki hasil terbesar yaitu sebesar 438,6 kg, selanjutnya secara berturut-turut yaitu metode elastis plastis sebesar 337,5 kg dan metode mazurkiewich sebesar 295,065 kg. Seperti yang ditunjukkan pada pada Tabel 4.2 dan Gambar 7

**Tabel 4.2.** Perhitungan Daya Dukung Kelompok Tiang

Kelompok tiang	Metode	Perhitungan		Total
		Sampel 1	Sampel 2	
Kelompok tiang 3D	Elastis plastis	Sampel 1	1700 kg	1728 kg
		Sampel 2	1756 kg	
	Chin	Sampel 1	2500 kg	2500 kg
		Sampel 2	2500 kg	
	Mazurkiewich	Sampel 1	2738 kg	2719 kg
		Sampel 2	2700 kg	
Kelompok tiang 4D	Elastis plastis	Sampel 1	2600 kg	2639,5 kg
		Sampel 2	2679 kg	
	Chin	Sampel 1	5000 kg	5000 kg
		Sampel 2	5000 kg	
	Mazurkiewich	Sampel 1	2665 kg	2656,5 kg
		Sampel 2	2648 kg	



**Gambar 7.** Grafik Peningkatan Daya Dukung Kelompok Tiang

Berdasarkan hasil Tabel 4.2 dan Grafik 4.2 dapat dilihat hasil dari kelompok tiang dengan jarak 4D secara keseluruhan memiliki daya dukung yang lebih besar dari kelompok tiang dengan jarak 3D, dari hasil metode elastis plastis didapat kenaikan sebesar 3,69%, dari hasil metode mazurkiewich didapat kenaikan sebesar 1,93% sedangkan untuk metode chin tidak ada kenaikan daya dukung.

Data diatas dapat diambil kesimpulan bahwa jarak yang ada pada kelompok tiang dapat mempengaruhi efisiensi dari kelompok tiang itu sendiri, dan kelompok tiang dengan jarak yang lebih besar memiliki daya dukung yang lebih besar pula, ini dikarenakan semakin besar jarak suatu kelompok tiang maka semakin kecil penyebaran tegangan disekeliling tiang yang saling tumpang tindih pada kelompok tiang tersebut.

Berdasarkan *formula converse-labarre* dan *formula feld* untuk kelompok tiang konfigurasi 4 x 4 dengan jarak tiang 3D dan 4D dapat dilihat pada Tabel 4.3. sebagai berikut :

**Tabel 4.3.** Efisiensi Kelompok Tiang Berdasarkan Teori

Metode	Jarak Antar Tiang	Efisiensi
<i>Formula Converse-Labarre</i>	3D	0,727
	4D	0,792
<i>Formula Feld</i>	-	0,722

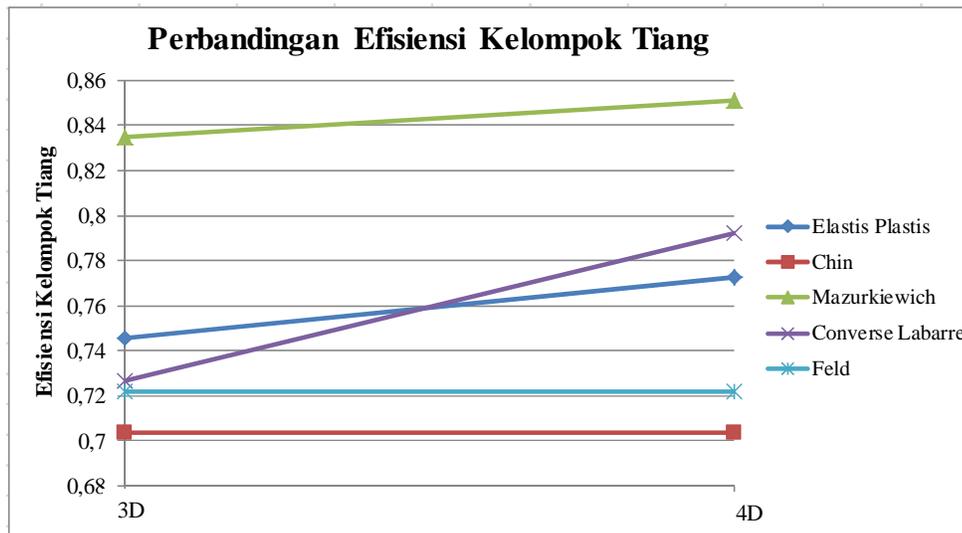
Berdasarkan hasil *loading test* kelompok tiang yang dibandingkan dengan hasil *loading test* tiang tunggal didapatkan hasil nilai efisiensi kelompok tiang yang dapat dilihat pada Tabel 4.4 dan 4.5 serta Gambar 8.

**Tabel 4.4.** Efisiensi Kelompok Tiang Konfigurasi 4 x 4 dengan Jarak 3D

Metode	Tiang Tunggal	Tiang Tunggal x n	Kelompok Tiang 3D	Efisiensi
Elastis plastis	337,5 kg	3037,5 kg	1728 kg	0,745
Chin	438,6 kg	3947,4 kg	2500 kg	0,704
Mazurkiewich	295,065 kg	2655,585 kg	2719 kg	0,835

**Tabel 4.5.** Efisiensi Kelompok Tiang Konfigurasi 4 x 4 dengan Jarak 4D

Metode	Tiang Tunggal	Tiang Tunggal x n	Kelompok Tiang 4D	Efisiensi
Elastis plastis	337,5	3037,5	2639,5 kg	0,773
Chin	438,6	3947,4	5000 kg	0,704
Mazurkiewich	295,065	2655,585	2656,5 kg	0,851



**Gambar 8.** Grafik Peningkatan Daya Dukung Kelompok Tiang

Berdasarkan hasil Tabel 4.4, Tabel 4.5 dan Gambar 8 dapat dilihat hasil dari efisiensi kelompok tiang yang didapat pada jarak 3D memiliki rata-rata 0,761 dan pada jarak 4D memiliki rata-rata 0,776. Hasil dari analisa ini memiliki nilai yang tidak jauh berbeda dengan nilai efisiensi kelompok tiang yang didapat pada *formula converse-labarre* yaitu 0,727 pada jarak 3D dan 0,792 pada jarak 4D, dan juga tidak jauh berbeda dari nilai efisiensi kelompok tiang yang didapat pada *formula feld* yaitu sebesar 0,722.

## V. KESIMPULAN

Hasil pembahasan mengenai beberapa perhitungan metode yang dipergunakan berdasarkan data uji laboratorium, tes sondir dan *loading test* dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil analisa uji laboratorium, menggunakan sistem klasifikasi unfinned tanah tersebut termasuk golongan OH yang mana tanah tersebut merupakan tanah lempungorganik dengan palstisitas sedang sampai tinggi, sedangkan dengan menggunakan sistem klasifikasi tanah AASHTO tanah tersebut termasuk dalam klasifikasi A-7 dengan jenis-jenis bahan pendukung utama berupa lempung.
2. Berdasarkan hasil perhitungan daya dukung tiang tunggal hasil tes laboratorium memiliki hasil yang paling besar dibandingkan dengan tes sondir dan *loading test* tiang tunggal. Untuk hasil dari *loading test* yang memiliki 3 metode yang berbeda dapat didapat bahwa hasil dari metode

chin memiliki hasil terbesar, selanjutnya secara berturut-turut yaitu metode elastis plastis dan metode mazurkiewich.

3. Nilai perbandingan efisiensi kelompok tiang hasil *loading test* dengan jarak 3D memiliki daya dukung lebih kecil dari kelompok tiang hasil *loading test* dengan jarak 4D. Dari hasil metode elastis plastis didapat kenaikan sebesar 3,69%, dari hasil metode mazurkiewich didapat kenaikan sebesar 1,93% sedangkan untuk metode chin tidak ada kenaikan daya dukung. Dari data diatas dapat diambil kesimpulan bahwa jarak yang ada pada kelompok tiang dapat mempengaruhi efisiensi dari kelompok tiang itu sendiri, dan kelompok tiang dengan jarak yang lebih besar memiliki daya dukung yang lebih besar pula, ini dikarenakan semakin besar jarak suatu kelompok tiang maka semakin kecil penyebaran tegangan disekeliling tiang yang saling tumpang tindih pada kelompok tiang tersebut.
4. Efisiensi kelompok tiang yang didapat pada jarak 3D memiliki rata-rata 0,761 dan pada jarak 4D memiliki rata-rata 0,776. Hasil dari analisa ini memiliki nilai yang tidak jauh berbeda dengan nilai efisiensi kelompok tiang yang didapat pada *formula converse labarre* yaitu 0,727 pada jarak 3D dan 0,792 pada jarak 4D, dan juga tidak jauh berbeda dari nilai efisiensi kelompok tiang yang didapat pada *formula feld* yaitu sebesar 0,722.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aswandi A. dan Ishan, Miki. 2009. *Perencanaan Pondasi Tiang*. Pontianak: Fakultas Teknik Untan.
- Bowles, Joseph E. 1992. *Analisis dan Desain Pondasi Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
- Bowles, Joseph E. 1992. *Engineering Properties of Soils and Their Measurement*. McGraw-Hill, Inc.
- Bowles, Joseph E. 1999. *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah)*. Jakarta: Erlangga.
- Braja, M Das. 1995. "Mekanika Tanah Jilid 1." *Jakarta: Erlangga*.
- Coduto, Donald P. 1994. "PE, GE,
- Das, Braja M. 1998. *Mekanika Tanah (Prinsip - prinsip Rekayasa geoteknis) Jilid 2*. Jakarta: Erlangga.
- Foundation Design, Principle and Practice."
- Hardiyatmo, H.C. 1992. *Mekanika Tanah Jilid 1*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Herwin, Priadi, Aprianto. 2017. "Kajian Efisiensi Pada Kelompok Tiang Dengan Konfigurasi 2 X 2." *Jurnal Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Tanjungpura* 4 (4).
- Noor, Muhammad. 2001. *Pertanian Lahan Gambut, Potensi Dan Kendala*. Kanisius.
- Poulos, H.G. & Davis, E.H. 1980. *Pile Foundation Analysis and Design*. Canada: John Wiley & Sons, Inc.
- Rahardjo, Paulus P. 2013. *Manual Pondasi Tiang Edisi 4*. Bandung: Universitas Katolik Parahyangan.
- Sanglerat, Guy, G Olivari, and B Cambov. 1989. "Mekanika Tanah Dan Teknik Pondasi." *Erlangga, Jakarta*.
- Sardjono, H.S. 1991. *Pondasi Tiang Pancang Jilid 1*. Surabaya: Sinar Wijaya.
- Sosrodarsono, Suyono, Kazuto Nakazawa, and L Taula. 2000. *Mekanika Tanah & Teknik Pondasi*. PT Pradnya Paramita.
- Terzaghi, K, and RB Peck. 1987. "Mekanika Tanah Dalam Praktek Rekayasa I, Alih Bahasa Bagus, W., Dan K." *Benny. Erlangga, Jakarta*.
- Terzaghi, Karl, R Benny Krisna, Ralph Brazelton Peck, and Bagus Witjaksono. 1987. *Mekanika Tanah Dalam Praktek Rekayasa*. Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Teng, Wayne. 1962. *Foundation Design*. New Jersey: Prentice-Hall, Englewoods Cliffs..
- Tomlinson, M.J. 1994. *Pile Design and Construction Practice*. London, UK: E & FN Spon.
- Yacoub, Yarlina. 2013. "Pengaruh Tingkat Pengangguran Terhadap Tingkat Kemiskinan Kabupaten/Kota Di Provinsi Kalimantan Barat."