

## OPTIMASI BIAYA ALTERNATIF PEMILIHAN PONDASI TOWER DI KOTA PEKANBARU

Soewignjo Agus Nugroho<sup>1</sup>, Rian Tri Komara<sup>2</sup>, Ari S. Sibarani<sup>3</sup>

### ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah menganalisa desain dan biaya yang dibutuhkan dalam melaksanakan konstruksi pondasi tower dengan bervariasi tipe pondasi serta diameter dan kedalaman pondasi. Diharapkan penelitian ini akan memberikan manfaat dalam pemilihan tipe dan desain pondasi tower pada berbagai jenis tanah di Kota Pekanbaru sehingga dapat memberikan referensi bagi pelaksana dilapangan.

Pondasi tower yang dianalisa ada 3 yaitu pondasi telapak, pondasi bored pile dan pondasi tiang pancang. Agar didapatkan tipe pondasi yang optimal maka setiap pondasi dibagi dalam 3 alternatif. Untuk pondasi telapak kedalaman pondasi dibatasi sebesar 2,2 m, 2,0 m dan 1,8 m. Pondasi bored pile dibatasi dengan diameter 0,4 m, 0,5 m dan 0,6 m. Sedangkan pondasi tiang pancang digunakan tiang dengan panjang sisi 0,2 m, 0,25 m dan 0,3 m. Berdasarkan variasi alternatif tersebut dianalisa alternatif yang memberikan kekuatan teknis pondasi yang optimum dengan estimasi biaya yang ekonomis.

Hasil analisa menunjukkan pondasi bored pile memberikan kapasitas daya dukung terbesar sehingga memberikan penurunan pondasi yang lebih kecil. Namun gaya tarik terbesar dimiliki oleh pondasi tiang pancang. Kebutuhan biaya bouwplank, bekisting dan pekerjaan tanah terkecil diberikan oleh pondasi bored pile pada tanah lunak dan tanah sedang serta pondasi tiang pancang pada tanah keras. Kebutuhan biaya beton terkecil adalah pada pondasi tiang pancang untuk tanah lunak dan tanah keras serta pondasi telapak untuk tanah sedang. Kebutuhan besi beton terkecil pada tanah lunak adalah pada pondasi tiang pancang dan pondasi telapak pada tanah sedang dan tanah keras. Pada tanah lunak biaya pelaksanaan pondasi terkecil adalah pada pondasi tiang pancang yaitu Rp. 131.313.986. Sedangkan biaya pelaksanaan pondasi terkecil pada tanah sedang dan tanah keras adalah pondasi telapak yaitu Rp. 55.125.822.

Kata kunci: kapasitas daya dukung, gaya tarik, penurunan, estimasi biaya

### ABSTRACT

*The purpose of this study is to analyze the design and costs required to implement the tower foundation construction and foundation type to vary the diameter and depth of the foundation. It is expected that this study will provide benefits in the selection of the type and design of tower foundations on different types of soil in the city of Pekanbaru so as to provide a reference for implementing the field.*

*The foundation of the tower there are 3 analyzed the foundation of the palm, bored pile foundation and pile foundation. In order to get the optimal type of foundation, each foundation is divided into 3 alternatives. For the palm foundation foundation depth of 2.2 m is restricted, 2.0 m and 1.8 m. Limited bored pile foundation with a diameter of 0.4 m, 0.5 m and 0.6 m. While the pile foundation used a pole with side length 0.2 m, 0.25 m and 0.3 m. Based on the analysis of alternative variations of alternative technical foundation that provides optimum strength with economical cost estimation.*

*The analysis shows bored pile foundation gives the largest carrying capacity thus providing a smaller reduction in foundation. But gravity has the largest pile foundation. Bouwplank cost requirements, formwork and ground work is given by the smallest bored pile foundation in soft soil and moderate soil and pile foundation in hard soil. Necessity is the smallest cost of concrete pile foundation for soft ground and hard ground and foundation of the palm to the ground of being.*

<sup>1</sup> Teknik Sipil S1 Universitas Riau, Email: nugroho\_52yk@yahoo.co.id

<sup>2</sup> Teknik Sipil S1 Universitas Riau, E-mail : riantrikomara@yahoo.com

<sup>3</sup> Teknik Sipil Universitas Pasir Pengaraian

*Concrete needs of the smallest iron in the soil are soft on the pile foundation and the foundation of the palms on the ground and the ground was hard. In soft soil foundation cost of implementation is the smallest pile foundation is Rp. 131 313 986. While the cost of implementing the smallest foundation in hard soil soil medium and is the foundation of the palm of Rp. 55,125,822.*

**Keywords:** *bearing capacity, tensile strength, decrease, cost estimated*

---

## 1. LATAR BELAKANG

Perkembangan dunia telekomunikasi di Indonesia semakin pesat. Terutama dalam perkembangan penggunaan telepon selular. Untuk meningkatkan pelayanan dan menambah jumlah pelanggan, perusahaan telepon selular ini mengembangkan jaringannya. Perkembangan jaringan menuntut adanya pembangunan tower baru didaerah baru.

Suatu tipe tower bisa dibangun pada beberapa lokasi. Tempat berdirinya tower ada dua yaitu tower yang didirikan diatas tanah dan tower yang didirikan diatas gedung. Tower yang berdiri diatas gedung relatif kecil dan dianggap sebagai beban tambahan pada gedung tersebut. Sedangkan tower yang didirikan diatas tanah ukurannya lebih besar dengan tinggi bisa mencapai 90 meter. Tower yang berdiri diatas tanah didukung oleh pondasi yang dapat berupa pondasi dalam dan pondasi dangkal. Pondasi merupakan suatu bagian dari konstruksi bangunan yang berfungsi meneruskan beban bangunan atas kedaras tanah yang cukup kuat mendukungnya. Tanah dasar yang memiliki daya dukung tinggi tidak selalu berada pada permukaan tanah. oleh karena itu dalam pendesainannya pondasi terbagi dua yaitu pondasi dalam dan pondasi dangkal.

Pembangunan tower di berbagai wilayah di Riau semakin meningkat. Pondasi yang sering digunakan adalah pondasi dalam bored pile, namun belum ada kajian lebih lanjut apakah pondasi ini optimum sebagai pondasi tower untuk semua jenis tanah yang dijumpai di Pekanbaru. Disini akan dianalisa desain pondasi tower yang memenuhi persyaratan teknis dan ekonomis dari segi biaya sehingga biaya yang dikeluarkan untuk pembuatan pondasi bisa diminimalis. optimasi penggunaan pondasi tower pada suatu jenis tanah tertentu bisa ditentukan melalui estimasi biaya pondasi tersebut.

Tujuan dari penelitian ini adalah Mengkaji jenis pondasi tower yang memenuhi persyaratan teknis dan ekonomis, mengkaji aspek-aspek teknis pondasi tower pada tanah lunak, sedang dan tanah keras serta mengkaji estimasi biaya pondasi tower pada tanah lunak, sedang dan tanah keras.

### 1.1.TOWER

Tower merupakan suatu jenis menara yang terbuat dari baja. Berdasarkan tempat berdirinya tower dapat dibedakan menjadi dua yaitu *greenfield* dan *rooftop*. Bentuk tower dapat dibedakan menjadi 3 yaitu *rectangular*, *triangle* dan *pole*. *Rectangular* adalah tower segi empat dengan empat kaki. *Triangle* adalah tower segi tiga dengan 3 kaki. Sedangkan *pole* adalah tower yang berbentuk

bulat seperti pipa yang memiliki satu kaki. Tower yang berbentuk pipa ini terbagi dua yaitu *minipole* dengan diameter kecil dan *monopole* dengan diameter yang lebih besar.

**1.2. PONDASI DANGKAL**

Analisis daya dukung mempelajari kemampuan tanah dalam mendukung beban pondasi struktur yang terletak di atasnya. Terzaghi mengemukakan rumus praktis untuk menghitung daya dukung tanah pada pondasi segi empat sebagai berikut:

$$q_{ult} = 1,3c N_c + \gamma D_f N_q + 0,4\gamma B N_\gamma \dots (1)$$

dengan :

- c = kohesi tanah
- γ = berat isi
- Nc, Nq, Nγ = koefisien daya dukung Terzaghi
- Df = Kedalaman pondasi
- B = Lebar pondasi

Pondasi telapak pada bangunan seperti untuk kaki-kaki tangki air di atas tanah, menara transmisi, penjangkaran kabel angker dan pada beberapa instalasi peralatan industri dapat dipengaruhi oleh tarikan keatas atau gaya tarik.

$$W = W_p + W_t + F_r \dots (2)$$

dengan :

- W = gaya tahan ultimit pondasi terhadap gaya tarikan vertikal ke atas
- Wp = berat pelat pondasi
- Wt = berat tanah di atas pondasi
- F<sub>r</sub> = tahanan gesek disepanjang tanah yang tergeser = cA (untuk tanah kohesif)
- A = luas selimut tanah yang tertarik keatas

Schmertmann (1970) memberikan cara untuk menghitung besarnya penurunan tanah dengan berdasarkan hasil pengujian penetrasi kerucut

statis. Besarnya penurunan segera (Si) dinyatakan dalam bentuk persamaan berikut:

$$S_i = c_1 c_2 q_{un} \sum_0^{2B} \frac{I_z}{E} \Delta_z \dots (3)$$

dengan :

- C<sub>1</sub> = faktor koreksi kedalaman
- C<sub>2</sub> = faktor rangkai
- I<sub>z</sub> = faktor pengaruh regangan lateral
- E = modulus elastis tanah
- Δz = ketebalan lapisan
- q<sub>un</sub> = tambahan tekanan pondasi neto

**1.3.PONDASI DALAM**

Schmertmann memberikan persamaan untuk menghitung daya dukung tiang dengan menggunakan data CPT sebagai berikut:

$$Q_{ult} = \frac{(q_{c1} + q_{c2})}{2} A_b + \alpha \left( \sum_{y=0}^{8D} \frac{y}{8D} f_s A_s + \sum_{y=8D}^L f_s A_s \right) (4)$$

dengan :

- q<sub>c1</sub> = nilai tahanan kerucut minimum rata-rata dengan rentang (0,7 – 4)D di bawah ujung tiang, kg/cm<sup>2</sup>
- q<sub>c2</sub> = nilai tahanan kerucut rata-rata 8D di atas ujung tiang, kg/cm<sup>2</sup>
- D = diameter tiang, cm
- α = faktor koreksi
- y = jarak dimana tahanan di bawah tiang yang dihitung = 4D, cm
- f<sub>s</sub> = jumlah tahanan lekat, kg/cm
- A<sub>b</sub> = luas ujung tiang, cm<sup>2</sup>
- A<sub>s</sub> = keliling tiang, cm

Pada pondasi tiang gaya angkat ditahan oleh berat sendiri tiang tersebut dan tahanan driksi yang dihasilkan antar tiang dan tanah sekelilingnya. Menurut Poulos dan Davis (1980) penurunan jangka panjang untuk pondasi tiang tunggal tidak perlu ditinjau karena penurunan tiang akibat konsolidasi dari tanahnya relatif kecil. Hal ini disebabkan

<sup>1</sup> Teknik Sipil S1 Universitas Riau, Email: nugroho\_52yk@yahoo.co.id  
<sup>2</sup> Teknik Sipil S1 Universitas Riau, E-mail : riantrikomara@yahoo.com  
<sup>3</sup> Teknik Sipil Universitas Pasir Pengaraian

pondasi tiang tersebut direncanakan terhadap daya dukung ujung tiang atau hambatan lekat atau penjumlahan dari keduanya. Morgan dan Poulos (1968) memberikan nilai penurunan tiang tunggal sebagai berikut:

$$S_1 = \frac{P I_s}{E_s L} \dots\dots\dots(5)$$

dengan :

- S<sub>1</sub> = Penurunan tiang tunggal
- I<sub>s</sub> = Faktor yang mempengaruhi penurunan tiang tunggal
- L = panjang tiang

## 2. METODOLOGI PERHITUNGAN

Gaya dan momen tower terlebih dahulu ditentukan sebagai pembebanan pondasi. Data tanah Kota Pekanbaru ditentukan yaitu tanah lunak, tanah sedang dan tanah keras. Tipe-tipe

pondasi yang akan dihitung adalah pondasi telapak, pondasi bored pile dan pondasi tiang pancang. Ditentukan batasan alternatif dimensi pondasi yaitu kedalaman 2,2 m, 2,0 m dan 1,8 m untuk pondasi telapak. Diameter bored pile yang digunakan adalah 0,4 m, 0,5 m dan 0,6 m serta panjang sisi untuk pondasi tiang pancang adalah 0,2 m, 0,25m dan 0,3 m. Dari data-data tersebut maka dianalisa daya dukung, ketahanan terhadap tarik (*uplift*), gaya lateral dan penurunan pondasi. Kemudian dilakukan perhitungan penulangan pada pondasi telapak, tiang, pile cap, pedestal dan sloof pondasi. Dimensi pondasi yang didapat dioptimasi. Setelah dimensi pondasi yang memenuhi persyaratan teknis dan optimum diketahui maka dilakukan perhitungan terhadap analisa biaya dari masing-masing alternatif pondasi pada ketiga jenis tanah.

## HASIL

Tabel 1 Data fisik masing-masing alternatif pondasi pada tanah lunak

No.	Jenis pondasi	Fisik pondasi	Alternatif		
			1	2	3
1	Pondasi telapak	- Kedalaman (m) - Lebar telapak (m) - Tebal telapak (m)	- - -	- - -	- - -
2	Pondasi bored pile	- Diameter (mm) - Panjang (m) - Jumlah tiang (buah) - Tebal pile cap (m) - Lebar pile cap (m)	400 14 4 0,4 2,2 x 2,2	500 14 4 0,4 2,3 x 2,3	600 14 4 0,4 2,4 x 2,4
3	Pondasi tiang pancang	- Diameter (mm) - Panjang (m) - Jumlah tiang (buah) - Tebal pile cap (m) - Lebar pile cap (m)	200 14,4 5 0,4 2,0 x 3,0	250 13,4 5 0,4 2,1 x 3,1	300 13 5 0,4 2,2 x 3,2

Tabel 2 Data fisik masing-masing alternatif pondasi pada tanah sedang

No.	Jenis pondasi	Fisik pondasi	Alternatif		
			1	2	3
1	Pondasi telapak	- Kedalaman (m)	2,2	2,0	1,8
		- Lebar telapak (m)	2,4	2,6	2,8
		- Tebal telapak (m)	0,4	0,4	0,4
2	Pondasi bored pile	- Diameter (mm)	400	500	600
		- Panjang (m)	10	9	8
		- Jumlah tiang (buah)	3	3	3
		- Tebal pile cap (m)	0,4	0,4	0,4
		- Lebar pile cap (m)	2,2 x 2,2	2,3 x 2,3	2,4 x 2,4
3	Pondasi tiang pancang	- Diameter (mm)	200	250	300
		- Panjang (m)	10	9	8
		- Jumlah tiang (buah)	5	5	5
		- Tebal pile cap (m)	0,4	0,4	0,4
		- Lebar pile cap (m)	2,3 x 2,3	2,4 x 2,4	2,5 x 2,5

Tabel 3 Data fisik masing-masing alternatif pondasi pada tanah sedang

No.	Jenis pondasi	Fisik pondasi	Alternatif		
			1	2	3
1	Pondasi telapak	- Kedalaman (m)	2,2	2,0	1,8
		- Lebar telapak (m)	2,4	2,6	2,8
		- Tebal telapak (m)	0,4	0,4	0,4
2	Pondasi bored pile	- Diameter (mm)	400	500	600
		- Panjang (m)	7	6	5
		- Jumlah tiang (buah)	3	3	3
		- Tebal pile cap (m)	0,4	0,4	0,4
		- Lebar pile cap (m)	2,2 x 2,2	2,3 x 2,3	2,4 x 2,4
3	Pondasi tiang pancang	- Diameter (mm)	200	250	300
		- Panjang (m)	7	6	5
		- Jumlah tiang (buah)	4	5	5
		- Tebal pile cap (m)	0,4	0,4	0,4
		- Lebar pile cap (m)	2,1 x 2,1	2,4 x 2,4	2,5 x 2,5

### Kapasitas Daya Dukung Pondasi

Kapasitas daya dukung ijin terbesar tanah lunak adalah pada pondasi bored pile

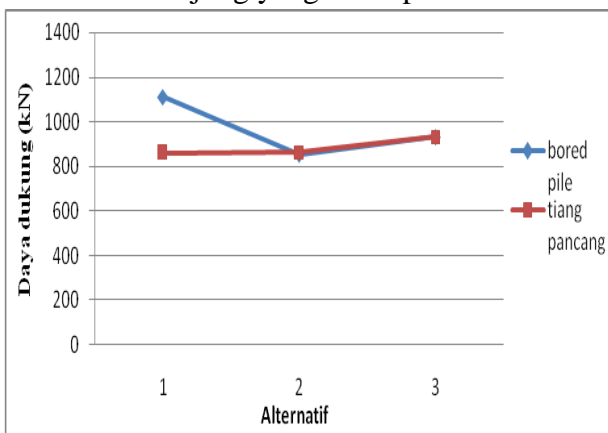
alternatif 1 yaitu sebesar 1111,49 kN. Sedangkan kapasitas daya dukung ijin terbesar yang terjadi pada pondasi tiang

<sup>1</sup> Teknik Sipil S1 Universitas Riau, Email: nugroho\_52yk@yahoo.co.id

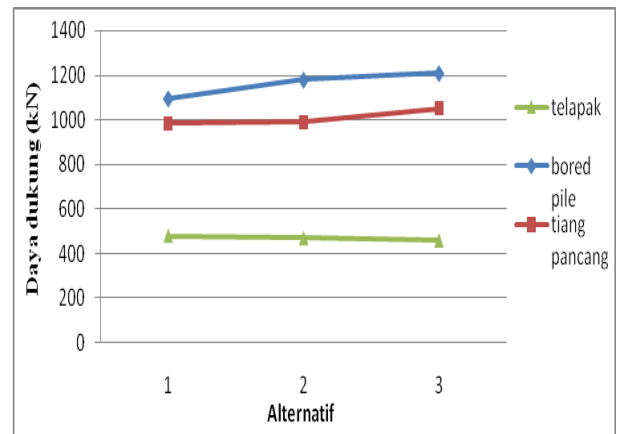
<sup>2</sup> Teknik Sipil S1 Universitas Riau, E-mail : riantrikomara@yahoo.com

<sup>3</sup> Teknik Sipil Universitas Pasir Pengaraian

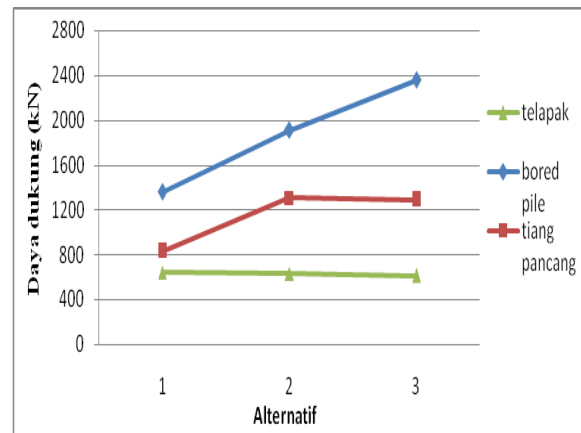
pancang adalah pada alternatif 3 yaitu sebesar 931,34 kN (Gambar 1). Daya dukung pondasi bored pile alternatif 2 mengalami penurunan. Hal ini disebabkan lapisan tanah pendukungnya berkurang sedangkan tahanan friksi pada kedalaman nol sampai enam meter sangat kecil karena tanah pada kedalaman tersebut merupakan gambut sehingga tidak dapat meningkatkan daya dukung friksi walaupun diameter tiang diperbesar. Sedangkan pada alternatif 3 nilai daya dukung kembali meningkat disebabkan karena penambahan daya dukung akibat perbesaran tiang lebih besar dari pada pengurangan daya dukung friksi akibat perpendekan tiang. Pada tanah sedang dan tanah keras dari Gambar 4.2 dan 4.3 kapasitas daya dukung ijin terbesar terjadi pada pondasi bored pile alternatif 3 yaitu 1207,69 kN dan 2354,70 kN. Dari kedua gambar tersebut juga terlihat bahwa seluruh alternatif pondasi bored pile memiliki daya dukung ijin yang lebih besar dibandingkan dengan pondasi tiang pancang dan pondasi telapak dari tiap alternatifnya. Peningkatan daya dukung ini disebabkan karena kondisi tanah yang relatif cukup kuat dengan  $q_c$  diatas  $20\text{kg/cm}^2$  dari kedalaman dangkal. Sehingga pondasi bored pile yang memiliki diameter tiang terbesar memberikan nilai tahanan ujung yang besar pula



Gambar 1 Kapasitas daya dukung ultimit ijin pondasi tanah lunak



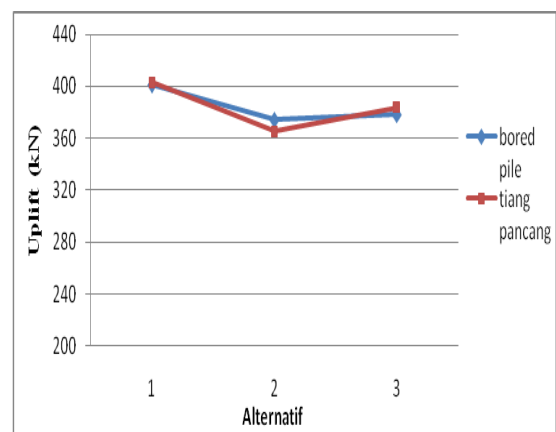
Gambar 2 Kapasitas daya dukung ultimit ijin pondasi tanah sedang



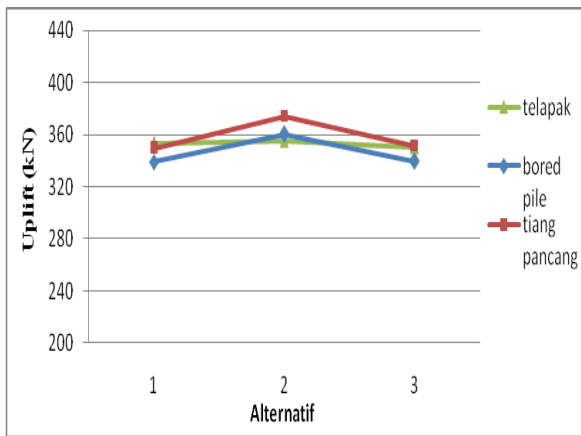
Gambar 3 Kapasitas daya dukung ultimit ijin pondasi tanah keras

### Gaya Tarik (*uplift*) Pondasi

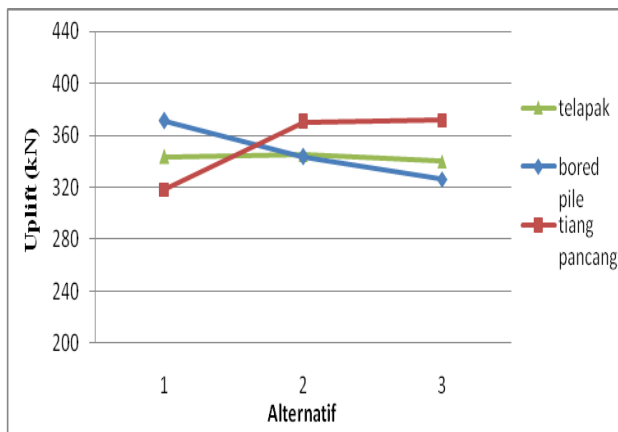
Gaya tarik (*uplift*) ijin pondasi pada Gambar 4.2a sampai 4.2c dari Tabel 1 sampai 24 pada lampiran B.



Gambar 4 Kapasitas tarik ijin pondasi tanah lunak



Gambar 5 Kapasitas tarik ijin pondasi tanah sedang



Gambar 6 Kapasitas tarik ijin pondasi tanah keras

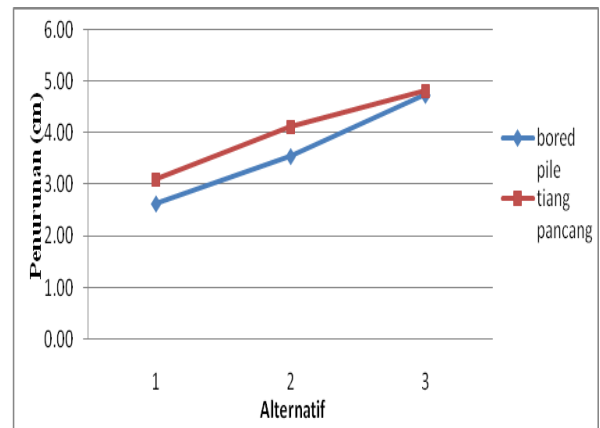
Dari gambar 4.4 sampai 4.6 dapat dilihat bahwa jenis pondasi yang memberikan gaya tarik ijin terbesar adalah pondasi tiang pancang yaitu 383,87 kN pada tanah lunak, 374,22 kN pada tanah sedang dan 371,69 kN pada tanah keras. Dari gambar tersebut juga dapat dilihat grafik yang naik turun. Hal ini disebabkan karena gaya tarik ditentukan oleh berat sendiri pondasi dan gaya gesek yang terjadi antara selimut tiang pondasi dan tanah pada pondasi tiang serta gesekan tanah yang terangkat diatas telapak pada pondasi telapak. Pada pondasi tiang nilai gaya tarik ini sangat bergantung pada tahanan friksi tiang. Pada tanah lunak seperti yang terlihat pada Gambar 4.4 terjadi penurunan daya dukung tarik pada pondasi bored pile dan tiang pancang pada alternatif 2. Hal ini disebabkan karena penurunan tahanan friksi yang cukup signifikan akibat berkurangnya tebal lapisan

pendukung sehingga menurunkan gaya tarik. Sedangkan pada alternatif 3 terjadi peningkatan disebabkan adanya penambahan berat tiang.

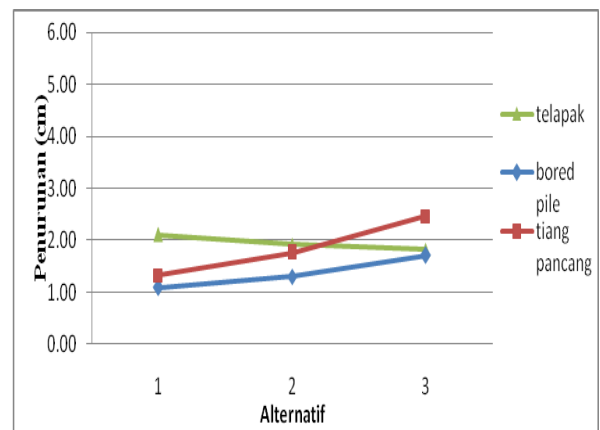
Dari Gambar 4.5 yang merupakan tanah sedang, gaya tarik ijin alternatif 2 adalah yang terbesar dari masing-masing jenis pondasi. Gaya tarik ijin pada pondasi telapak dan bored pile pada tanah sedang berturut-turut adalah 355,14 kN dan 360,52 kN. Sedangkan pada Gambar 4.6 yaitu tanah keras gaya tarik ijin terbesar pondasi telapak adalah pada alternatif 1 yaitu 344,85 kN, dan alternatif 2 pada pondasi bored pile yaitu 370,95 kN.

### Penurunan Pondasi

Penurunan pondasi pada Gambar 4.3a sampai 4.3c dari Tabel 1 sampai 24 pada lampiran B.



Gambar 7 Penurunan pondasi tanah lunak

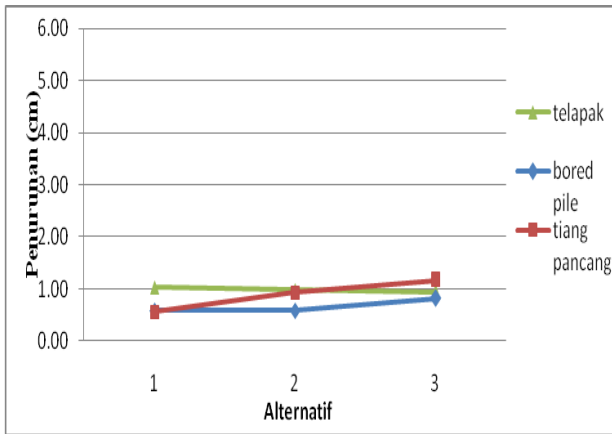


Gambar 8 Penurunan pondasi tanah sedang

<sup>1</sup> Teknik Sipil S1 Universitas Riau, Email: nugroho\_52yk@yahoo.co.id

<sup>2</sup> Teknik Sipil S1 Universitas Riau, E-mail : riantrikomara@yahoo.com

<sup>3</sup> Teknik Sipil Universitas Pasir Pengaraian



Gambar 9 Penurunan pondasi tanah keras

Penurunan pondasi pada Gambar 4.7 sampai 4.9 dari Tabel 1 sampai 24 pada lampiran B. Penurunan terkecil terjadi pada pondasi bored pile alternatif 1 yaitu 2,63 cm dan 1,09 cm kecuali pada tanah keras yaitu pada pondasi tiang pancang sebesar 0,56 cm. Dari gambar tersebut juga dapat terlihat keseragaman penurunan dari masing-masing pondasi. Dari alternatif 1 sampai alternatif 3 pada tiap-tiap pondasi terjadi peningkatan penurunan kecuali pada pondasi telapak, penurunannya semakin kecil. Hal ini disebabkan karena pada pondasi tiang beban tiang akibat berat sendiri semakin meningkat dari alternatif 1, 2 dan 3. Sedangkan pada pondasi telapak luas telapak semakin besar dari alternatif 1, 2 dan 3 sehingga daerah penyaluran beban semakin luas dan memperkecil penurunan.

Nilai penurunan terbesar terjadi pada pondasi tiang pancang, berturut-turut dari tanah lunak, tanah sedang dan tanah keras yaitu 4,82 cm, 2,46 cm dan 1,161 cm. Nilai penurunan yang terjadi masih memenuhi penurunan ijin yang diberikan oleh Skempton dan MacDonald (1955), yaitu sebesar 6,5 cm untuk tanah lempung dan 4 cm untuk tanah berpasir.

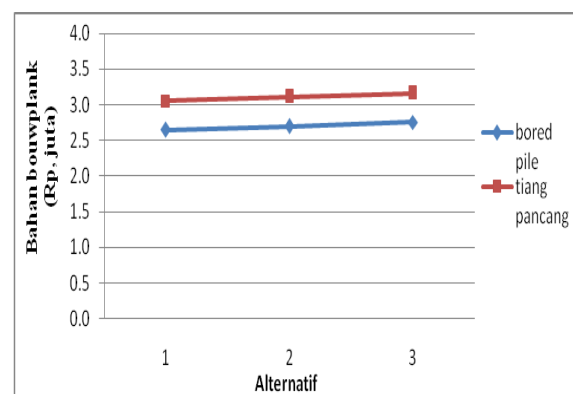
### Analisa Biaya Bouwplank

Biaya bouwplank pada Gambar 4.10 sampai 4.12 dari Tabel 1 sampai 24 pada lampiran C. Dari gambar tersebut dapat

dilihat biaya bouwplank yang digunakan relatif sama. Pada Gambar 4.10 dan 4.11 yang merupakan grafik analisa biaya bouwplank pada tanah lunak dan tanah sedang dapat dilihat biaya bouwplank terkecil adalah pada pondasi bored pile alternatif 1 yaitu Rp. 2.649.088. Sedangkan biaya bahan bouwplank terkecil pondasi tiang pancang pada tanah lunak dari Gambar 4.10 adalah tiang pancang alternatif 1 yaitu Rp. 3.056.640 atau 15,38% lebih besar dari pondasi bored pile alternatif 1. Pada tanah sedang dari Gambar 4.11, biaya bouwplank terkecil pondasi telapak dan pondasi tiang pancang berturut-turut adalah Rp. 2.750.976 dan Rp. 2.700.032 atau 3,85% dan 1,92% lebih besar dari pondasi bored pile alternatif 1.

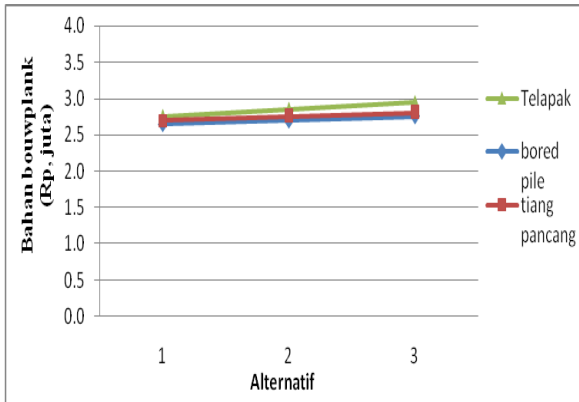
Pada tanah keras dari Gambar 4.12 biaya bouwplank terkecil adalah pondasi tiang pancang alternatif 1 yaitu Rp. 2.598.144. Sedangkan untuk pondasi telapak dan pondasi bored pile pada tanah keras biaya bouwplank terkecil dari ketiga alternatifnya berturut-turut adalah Rp. 2.750.976 dan Rp. 2.649.088 atau 5,88% dan 1,96% lebih besar dari biaya bouwplank terkecil pada pondasi tiang pancang.

Analisa biaya bouwplank terdiri dari biaya penggunaan bahan dan upah pekerja. Biaya bouwplank yang digunakan tergantung pada besar pile cap pada pondasi tiang atau besar telapak pada pondasi dangkal. Pengukuran bouwplank dihitung berjarak 1,5 m dari pinggir terluar pile cap atau telapak pondasi.

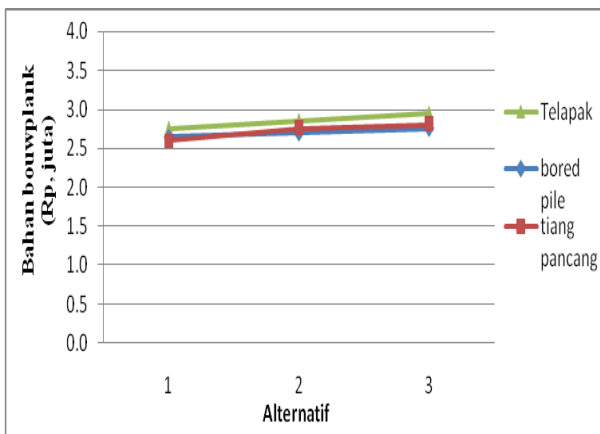




Gambar 10 Analisa biaya bouwplank tanah lunak



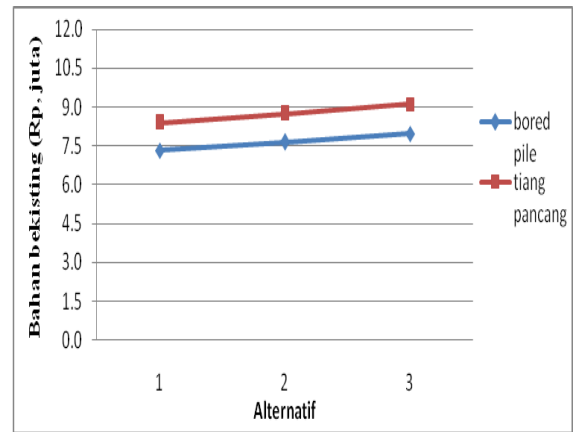
Gambar 11 Analisa biaya bouwplank tanah sedang



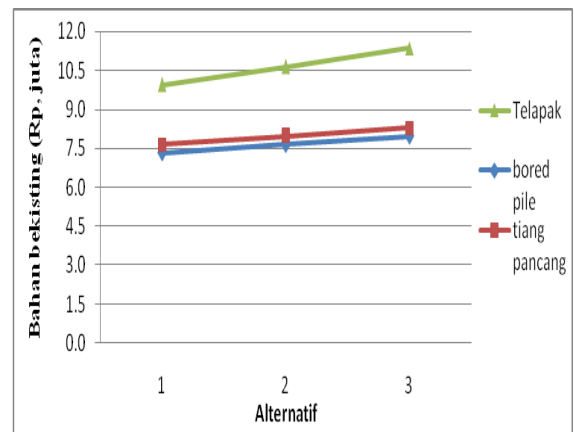
Gambar 12 Analisa biaya bouwplank tanah keras

### Analisa Biaya Bekisting

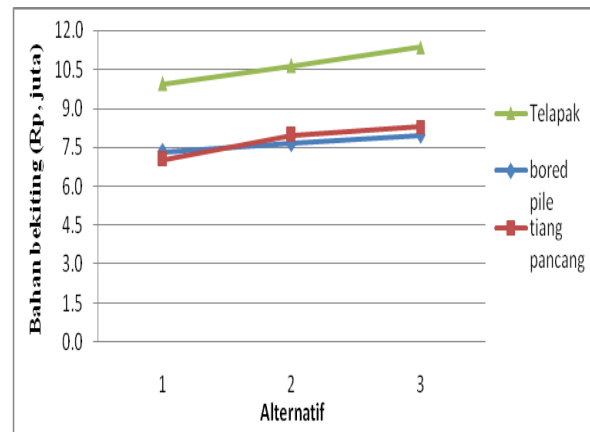
Biaya bekisting pada Gambar 4.13 sampai 4.15 dari Tabel 1 sampai 24 pada lampiran C. Dari ketiga gambar tersebut terlihat adanya keseragaman biaya bekisting pada pondasi bored pile dan pondasi tiang pancang, terutama pada tanah sedang dan tanah keras. Dari Gambar 4.14 dan 4.15 juga terlihat biaya bekisting pondasi telapak cenderung lebih besar dari pada pondasi bored pile dan tiang pancang. Hal ini disebabkan karena ukuran pile cap pondasi tiang pancang dan bored pile relatif lebih kecil dari pada ukuran telapak pondasi telapak. Selain itu pondasi telapak memiliki tinggi pedestal yang lebih besar dari pada pondasi tiang sehingga membutuhkan biaya bekisting yang lebih besar pula.



Gambar 13 Analisa biaya bekisting tanah lunak



Gambar 14 Analisa biaya bekisting tanah sedang



Gambar 15 Analisa biaya bekisting tanah keras

Dari Gambar 4.13 dan 4.14 dapat dilihat biaya bekisting terkecil adalah pada pondasi bored pile alternatif 1 yaitu Rp. 7.325.758. Biaya bahan bekisting tanah lunak dari Gambar 4.13 untuk pondasi tiang pancang yang terkecil adalah pada alternatif 1 yaitu Rp. 8.391.020 atau 14,54% lebih besar dari pondasi bored pile alternatif 1. Sedangkan

<sup>1</sup> Teknik Sipil S1 Universitas Riau, Email: nugroho\_52yk@yahoo.co.id

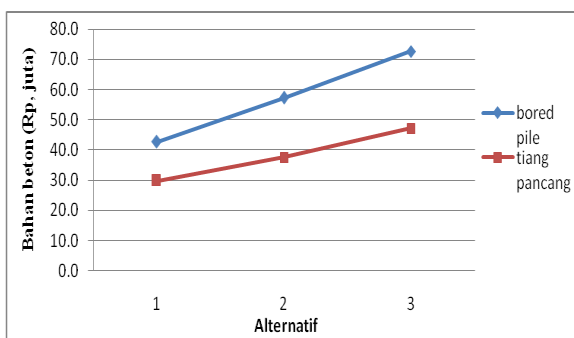
<sup>2</sup> Teknik Sipil S1 Universitas Riau, E-mail : riantrikomara@yahoo.com

<sup>3</sup> Teknik Sipil Universitas Pasir Pengaraian

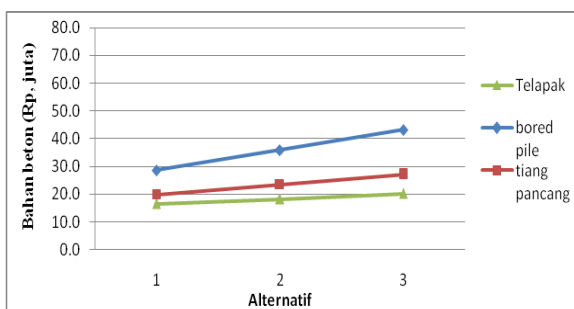
dari Gambar 4.14 biaya bahan bekisting terkecil dari pondasi telapak dan tiang pancang masing-masing berturut-turut adalah Rp. 9.939.894 dan Rp. 7.634.113 atau 35,68% dan 4,21% lebih besar dari pondasi bored pile alternatif 1.

Dari Gambar 4.15 yaitu tanah keras, biaya bekisting terkecil adalah pada pondasi tiang pancang alternatif 1 yaitu Rp. 7.031.078, sedangkan biaya bekisting terkecil dari ketiga alternatif pondasi telapak dan bored pile berturut-turut adalah Rp. 9.939.894 dan Rp. 7.325.758 atau 41,37% dan 4,19% lebih besar dari pondasi tiang pancang. Dari gambar tersebut juga dapat terlihat bahwa biaya bekisting pondasi tiang pancang pada alternatif 2 dan 3 meningkat dan lebih besar dari pada biaya bekisting pada pondasi bored pile alternatif 2 dan 3. Hal ini disebabkan karena terjadi peningkatan jumlah tiang pada pondasi tiang pancang antara alternatif 1 dengan alternatif 2 dan 3 sehingga ukuran pile cap bertambah besar pula yang mengakibatkan peningkatan biaya bekisting.

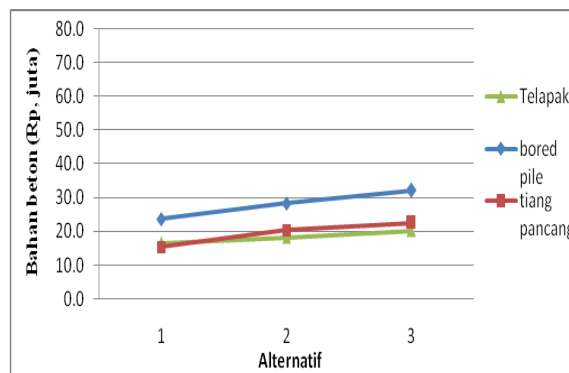
### Analisa Biaya Beton



Gambar 16 Analisa biaya beton tanah lunak



Gambar 17 Analisa biaya beton tanah sedang

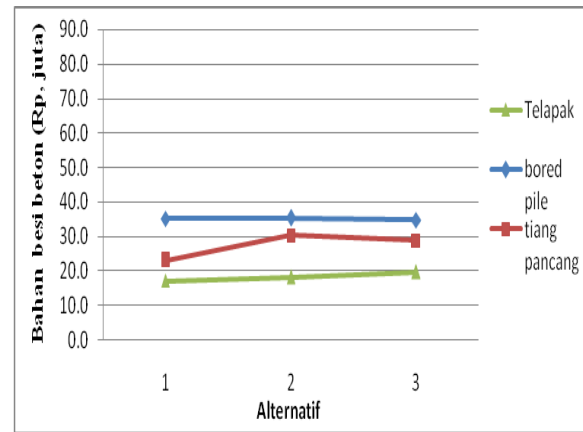


Gambar 18 Analisa biaya beton tanah keras

Analisa biaya beton pada Gambar 4.16 sampai 4.18 dari Tabel 1 sampai 24 pada lampiran C. Dari Gambar 4.16 sampai 4.18 dapat dilihat terjadi peningkatan biaya bahan beton dari tiap jenis pondasi dari alternatif 1, 2 dan 3. Hal ini karena pada pondasi tiang penambahan volume beton akibat perbesaran diameter tiang lebih besar dari pada penurunan volume beton akibat perpendekan tiang. Sedangkan pada pondasi telapak penambahan volume beton pada perbesaran lebar telapak lebih besar dari pada penurunan kedalaman pedestal pondasi. Dari Gambar 4.16 dapat dilihat biaya pemakaian bahan beton dan upah untuk pekerjaan beton terkecil adalah pada pondasi tiang pancang yaitu sebesar Rp. 29.704.408 sedangkan pada pondasi bored pile sebesar Rp. 42.704.385 atau 43,76% lebih besar. Hal ini disebabkan karena volume beton pada tiang pancang lebih kecil dari pada pondasi bored pile walaupun jumlah tiang pada pondasi tiang pancang lebih banyak dari pada pondasi bored pile.

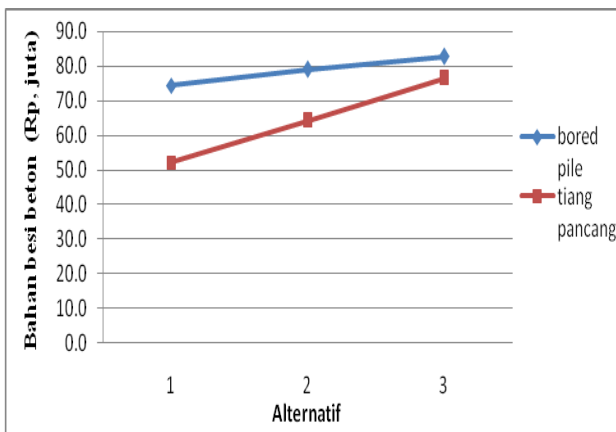
Biaya beton terkecil pada tanah sedang dari Gambar 4.17 adalah pondasi telapak yaitu Rp. 16.479.853. Sedangkan pada gambar yang sama biaya beton terkecil untuk pondasi bored pile dan tiang pancang berturut-turut adalah Rp. 28.549.977 dan 19.910.563 atau 73,24% dan 20,82% lebih besar dari pondasi telapak. Pada tanah keras dari Gambar 4.18 biaya beton terkecil diberikan oleh pondasi tiang pancang yaitu Rp 15.320.567. Sedangkan pondasi telapak

dan pondasi bored pile biaya beton terkecilnya berturut-turut adalah Rp. 16.479.853 dan Rp. 23.650.374 atau 7,57% dan 54,37% lebih besar. Biaya pekerjaan beton pada pondasi bored pile secara umum lebih besar dari kedua pondasi lain karena diameter tiang pondasi bored pile cukup besar sehingga volume beton yang dibutuhkan juga lebih besar. Diameter minimum bored pile dengan tebal selimut 6 cm dibatasi sampai 340 cm.

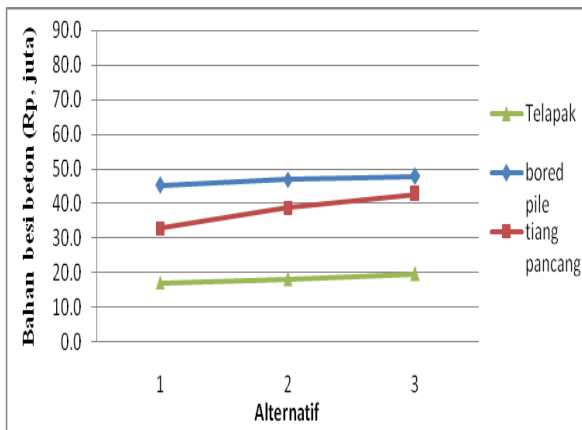


Gambar 21 Analisa biaya besi beton tanah keras

### Analisa Biaya Besi Beton



Gambar 19. Analisa biaya besi beton tanah lunak



Gambar 20 Analisa biaya besi beton tanah sedang

Analisa biaya besi beton pada Gambar 4.19 sampai 4.21 dari Tabel 1 sampai 24 pada lampiran C. Dari Gambar 4.19 biaya besi beton terkecil tanah lunak adalah pada pondasi tiang pancang alternatif 1 yaitu Rp. 52.158.907. Sedangkan dari ketiga alternatif pondasi bored pile pada contoh tanah yang sama yang memberikan nilai biaya besi beton terkecil adalah alternatif 1 yaitu Rp. 74.394.064 atau 42,63% lebih besar dari pondasi tiang pancang. Untuk tanah sedang dan tanah keras dari Gambar 4.20 dan 4.21 biaya besi beton terkecil adalah pada pondasi telapak yaitu Rp. 17.191.921. Sedangkan alternatif biaya terkecil dari pondasi bored pile dan tiang pancang pada tanah sedang adalah alternatif 1 yaitu berturut-turut Rp. 45.288.278 dan Rp. 32.943.637 atau 163,43% dan 91,62% lebih besar dari alternatif 1 pondasi telapak. Biaya pondasi bored pile dan tiang pancang terkecil tanah keras berturut-turut adalah Rp. 35.513.198 dan Rp. 23.015.974 atau 104,82% dan 33,88% lebih besar dari pondasi telapak.

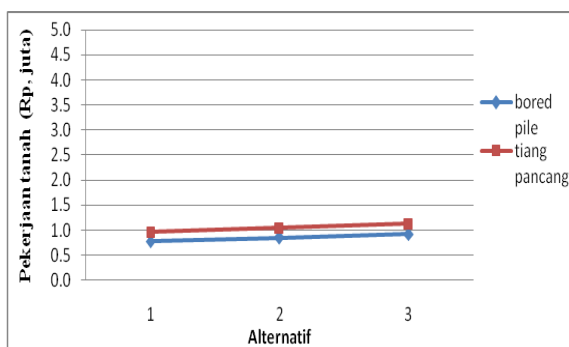
Secara umum dapat dilihat bahwa biaya besi beton pondasi telapak lebih murah, disebabkan karena pada pondasi bored pile dan tiang pancang adanya kebutuhan penggunaan besi tulangan pada tiang pondasi berupa tulangan lentur dan tulangan sengkang sehingga membutuhkan biaya yang besar untuk penulangan tiang pondasi. Sedangkan

<sup>1</sup> Teknik Sipil S1 Universitas Riau, Email: nugroho\_52yk@yahoo.co.id  
<sup>2</sup> Teknik Sipil S1 Universitas Riau, E-mail : riantrikomara@yahoo.com  
<sup>3</sup> Teknik Sipil Universitas Pasir Pengaraian

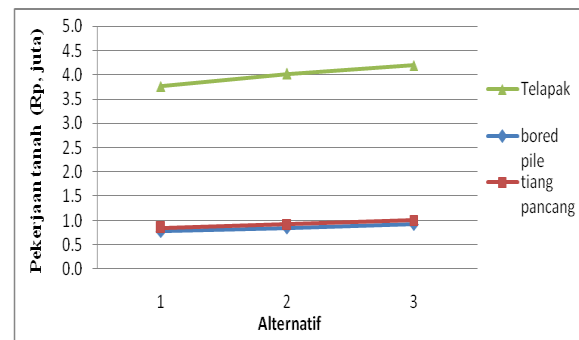
perbandingan antara kebutuhan tulangan pada pile cap pondasi dan telapak pondasi hampir sama. Hal ini dapat dilihat dari jumlah tulangan yang digunakan pada plat pondasi telapak yaitu 15 tulangan diameter 16 mm sedangkan pile cap pondasi bored pile menggunakan 14 tulangan 16 mm dan tiang pancang 14 tulangan diameter 16 mm.

### Analisa Biaya Pekerjaan Tanah

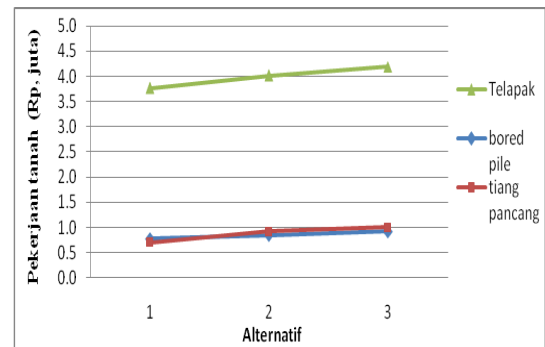
Dari Gambar 4.22 dan 4.23 dapat dilihat pondasi yang memberikan biaya pekerjaan tanah terkecil adalah pondasi bored pile yaitu Rp. 773.602. Sedangkan untuk tanah lunak pada Gambar 4.22 biaya pekerjaan tanah terkecil pada pondasi tiang pancang adalah Rp. 959.011 atau 23,97% lebih besar. Untuk tanah sedang pada Gambar 4.23 biaya pekerjaan tanah terkecil pada pondasi telapak dan tiang pancang berturut-turut adalah Rp. 3.763.178 dan Rp. 845.528 atau 386,45% dan 9,30% lebih besar dari pondasi bored pile. Adapun biaya terkecil pekerjaan tanah pada tanah keras dari Gambar 4.24 adalah pada pondasi tiang pancang yaitu Rp. 704.873. Sedangkan biaya pekerjaan tanah pada pondasi telapak dan bored pile berturut-turut adalah Rp. 3.763.178 dan Rp. 773.602 atau 433,88% dan 9,75% lebih besar dari pondasi tiang pancang.



Gambar 22 Analisa biaya pekerjaan tanah tanah lunak



Gambar 23 Analisa biaya pekerjaan tanah tanah sedang

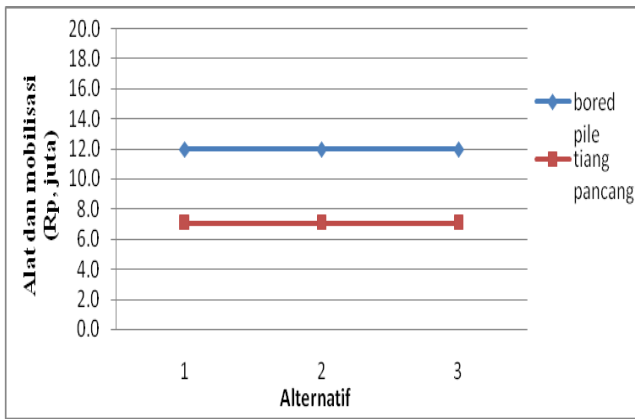


Gambar 24 harga upah tanah keras

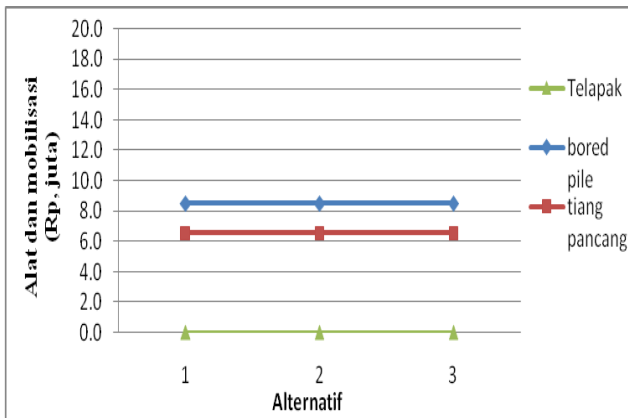
Dari Gambar 4.22 sampai 4.24 diatas juga dapat dilihat adanya keseragaman biaya pekerjaan tanah pada pondasi bored pile dan pondasi tiang pancang. Namun tidak demikian pada pondasi telapak. Biaya pekerjaan tanah pondasi telapak jauh lebih besar dari kedua jenis pondasi lainnya. Hal ini disebabkan karena pada pondasi telapak adanya pekerjaan tanah berupa galian, urugan dan pemadatan tanah untuk pembuatan pondasi yang cukup dalam dari pada pekerjaan tanah pada pondasi bored pile dan pondasi tiang pancang sehingga memberikan biaya pekerjaan tanah yang jauh lebih kecil.

### Analisa Biaya Penggunaan Alat dan Mobilisasi

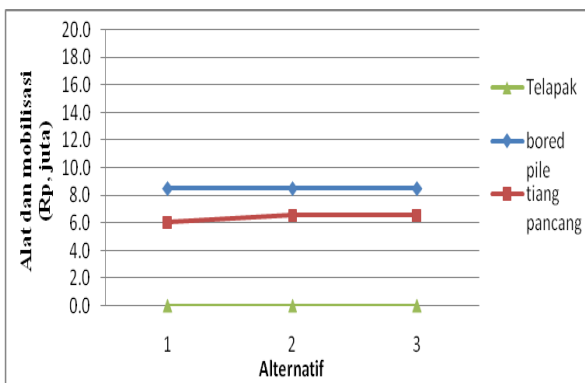
Biaya penggunaan alat dan mobilisasi pada Gambar 4.25 sampai 4.27 dari Tabel 1 sampai 24 pada lampiran C.



Gambar 25 Analisa biaya alat dan mobilisasi tanah lunak



Gambar 26 biaya alat dan mobilisasi tanah sedang



Gambar 27 Analisa harga alat dan mobilisasi tanah keras

Dari Gambar 4.25 sampai 4.27 diatas dapat dilihat bahwa biaya penggunaan alat dari setiap jenis pondasi adalah sama kecuali pada tanah keras yaitu pondasi tiang pancang. Hal ini disebabkan karena jumlah pondasi yang digunakan pada setiap alternatifnya sama sehingga biaya penyewaan alat beratnya juga sama. Sedangkan pada pondasi tiang

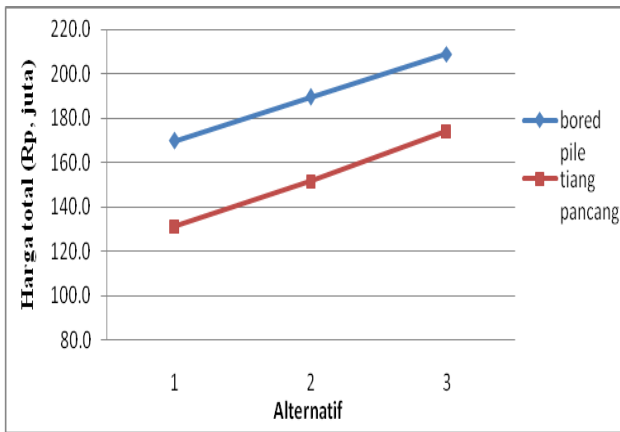
pancang tanah keras, pada alternatif 2 dan 3 jumlah tiang pancangnya lebih banyak dari pada alternatif 1 sehingga memerlukan penambahan biaya penyewaan alat.

Dari Gambar 4.25 biaya penggunaan alat dan mobilisasi pada pondasi tiang pancang lebih kecil yaitu Rp. 7.044.000 dibandingkan dengan pondasi bored pile yaitu Rp. 11.953.000 atau 69,69% lebih besar. Hal ini disebabkan karena biaya penyewaan alat berat berupa *bored pile machine* untuk pondasi bored pile lebih besar dari pada penyewaan alat *pile driving hammer* untuk pemancangan pada pondasi tiang pancang. Namun biaya mobilisasi alat bored pile lebih kecil dari pada mobilisasi alat tiang pancang. Dari Gambar 4.26 dan 4.27 dapat dilihat bahwa tidak ada biaya penggunaan alat dan mobilisasi pada pondasi telapak karena dalam pelaksanaannya pondasi telapak tidak menggunakan alat berat. Adapun biaya penggunaan alat berat dan mobilisasi pada tanah sedang pada pondasi bored pile dan tiang pancang berturut-turut adalah Rp. 8.502.000 dan Rp. 6.538.500. Pada tanah keras biaya penggunaan alat dan mobilisasi pada pondasi bored pile adalah Rp. 8.502.000 dan pada pondasi tiang pancang alternatif 1 adalah Rp. 6.033.000 serta alternatif 2 dan 3 Rp. 6.538.500

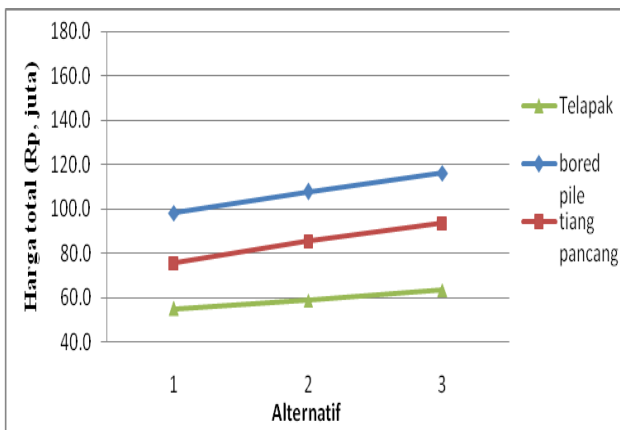
### Analisa Biaya Total Pondasi

Biaya total pondasi pada Gambar 28 sampai 30. Dari Gambar 28, 29 dan 30 biaya total pelaksanaan pondasi yang terbesar adalah pada pondasi bored pile sedangkan biaya terkecil adalah pondasi tiang pancang pada tanah lunak dan pondasi telapak pada tanah sedang dan 3.

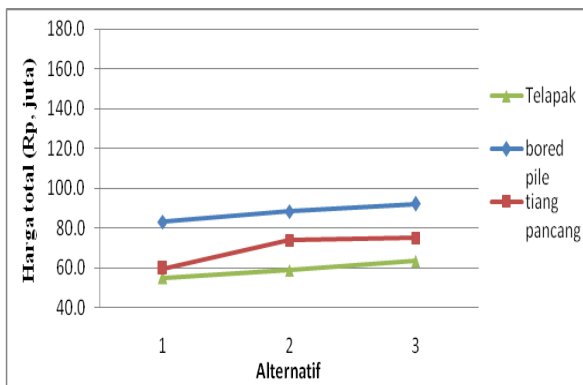
<sup>1</sup> Teknik Sipil S1 Universitas Riau, Email: nugroho\_52yk@yahoo.co.id  
<sup>2</sup> Teknik Sipil S1 Universitas Riau, E-mail : riantrikomara@yahoo.com  
<sup>3</sup> Teknik Sipil Universitas Pasir Pengaraian



Gambar 28 Analisa biaya total tanah lunak



Gambar 29 Analisa biaya total tanah sedang



Gambar 30 Analisa biaya total tanah keras

Biaya pelaksanaan pondasi terkecil pada tanah lunak adalah pondasi tiang pancang alternatif 1 yaitu Rp. 131.313.986 sedangkan biaya terkecil pondasi bored pile alternatif 1 adalah Rp. 169.799.898 atau 29,31% lebih besar dari pondasi tiang pancang. Pada tanah sedang dan 3 biaya terkecil adalah pondasi telapak alternatif 1 yaitu Rp. 55.125.822. Sedangkan biaya total pondasi bored pile dan tiang pancang pada tanah sedang berturut-

turut adalah Rp. 98.088.704 dan Rp. 75.572.374 atau 77,94% dan 37,09% lebih besar dari pondasi telapak. Pada tanah keras biaya total pondasi bored pile dan tiang pancang terkecil berturut-turut adalah Rp. 83.114.021 dan Rp. 59.703.637 atau 50,77% dan 8,30% lebih besar dari pada pondasi telapak.

### 3. PEMBAHASAAN

Pada Tabel 1 pondasi telapak tidak memiliki data, hal ini karena pada tanah lunak pondasi telapak tidak dapat diterapkan karena tidak dapat memenuhi persyaratan teknis pondasi yaitu daya dukung, gaya angkat dan penurunannya. Dari tabel tersebut juga dapat dilihat panjang tiang pondasi tiang pancang lebih besar dari pada pondasi bored pile. Hal ini disebabkan karena pada kedalaman yang sama tiang pancang belum mampu memenuhi persyaratan teknis pondasi sehingga perlu adanya perpanjangan tiang pada pondasi tiang pancang. Dari Tabel 2 dan 3 dapat dilihat setiap perpendekan kedalaman pondasi telapak, meningkatkan lebar telapak pondasi sebesar 0,2 m. Dari kedua tabel tersebut juga dapat dilihat panjang tiang bored pile dan tiang pondasi tiang pancang adalah sama hanya jumlah tiang pada pondasi tiang pancang lebih banyak. Hal ini disebabkan karena panjang sisi pondasi tiang pancang lebih kecil dari pada pondasi bored pile sehingga memerlukan jumlah tiang yang lebih banyak untuk memenuhi daya dukungnya.

Dari seluruh alternatif pondasi bored pile, memiliki daya dukung ijin yang lebih besar dibandingkan dengan pondasi tiang pancang dan pondasi telapak dari tiap alternatifnya. Peningkatan daya dukung ini disebabkan karena kondisi tanah yang relatif cukup kuat dengan qc diatas 20kg/cm<sup>2</sup> dari kedalaman dangkal. Sehingga pondasi bored pile yang memiliki diameter tiang terbesar memberikan

nilai tahanan ujung yang besar pula. Sedangkan untuk gaya angkat tiang nilai *uplift* terbesar diberikan oleh pondasi tiang pancang. Hal ini disebabkan karena jumlah tinag pada pondasi tiang pancang lebih banyak sehingga dapat memberikan nilai friksi yang besar. Penurunan terkecil adalah pada pondasi bored pile. Hal ini karena daya dukung ujung bored pile yang besar sehingga dapat menahan beban lebih kuat dari pada pondasi tiang pancang. Sedangkan pada pondasi telapak beban yang terjadi hanya ditahan sebesar luasan telapak pondasinya.

Pondasi bored pile dan pondasi tiang pancang memberikan biaya bouwplank, bekisting dan pekerjaan tanah yang relatif lebih kecil dari pada pondasi telapak. Hal ini karena biaya-biaya tersebut ditentukan oleh ukuran telapak pada pondasi telapak dan ukuran pile cap pada pondasi tiang. Dimana ukuran telapak pondasi telapak lebih besar dari pada ukuran pile cap pada pondasi tiang.

Sedangkan untuk biaya beton dan besi beton biaya yang terkecil diberikan oleh pondasi telapak pada tanah lunak, tanah sedang dan tanah keras. Biaya yang diberikan pada pondasi bored pile dapat jauh lebih besar. Hal ini disebabkan karena adanya biaya besi beton dan beton untuk tiang pondasi pada pondasi bored pile dan tiang pancang.

## ANALISA

1. Pondasi bored pile memberikan nilai kapasitas daya dukung ijin terbesar yaitu 1111,49 kN pada tanah lunak, 1207,69 kN pada tanah sedang dan 2354,7 kN pada tanah keras.
2. Gaya tarik yang terjadi pada pondasi tiang pancang adalah yang paling besar yaitu 403,18 kN pada tanah lunak, 374,22 kN pada tanah sedang dan 371,69 kN pada tanah keras.
3. Penurunan terkecil diberikan oleh pondasi bored pile kecuali pada tanah keras yaitu pada pondasi tiang pancang.

4. Untuk tanah lunak dan tanah sedang biaya bouwplank terkecil adalah pada pondasi bored pile yaitu Rp. 2.649.088. Sedangkan pada tanah keras biaya bouwplank terkecil adalah pada pondasi tiang pancang yaitu Rp. 2.598.144.

5. Biaya bekisting terkecil pada tanah lunak dan sedang adalah pada pondasi bored pile yaitu Rp. 7.325.758 sedangkan pada tanah keras biaya bekisting terkecil adalah pada pondasi tiang pancang yaitu Rp. 7.031.078.

6. Pada tanah lunak dan tanah keras biaya beton terkecil adalah pada pondasi tiang pancang yaitu Rp. 29.704.408 dan Rp. 15.320.567, sedangkan pada tanah sedang pada pondasi telapak yaitu Rp. 16.479.853.

7. Pondasi tiang pancang memberikan biaya besi beton yang lebih kecil dari pada pondasi bored pile pada tanah lunak yaitu Rp. 52.158.907. Untuk tanah sedang dan tanah keras biaya besi beton terkecil adalah pada pondasi telapak yaitu Rp. 17.191.921.

8. Pekerjaan tanah pada pondasi tiang tidak memberikan biaya yang terlalu besar hanya sekitar satu juta rupiah sedangkan pada pondasi telapak biaya pekerjaan tanah lebih besar yaitu mencapai empat juta rupiah.

9. Pelaksanaan pekerjaan pondasi telapak tidak menggunakan alat berat dan mobilisasi sehingga tidak ada biaya untuk komponen ini. Biaya alat berat dan mobilisasi terkecil adalah pada pondasi tiang pancang yaitu Rp. 7.044.000 pada tanah lunak, Rp. 6.538.500 pada tanah sedang dan Rp. 6.033.000 pada tanah keras.

10. Biaya total pelaksanaan pondasi pada tanah lunak yang terkecil adalah pada pondasi tiang pancang yaitu Rp. 131.313.986 sedangkan pondasi bored pile 29,31% lebih besar. Pada tanah sedang dan tanah keras biaya total terkecil adalah pada pondasi telapak yaitu Rp. 55.125.822. Untuk pondasi bored pile dan tiang pancang pada tanah sedang biaya total pondasi masing-masing

<sup>1</sup> Teknik Sipil S1 Universitas Riau, Email: nugroho\_52yk@yahoo.co.id

<sup>2</sup> Teknik Sipil S1 Universitas Riau, E-mail : riantrikomara@yahoo.com

<sup>3</sup> Teknik Sipil Universitas Pasir Pengaraian

77,94% dan 37,09% lebih besar dan pada tanah keras 50,77% dan 8,30% lebih besar dari biaya total pelaksanaan pondasi telapak.

#### 4. DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, Joseph E.** 1988. *Analisis dan Desain Pondasi*. Jakarta: Erlangga
- Budhu, Muni.** 1999. *Soil Mechanics and Foundation*. United Stated of Amerika: John Willey & Sons.
- Coduto, Donald.P.** 2001. *Foundation Design Principles and Practice*. New Jersey: Prentice-Hall.
- Craig, R.F.** 1987. *Mekanika Tanah*. Jakarta: Erlangga.
- Dipohusodo, Istimawan.** 1996. *Struktur Beton Bertulang*. Jakarta: PT. Gramedia.
- Gurki, J.T.S.** 2002. *Beton Bertulang*. Bandung: Rekayasa Sains.
- Hardiyatmo, H.C.** 1996. *Teknik Fondasi 1*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama
- Hardiyatmo, H.C.** 2002. *Teknik Fondasi 2*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Himpunan Ahli Teknik Tanah Indonesia.** 2000. *Bahan Workshop Sertifikasi G-1*.
- Ibrahim, Bachtiar.** 1993. *Rencana dan Estimate Real of Cost*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Peck, R.B., Hanson, W.E., Thornburn, T.H.,** *Teknik Fondasi*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Poulos, H.G., and Davis, E.H.** 1980. *Pile Foundation Analysis and Design*. United Stated of Amerika: John Willey & Sons.
- Sardjono, H.S.** 1991. *Pondasi Tiang Pancang Jilid 2*. Surabaya: Sinar Wijaya
- Sosrodarsono, S., Nakazawa, K.** 2005. *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.