

Analisis Daya Dukung dan Efisiensi Pondasi Tanki CPO Kapasitas 1000 Kiloliter Studi Kasus PT.Energi Unggul Persada

M.Rizki Prananda¹ , Aidil Abrar² , Halimatusadiyah³, Novri Jenita Marbun⁴

1,2,3Program Studi Teknik Sipil, Sekolah Tinggi Teknologi Dumai Jl. Utama Karya Bukit Batrem II

4Program Studi Teknik Industri, Sekolah Tinggi Teknologi Dumai Jl. Utama Karya Bukit Batrem II

Email : Ryzkyprananda@gmail.com

ABSTRAK

Pada perencanaan suatu konstruksi bangunan diperlukan beberapa landasan teori berupa analisis struktur, ilmu tentang kekuatan bahan serta hal lain yang berpedoman pada peraturan-peraturan yang berlaku di Indonesia. Tujuan dalam penelitian ini adalah untuk menganalisis dan membandingkan kapasitas daya dukung pondasi *group spun pile* dari hasil data lapangan *Cone Penetration Test* (CPT), *Standard Penetrasi Test* (SPT) (menggunakan Metode Aoki dan De Alencar dengan Metode Meyerhof), (menggunakan Metode Klasik), dan membandingkan dengan aplikasi STAADPRO V8i, serta menghitung jumlah penggunaan tiang pancang *spun pile* dan mengetahui penurunan yang terjadi. Berdasarkan analisis pembebanan, kapasitas daya dukung pondasi *group spun pile* d30 pada Tangki CPO dengan kapasitas 1000 kilo liter berdasarkan metode yang digunakan dan data hasil uji di lapangan dapat, Berdasarkan data CPT/Sondir (3.694,27), Metode Mayerhof (2.313,60), Metode Klasik (1.783,42), dan menggunakan aplikasi STAAD PRO V8i (3.132). Berdasarkan analisis yang dilakukan dalam menghitung dan membandingkan beberapa metode dalam menentukan jumlah tiang pancang spun pile d30 akibat beban yang bekerja pada bangunan struktur *tank* CPO kapasitas 1000 kiloliter, berdasarkan metode yang digunakan dan data hasil uji di lapangan, Berdasarkan data Sondir maksimum (36 titik dengan kedalaman 24 meter), Metode Mayerhof (26 titik dengan kedalaman 24 meter), Metode Kalsik (30 titik dengan kedalaman 24 meter).

Kata kunci: daya dukung, efisiensi *spun pile*, penurunan izin, *spun pile*, *storage tank*

ABSTRACT

In planning a building construction, several theoretical foundations are needed in the form of structural analysis, knowledge of the strength of materials and other things that are guided by the regulations in force in Indonesia. The aim of this research is to analyze and compare the bearing capacity of group spun pile foundations from the results of field data from the Cone Penetration Test (CPT), Standard Penetration Test (SPT) (using the Aoki and De Alencar Method with the Meyerhof Method), (using the Classical Method) , and compare with the STAADPRO V8i application, as well as calculate the number of uses of spun pile piles and determine the settlement that occurs. Based on the load analysis, the carrying capacity of the D30 group spun pile foundation on a CPO tank with a capacity of 1000 kilo liters based on the method used and field test results

data can be, based on CPT/Sondir data (3,694.27), Mayerhof method (2,313.60) , Classic Method(1,783.42), and using the STAAD PRO V8i application (3,132). Based on the analysis carried out in calculating and comparing several methods in determining the number of d30 spun pile piles due to the load acting on the CPO tank structure building with a capacity of 1000 kiloliters, based on the method used and data from field tests, based on maximum Sondir data (36 points with depth 24 meters), Mayerhof Method (26 points with a depth of 24 meters), Kalsik Method (30 points with a depth of 24 meters).

Keywords: *carrying capacity, spun pile efficiency, clearance reduction, spun pile, storage tank*

Pendahuluan

Latar belakang dalam industri kelapa sawit, produk yang dihasilkan akan disimpan di dalam *Tankfarm*. Mengingat bahwa tangki merupakan salah satu sarana pokok di bidang pengolahan CPO, maka dalam pembangunannya tentu saja memerlukan perencanaan yang diharapkan memiliki masa umur yang panjang dan terhindar dari kegagalan struktur. Permasalahan konstruksi bangunan di Kota Dumai adalah permasalahan pada pondasinya. Hal tersebut terjadi karena tanah di Kota Dumai tidak terkecuali di Kecamatan Sungai Sembilan yang memiliki nilai daya dukung yang rendah karena terdiri atas tanah lempung lunak, sehingga tidak memungkinkan menggunakan pondasi dangkal. Untuk itu harus menggunakan konstruksi tingkat tinggi yaitu pondasi dalam, sehingga menjadi fokus penulis untuk merencanakan dan menganalisis pondasi tiang pancang yang akan menjadi pondasi untuk tangki CPO berkapasitas 1000 di PT.Energi Unggul Persada.

Pondasi adalah suatu bagian dari konstruksi bangunan yang bertugas meletakkan bangunan dan meneruskan beban bangunan atas (*upper structure/ super structure*) ke dasar tanah yang cukup kuat mendukungnya. Untuk tujuan itu pondasi bangunan harus diperhatikan dapat menjamin kestabilan bangunan terhadap berat sendiri, beban-beban berguna dan gaya-gaya luar, seperti tekanan angin, gempa bumi dan lain-lain, dan tidak boleh terjadi dan apakah pondasi itu memungkinkan untuk diselesaikan secara ekonomis sesuai dengan jadwal kerjanya.

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, maka permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini, bagaimanakah analisis daya dukung antar tiang pancang spun pile d30 cm terhadap pondasi tanki CPO kapasitas 1000 kiloliter, bagaimana analisis perencanaan penggunaan tiang pancang tiang pancang spun pile d30 dengan menggunakan *software Staad Pro Advanced*, dan bagaimana analisis perhitungan jumlah tiang perencanaan tiang pancang *spun pile* d30 cm.

Metode Penelitian

Pada perencanaan suatu konstruksi bangunan diperlukan beberapa landasan teori berupa analisis struktur, ilmu tentang kekuatan bahan serta hal lain yang berpedoman pada peraturan-peraturan yang berlaku di Indonesia. Ilmu teoritis di atas tidaklah cukup karena analisis secara teoritis tersebut hanya berlaku pada kondisi struktur ideal sedangkan gaya-gaya yang dihitung hanya merupakan pendekatan dari

keadaan yang sebenarnya atau yang diharapkan terjadi. Tujuan dalam penelitian ini adalah untuk menganalisis dan membandingkan kapasitas daya dukung pondasi group spun pile dari hasil data lapangan *Cone Penetration Test* (CPT), *Standard Penetrasi Test* (SPT) (menggunakan Metode Aoki dan De Alencar dengan Metode Meyerhof), (menggunakan Metode Klasik), dan membandingkan dengan aplikasi STAADPRO V8i, serta menghitung jumlah penggunaan tiang pancang *spun pile* dan mengetahui penurunan yang terjadi.

Hasil dan Pembahasan

Menghitung Kapasitas Daya Dukung Tiang Tunggal

Hitungan kapasitas daya dukung tiang tunggal dapat dilakukan dengan cara pendekatan statis dan dinamis, untuk perhitungan dinamis menggunakan data hasil pengujian di lapangan. Analisis daya dukung tiang pancang pada tangki kapasitas 1.000 kL dengan desain daya dukung pondasi tiang pancang menggunakan 26 titik tiang *spun pile* dia. 300 mm x 24 meter.

Diameter tanki (OD) = 12,60 m

Diameter tanki (h) = 12,192 m

perhitungan SNI gempa 03-1726-2012

Menghitung luas penampang ujung tiang (Ab):

$$Ab = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 = \frac{1}{4} \times 3.14 \times 302 \text{ cm} = 7,065 \text{ cm}^2$$

Menghitung keliling tiang (As):

$$As = \pi \times D \times \text{Depth} = 3.14 \times 0,3 \text{ m} \times 0,20 \text{ m} = 0,1884 \text{ m}^2$$

Daya Dukung Ujung Tiang Menggunakan Metode Mayerhof

Berdasarkan nilai pukulan SPT, dapat ditentukan nilai sudut geser dalam dan berat isi tanah. Dari hasil nilai SPT didapatkan nilai $N = 4-10$, sehingga hasil sudut geser dalam nya = 35° dan berat isi tanah = 18 kN/m^3 . Dari hasil sudut geser dalam didapat nilai $Nq^* = 150$ didapat Nilai ratio Lb/B mayerhof untuk pondasi tiang, didapat nilai kedalaman kritis Lb/B (kritis) = 12, dengan demikian nilai kedalaman kritis adalah: $Lb = 12 \times 0.3 \text{ m} = 3,6 \text{ m}$

Tegangan efektif akibat berat sendiri tanah pada kedalaman 4,8m :

$$\begin{aligned} \text{Tegangan total : } \sigma &= \gamma_1 \times 3,6 \text{ m} \\ &= 1,8 \text{ t/m}^3 \times 4,8 \text{ m} \\ &= 6,48 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Tegangan efektif : } q' = \sigma' = \sigma = 6,48 \text{ t/m}^2$$

$$\begin{aligned} Q_p &= q' \times Nq^* \\ &= 6,48 \text{ t/m}^2 \times 150 \\ &= 1.293 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

Beban batas (ultimate) yang mampu ditahann oleh pondasi adalah:

$$\begin{aligned} Q_u &= Ab \times Q_p \\ &= 0,1256 \text{ m}^2 \times 1293 \text{ t/m}^2 \\ &= 162,40 \text{ ton} \end{aligned}$$

Daya dukung izin dengan faktor keamanan 3 (SF)

$$Q_a = Q_u/3 = 162,40 \text{ t} / 3 = 50,69 \text{ ton}$$

Menentukan Jumlah Tiang Pancang

Untuk menentukan jumlah tiang pancang digunakan rumus acuan sebagai berikut:

$$n = P/Q_a$$

Berdasarkan data CPT (sondir maksimum)

$$n = 25,9145 \text{ ton} / 35,536 \text{ ton}$$

$$= 36 \text{ tiang}$$

Berdasarkan Metode Mayerhof

$$n = 25,9145 \text{ ton} / 50,6944 \text{ ton}$$

$$= 26 \text{ tiang}$$

Berdasarkan Daya Dukung Sisi Tiang (metode klasik)

$$n = 25,9145 \text{ ton} / 83,65 \text{ ton}$$

$$= 30 \text{ tiang}$$

Daya Dukung Tiang Grup

Untuk sebuah grup tiang yang terdiri dari sejumlah N buah tiang, nilai efisiensi grup tiangnya, Eg dapat dituliskan sebagai :

$$E_g = \frac{(k_{t1} \quad k_{t2} \quad \dots \quad k_{tN})}{(j_{t1} \quad n \quad d \quad s \quad h \quad k_{t1} \quad t_1 \quad t_2 \quad \dots \quad t_N)} = \frac{Q}{\sum_{i=1}^N Q_i}$$

$$\theta = \tan^{-1} B/S$$

$$\theta = \tan^{-1} 0.3/2 = 8,530$$

$$E_g = 1 - 8,530 \frac{(9-1)1 + (1-1)9}{9 \times 9 \times 1}$$

$$E_g = 0,82 = 82\%$$

Berdasarkan Metode Mayerhof

Berdasarkan perhitungan daya dukung tiang tunggal dengan data SPT, menggunakan rumus Mayerhof yaitu :

$$Q_{a.tunggal} = 54,259 \times 2 \text{ (tiang tertanam)} = 108,518 \text{ ton}$$

Nilai daya dukung izin grup adalah :

$$Q_{a.grup} = E_g \times Q_{a.tunggal} \times \text{Jumlah titik pancang} = 0,82 \times 108,518 \text{ ton} \times 26 = 2.313,60 \text{ ton}$$

Penurunan Tiang Grup

Untuk penurunan tiang kelompok di hitung berdasarkan metode mayerhof yaitu menggunakan data lapangan (Sondir).

$$S_g = \sqrt{\frac{B}{D \times S}}$$

dimana

$$S_g = q \cdot B_g \cdot I / 2 \cdot q_c$$

$$Q = Q / I_g \cdot B_g = 868 \text{ Kg} / 1580 \cdot 1580$$

$$= 0,3479 \text{ Kg/cm}^2$$

$$I = 1 - L/8.Bg \geq 0,5$$

$$= 1 - 35/8 * 15,8 \geq 0,5$$

$$= 0,72 \geq 0,5$$

$$Sg = 0,34 * 1580 * 0,72/2 * 245$$

$$= 7 \text{ mm} < 30 \text{ mm (tidak melebihi batas yang di izinkan)}$$

Penurunan Izin (Sizin)

Penurunan Maksimum dapat di prediksi dengan ketetapan yang memadai umumnya dapat diadakan hubungan antara penurunan yang di izinkan dengan penurunan maksimum, dimana syarat perbandingan penurunan yang aman yaitu :

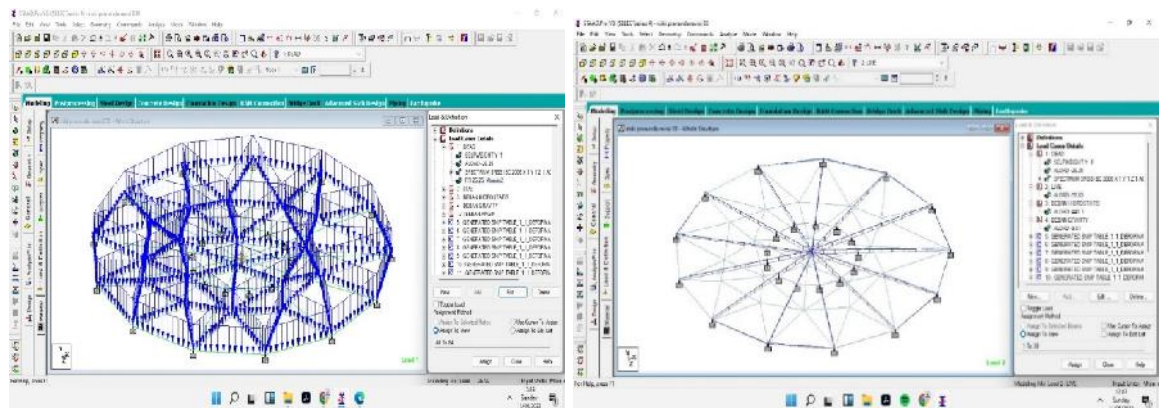
$$Stotal \leq Sizin$$

$$(CPT) \leq 10 \% 400 \text{ mm}$$

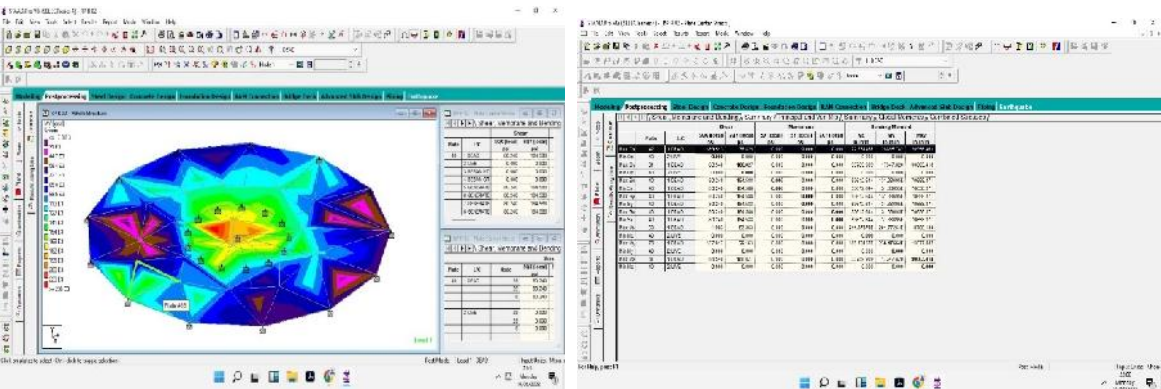
$$7 \text{ mm} \leq 30 \text{ mm (tidak melebihi batas yang di izinkan)}$$

Pemodelan dan pembebanan *staad pro advanced*

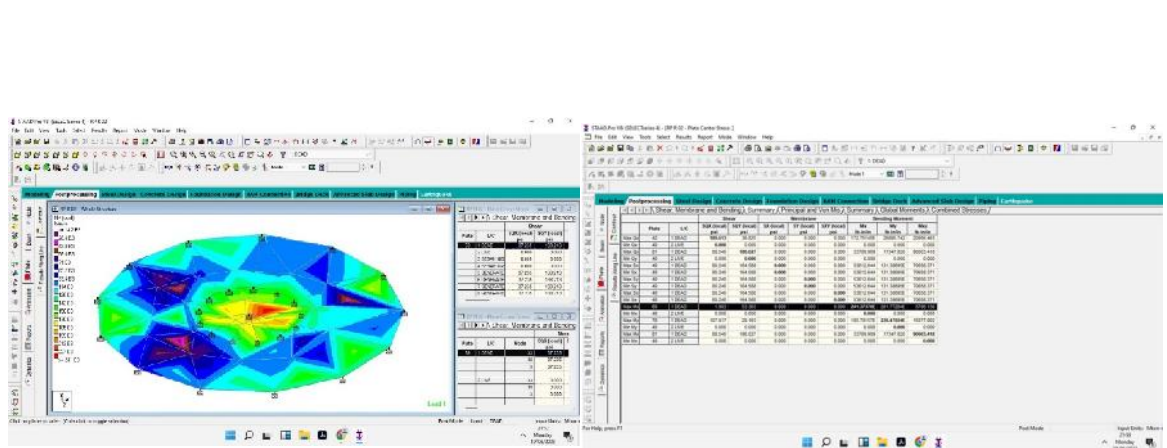
Perhitungan penulangan pondasi menggunakan beban yang diterima *pile cap*. Perhitungan menggunakan *software* dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 1. Pemodelan pembebanan (a. *dead load* dan b. *live load*)



Gambar 2. Kontur momen arah Y dan momen Y maximum (My)



Gambar 3. Kontur momen arah X dan momen X maximum (Mx)
Perhitungan penulangan

Perhitungan penulangan pile cap sesuai langkah-langkah sebagai berikut:

1. Parameter perencanaan

- a. Mutu baja (Fy) besi ulir U25 = 250 MPa = 2.500 kg/cm²
- b. Mutu beton (fc') = fc' 35 (421,68 kg/cm²)
- c. Untuk plat beton, pmin = 0,00250
- d. Untuk plat beton, pmax = 0,031
- e. Panjang beton diasumsikan 100 cm
- f. Tebal pondasi 65 cm, diambil rata-rata

2. Perencanaan

Mu = 3,030 ton.m = 303,00 kg.cm (didapat dari hasil analisa *Staad Pro Advanced*)

$$Mn = Mu / 0,80$$

$$Mn = 303,00 / 0,80$$

$$Mn = 378,75 \text{ kg.cm}$$

$$Rn = Mn / (b \times d^2)$$

$$Rn = 378,75 / (100 \times 60^2)$$

$$Rn = 0,6291 \text{ kg/m}^2$$

$$m = fy / (0,85 \times fc')$$

$$m = 250 / (0,85 \times 420)$$

$$m = 9,803$$

$$\rho_{analisa} = 1/m[1 - \sqrt{1 - 2 \times m \times Rn / fy}]$$

$$\rho_{analisa} = 1/9,803[1 - \sqrt{1 - 2 \times 9,803 \times 0,6291/2500}]$$

$$\rho_{analisa} = 0,000716$$

$\rho_{analisa} < \rho_{min}$, jadi kita memakai nilai $\rho_{min} = 0,00250$

$$As \text{ perlu} = \rho \times b \times d$$

$$As \text{ perlu} = 0,00250 \times 100 \times 65$$

$$As \text{ perlu} = 16,25 \text{ cm}^2$$

Rencana awal digunakan tulangan deform diameter 25 mm

$$As \text{ tulangan deform diameter 25 mm} = 4,91 \text{ cm}^2$$

Jadi untuk memenuhi As perlu digunakan jumlah tulangan = 6 buah (n)

$$\text{Sehingga } As \text{ aktual} = 4,91 \times 6 = 29,46 \text{ cm}^2$$

Kontrol As terpasang > tulangan dibutuhkan

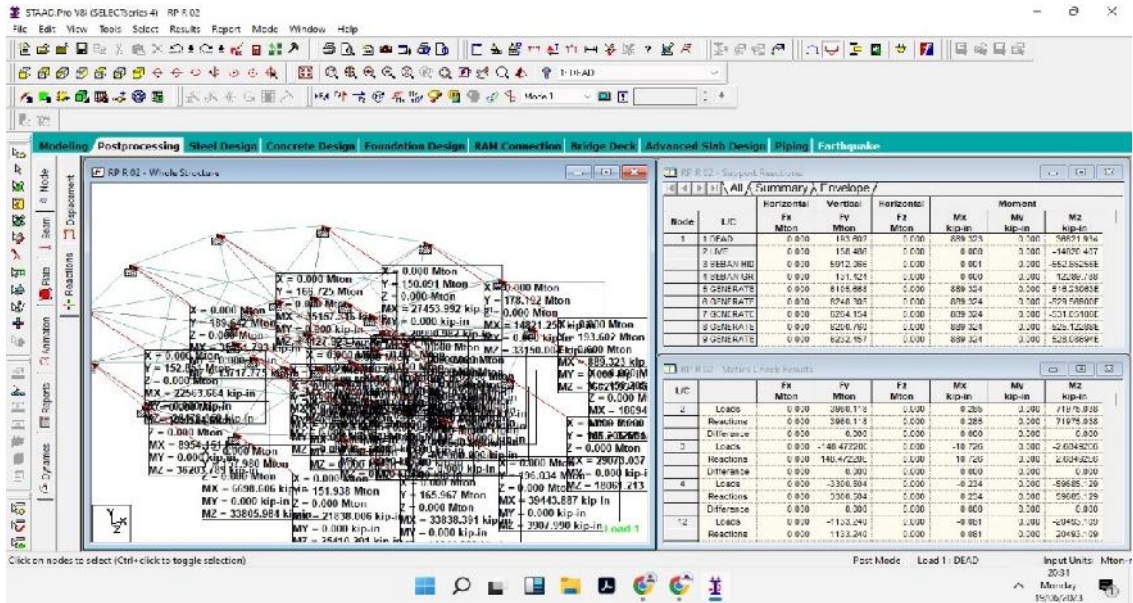
Kontrol 29,46 cm² > 16,25 cm², sehingga tulangan deform diameter 25 mm bisa dipakai.

$$\text{Sedangkan jarak antar tulangan (s)} = b/n = 100 / 6 = 16,66 \text{ cm}$$

Dari perhitungan diatas, direkomendasikan menggunakan tulangan rangkap diameter D 25 mm dengan jarak 167 mm.

3. Hasil analisa perletakan

Dari hasil analisis pembenanan dengan software *Staad Pro Advances*, diperoleh hasil perletakan untuk analisa tiang pancang (*spun pile*):



Gambar 4. Hasil analisis perletakan (*axis*) dan *vertical reaction (fy)*
 Sumber : Analisis perhitungan STAADPRO V8i

Axial Y maksimum (M_y) = 6264,154 Mton.m.

Untuk kondisi beban operasional normal dan maksimum gempa (normal + seismic), menggunakan safety factor = 2 (dari tabel 3).

Maka diperoleh hasil analisis daya dukung tiang (DDT) pancang berdasarkan *Staad Pro Advanced* adalah:

$$DDT = \text{gaya axial Y maksimum} / \text{safety factor}$$

$$DDT = 6264.154 / 2$$

$$DDT = 3131,07 \text{ ton} \rightarrow \text{dibulatkan } 3132 \text{ ton/titik.}$$

(hasil ini sama dengan analisis daya dukung tiang pancang menggunakan SNI 1726:2012)

Pergantian cairan produk pada tangki

Dalam kegiatan operasional perusahaan, kadang terjadi peralihan fungsi dari tangki, untuk itu perlu di cek ulang dengan cara memastikan densitas cairan yang akan ditukar tidak melebihi densitas cairan desain. Densitas (berat jenis) minyak adalah massa minyak per satuan volume pada suhu tertentu. Berat jenis minyak sangat dipengaruhi oleh kejenuhan komponen asam lemaknya, nilainya akan turun dengan semakin kecilnya berat molekul komponen asam lemaknya.

Pada tangki *fame biodiesel*, berat jenis cairan desain awal = 0,88 diganti dengan produk cairan CPKO (*Crude Palm Kernel Oil*), dengan berat jenis cairan = 0,9156,

maka tangki akan aman. Demikian juga apabila cairan dirubah ke produk RBD-PKOL (*Refined Bleached Deodorized Palm Kernel Oil*), dengan berat jenis cairan = 0,9160, maka tangki masih aman, dengan faktor keamanan 1,09. Konstruksi tangki aman jika beban desain (1) > beban aktual. (0,9160).

Simpulan

Berdasarkan analisis pembebanan, kapasitas daya dukung pondasi *group spun pile* d30 pada Tangki CPO dengan kapasitas 1000 kilo liter berdasarkan metode yang digunakan dan data hasil uji di lapangan dapat dilihat sebagai berikut, pada Tabel 1.

Tabel 1. Perhitungan daya dukung izin tiap pondasi.

No	Metode dan Perhitungan	Daya dukung izin tiap grup (ton)	Keterangan
1	Berdasarkan data CPT/Sondir	3.694,27	Aman
2	Metode Mayerhof	2.313,60	Aman
3	Metode Klasik	1.783,42	Cukup aman

Berdasarkan tabel 1 di atas dapat dilihat nilai perbandingan daya dukung izin tiap grup antara metode yang digunakan dengan data hasil analisis pengujian dalam metode mayerhof dalam keadaan aman, karena beban luar yang bekerja lebih kecil dibandingkan dengan kapasitas daya dukung izin tiang grup, namun tidak aman pada daya dukung izin tiap grup menggunakan data hasil analisis dengan metode klasik. Berdasarkan analisis menggunakan aplikasi STAADPRO pondasi tanki 1000 kiloliter aman digunakan dengan di dapat nilai daya dukung sebesar DDT = 3131,07 ton → dibulatkan 3132 ton/titik. karena berdasarkan hasil perhitungan pembebanan analisis menunjukkan hasil yang masih aman dalam penurunan. Berdasarkan analisis yang dilakukan dalam menghitung dan membandingkan beberapa metode dalam menentukan jumlah tiang pancang spun pile d30 akibat beban yang bekerja pada bangunan struktur tank CPO kapasitas 1000 kiloliter, berdasarkan metode yang digunakan dan data hasil uji di lapangan dapat dilihat sebagai berikut, pada Tabel 2.

Tabel 2. Jumlah penggunaan tiang pancang

No	Metode dan Perhitungan	Jumlah total pile	Kedalaman (m)
1	Berdasarkan data Sondir maksimum	36	24
2	Metode Mayerhof	26	24
3	Metode Kalsik	30	24

Berdasarkan tabel 2. di atas dapat dilihat perbandingan jumlah penggunaan tiang pancang spun pile antara metode yang digunakan dengan data hasil uji didapatkan hasil yang lebih efisien menggunakan metode mayerhof didalam menentukan jumlah tiang pancang grup.

Daftar Pustaka

- API 650 by American Petroleum Institute: Technical Standards and commentaries
- Asiyanto. 2007. *Metode Konstruksi untuk Pekerjaan Fondasi*. Jakarta. Penerbit Universitas Indonesia
- Badan Standarisasi Nasional. SNI 1727-2013: *Beban minimum untuk perencanaan bangunan gedung dan struktur lain*.
- Badan Standarisasi Nasional. SNI 1726:2012 *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*.
- Badan Standarisasi Nasional. SNI 2847-2013: *Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung*.
- Budi Satiawan. (2016). *STAAD.Pro and STAAD.foundation, Engineering Training For Oil and Gas Project (ETOG)*, modul internal, Jakarta
- Dipodusodo, Istimawan. 1994. *Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SK SNI T-15-1991-03 Departemen Pekerjaan Umum RI*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Hardiyanto HC. (2020). *Analisis dan perancangan Pondasi II. Edisi 5*, Gajah mada University.
- IKHSAN, MUHAMMAD TAUFIK; ABDILLAH, Nuryasin; ABRAR, Aidil. *Analisis Daya Dukung Dan Efisiensi Penggunaan Tiang Pancang Pada Tangki Aspal Curah Kapasitas 7.500 Kl*. 2018. Sekolah Tinggi Teknologi Dumai.
- Irawan, I. S. (2021). *Analisis Kekuatan Pondasi Tangki Fame Biodiesel pada Proyek PT.X di Gresik*. Gresik. Penerbit Universitas Gresik.
- SNI 03-1727:1989 *Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung*. Jakarta: Gd. Manggala Wanabakti.
- SNI 03-2847:2002 *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: Gd. Manggala Wanabakti.
- SNI 1726:2012 *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Jakarta: Gd. Manggala Wanabakti.
- SNI 1727:2013 *Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*. Jakarta: Gd. Manggala Wanabakti.
- SNI 2847:2013 *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: Gd. Manggala Wanabakti.
- Suryantika, M. T., Abrar, N., & Mutia, A. (2021). *Studi Perencanaan Pondasi Tiang Pancang Spunpile dan Square Pile Pada Proyek Pembangunan Gedung Kantor Cabar BRI Dumai* . Sekolah Tinggi Teknologi Dumai