

# ANALISA DAYA DUKUNG DAN PENURUNAN FONDASI TIANG PANCANG MENGGUNAKAN DATA UJI LAPANGAN DAN PROGRAM PLAXIS V.8.6 PADA PROYEK GEDUNG KULIAH SEKOLAH TINGGI AGAMA KATOLIK NEGERI PONTIANAK

Wibby Dwi Anggoro<sup>1)</sup>, Vivi Bachtiar<sup>2)</sup>, Aprianto<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura Pontianak

<sup>2,3)</sup> Dosen Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura Pontianak

Email : [anggorowibby@student.untan.ac.id](mailto:anggorowibby@student.untan.ac.id)

## ABSTRAK

Fondasi merupakan komponen struktur bangunan yang sangat penting yang berfungsi menyalurkan tegangan-tegangan yang terjadi akibat beban struktur di atasnya kedalam lapisan tanah keras yang dapat memikul beban konstruksi tersebut. Tiang pancang yang digunakan pada pembangunan Gedung Kuliah Sekolah Tinggi Agama Katolik Negeri Pontianak yaitu beton pracetak (*mini pile*) dengan ukuran 25 x 25 cm. Berdasarkan gambar kerja proyek, tiang rencana yang terpancang sedalam 30 m. Pada pelaksanaan di lapangan, tiang pancang (*mini pile*) pada titik B7, C7, D7, B8, C8, dan D8 terpancang kurang lebih sedalam 28 m. Hal ini tidak sesuai dengan perencanaan bila dilihat dari gambar kerja. Penelitian ini dilakukan peninjauan ulang daya dukung fondasi dengan tiang terpancang sedalam 28 m menggunakan data lapangan berupa CPT, SPT dan Kalendering untuk mengetahui apakah efektif dalam mendukung beban struktur atas. Berdasarkan hasil perhitungan daya dukung kelompok tiang semua metode statis, daya dukung kelompok tiang semua titik fondasi dengan kedalaman tiang terpancang 28 m nilainya lebih besar dari beban terpusat struktur atas yang dihasilkan dari program ETABS 18, Sedangkan dengan metode *Modified ENR*, daya dukung tiang kelompok semua titik fondasi tidak memenuhi syarat aman sehingga perlu dilakukan perencanaan ulang. Berdasarkan SNI (8460:2017) untuk penurunan segera, penurunan konsolidasi dan penurunan menggunakan program Plaxis v.8.6 memenuhi penurunan pada tiang kelompok.

**Kata Kunci:** daya dukung, penurunan, kalendering

## ABSTRACT

*The foundation is an important aspect of a building's structure because it serves to transfer stresses brought on by the weight of the structure above it onto the layer of firm soil that can support the construction load. Precast concrete (mini piles) measuring 25 x 25 cm were utilized in the construction of the lecture building at Pontianak State Catholic High School. The project's working drawings indicate that the planned piles will be 30 m deep. The mini pilesat positions B7, C7, D7, B8, C8, and D8 are placed about 28 m deep in the field implementation. When viewed from the working drawings, this is not in agreement with the plan. This study looked at the foundation's bearing capacity with piles driven as deep as 28 meters, using field data from CPT, SPT, and calendaring to see if it was capable of supporting the weight of the superstructure. According to the results of the calculation of the bearing capacity of the pile group of all static method, the bearing capacity of the pile group of all foundation sites with a pile depth of 28 m is more than the centralized load of the superstructure produced by the ETABS 18 program, Meanwhile, with the Modified ENR method, the pile bearing capacity of all foundation points does not meet the safety requirements so that it needs to be re-planned. Based on SNI (8460:2017) for immediate settlement, consolidation and settlement using the Plaxis v.8.6 program fulfills the settlement in the group pile.*

**Key Words:** bearing capacity, settlement, calendaring

## I. PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi harus disertai dengan prasarana yang memadai. Satu diantara prasarana yang penting yaitu gedung perkuliahan. Dengan adanya peningkatan kebutuhan ruang di sektor pendidikan, upaya peningkatan daya guna bangunan berupa

pembangunan gedung yang baru ataupun renovasi perlu dilakukan untuk memberikan pelayanan sesuai tuntutan perkembangan zaman.

Pembangunan gedung kuliah Santa Maria STAKatN yang berlokasi di Jalan Parit Haji Mukhsin II, Sungai Raya, Kabupaten Kubu Raya, Kalimantan Barat merupakan suatu upaya peningkatan prasarana

pendidikan untuk menunjang tridarma perguruan tinggi. Dalam pembangunannya perlu diperhatikan dan diperhitungkan dari aspek strukturalnya.

Daya dukung fondasi dapat dihitung dengan menggunakan berbagai metode yaitu metode statis, metode dinamik, maupun metode elemen hingga. Untuk metode dinamik sendiri biasa dilakukan pengujian kalendering. Kalendering dilaksanakan guna menjadi laporan untuk proyek. Pengujian ini guna mengetahui daya dukung tiang yang dihasilkan dari proses penumbukkan tiang pancang yang ditunjukkan pada data penurunan yang dicatat di millimeter blok saat proses pemancangan tiang terakhir. Alat pancang tiang biasa berupa *hydraulic hammer* maupun *diesel hammer*.

Analisa dengan menggunakan metode elemen hingga dapat dilakukan dengan menggunakan bantuan program komputer. Satu diantaranya adalah Plaxis. Plaxis merupakan perangkat lunak (*software*) berbasis metode elemen hingga untuk analisa masalah geoteknik saat perencanaan bangunan sipil. Biasanya hasil analisa yang diperoleh dari program tidak sama dengan hasil dari metode analitis menggunakan data lapangan, mengingat tanah adalah material yang cukup sulit diprediksi, sehingga dalam perencanaannya kerap menggunakan *safety factor* yang cukup besar untuk mereduksi kekuatan yang direncanakan.

Fondasi tiang yang digunakan yaitu beton pracetak (*mini pile*) dengan ukuran 25 x 25 cm dengan panjang 6 m. Berdasarkan gambar kerja proyek, tiang rencana yang terpancang sedalam 30 m. Pada pelaksanaan di lapangan, tiang yang terpancang pada titik B7, C7, D7, B8, C8, dan D8 terpancang kurang lebih sedalam 28 m. Hal ini tidak sesuai dengan perencanaan bila dilihat dari gambar kerja. Sehingga dalam perencanaannya perlu ditinjau ulang daya dukung fondasi dengan panjang tiang 28 m menggunakan data lapangan berupa CPT, SPT dan Kalendering untuk mengetahui apakah efektif dalam mendukung beban struktur atas. Analisa penurunan fondasi dilakukan dengan metode statis dan menggunakan *software* Plaxis v.8.6.

## II. METODOLOGI DAN PUSTAKA

### Fondasi Tiang

Fondasi merupakan suatu komponen penting pada bangunan sipil yang berfungsi menopang struktur yang ada di atasnya serta meneruskan tegangan-tegangan yang terjadi kedalam lapisan tanah.

### Tiang Dukung Ujung

Tiang dukung ujung adalah tiang yang daya dukungnya lebih ditentukan oleh tahanan ujung tiang

### Tiang Gesek

Tiang gesek berperan meneruskan beban struktur bangunan ke tanah melalui gesekan kulit sepanjang tiang yang terpancang.

### Standard Penetration Test (SPT)

*Standard Penetration Test* (SPT) merupakan suatu proses penyelidikan tanah untuk mengetahui perlawanan dinamik tanah yang ditunjukkan oleh nilai N-SPT dan jenis lapisan tanah yang diselidiki.

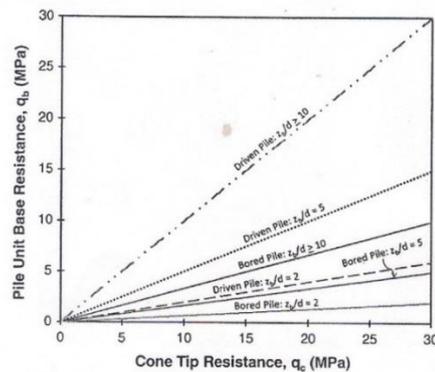
### Cone Penetration Test (CPT)

Uji sondir atau CPT merupakan suatu proses memasukkan alat sondir kedalam tanah untuk memperoleh parameter-parameter perlawanan penetrasi lapisan tanah di lapangan.

### Daya Dukung Tiang Pancang Berdasarkan Data CPT

#### a. Metode Mayerhof (1983)

Mayerhof (1983) mengembangkan hasil uji CPT dan *loading test* pada tiang pancang dan tiang bor untuk mendapatkan persamaan desain dan grafik yang akurat, dimana efek dari diameter ujung tiang juga diperhitungkan.



**Gambar 1.** Hubungan Tahanan Ujung dengan  $q_c$  CPT (Sumber : Mayerhof 1983)

Tahanan ujung dan tahanan selimut tiang dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$f_p = n_{sf} \cdot f_s \quad (1)$$

$$q_b = q_1 \cdot \frac{L}{L_c} \leq q_1 \quad (2)$$

Daya dukung selimut tiang dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$Q_s = TF \times p \quad (3)$$

Dimana:

$f_p$  = tahanan selimut tiang ( $\text{ton/m}^2$ )

$q_b$  = tahanan ujung tiang ( $\text{ton/m}^2$ )

$q_1$  = rata-rata  $q_c$  pada jarak 4D ke atas dan 1D ke bawah dari ujung tiang ( $\text{ton/m}^2$ )

$L$  = Panjang tiang (m)

$L_c$  = 10D – 40D = panjang kritis tiang (m)

$D$  = Dimensi tiang (m)

$TF$  = total friksi (kg/cm)

$P$  = keliling penampang tiang (m)

$n_{fs}$  =faktor reduksi untuk tahanan selimut tergantung pada jenis tiang.

**b. Metode Schmertmann-Nottingham (1975)**

Daya dukung ujung fondasi tiang diperoleh dengan meninjau perlawanan ujung sondir pada jarak 8D diatas ujung tiang dan dari 0,7D hingga 4D di bawah ujung tiang dimana D adalah diameter tiang atau sisi tiang, sehingga:

$$Q_p = \frac{q_{c1} + q_{c2}}{2} \cdot A_p \tag{4}$$

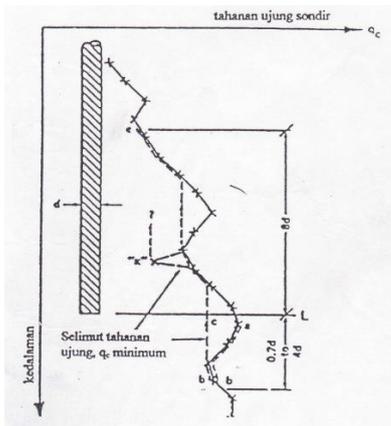
Dengan:

$Q_p$  = Daya dukung ujung ultimit tiang

$q_{c1}$  =  $q_c$  rata-rata pada 0,7D ~ 4D dibawah ujung tiang

$q_{c2}$  =  $q_c$  rata-rata dari ujung tiang hingga 8D di atas ujung tiang

$A_p$  = luas penampang tiang

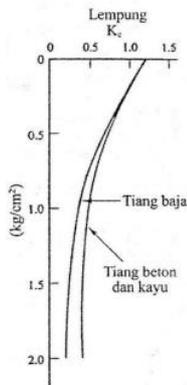


**Gambar 2.** Perhitungan Daya Dukung Ujung (Sumber : Schmertmann, 1978)

Perhitungan daya dukung selimut tiang dapat digunakan persamaan dibawah ini :

$$Q_s = K_{s,c} \left[ \sum_{z=0}^{8D} \frac{z}{8D} \cdot f_s \cdot A_s + \sum_{z=8D}^L f_s \cdot A_s \right] \tag{5}$$

$K_s$  dan  $K_c$  adalah nilai faktor reduksi.



**Gambar 3.** Interpretasi faktor koreksi gesekan selimut tiang pada sondir mekanis (Nottingham, 1975)

**c. Metode deRuiter dan Berigen (1979)**

Untuk tanah lempung, daya dukung ujung tiang dapat dihitung berdasarkan persamaan berikut:

$$Q_b = \frac{A_b \cdot N_c \cdot q_{ca}^{(tip)}}{N_k} \tag{6}$$

Untuk tanah pasir digunakan persamaan berikut:

$$Q_b = \omega \cdot q_{ca}^{(tip)} \cdot A_b \tag{7}$$

Dengan :

$N_c$  = factor daya dukung = 9

$q_{ca}^{(tip)}$  = nilai tahanan kerucut yang dirata-rata (mengikuti perhitungan metode Schmertmann) =  $\frac{1}{2} (q_{c1} + q_{c2})$

$N_k$  = cone factor = 15-20

Untuk tanah lempung, daya dukung selimut tiang dapat dihitung berdasarkan persamaan berikut:

$$Q_s = \frac{\alpha \cdot A_s \cdot q_{ca}^{(side)}}{N_{ks}} \tag{8}$$

Untuk tanah pasir digunakan persamaan berikut:

$$Q_s = f_s \cdot A_s \tag{9}$$

Dengan :

$\alpha$  = adhesion factor dengan  $\alpha = 1$  untuk konsolidasi normal dan  $\alpha = 0,5$  untuk konsolidasi berlebihan

$q_{ca}^{(side)}$  = nilai tahanan kerucut rata-rata sepanjang tiang

$\omega$  = koefisien korelasi yang tergantung OCR (rasio konsolidasi berlebihan)

**Daya Dukung Tiang Pancang Berdasarkan Data SPT**

**a. Metode Mayerhof (1976)**

Mayerhof (1976) memberikan persamaan untuk menghitung tahanan ujung tiang sebagai berikut:

$$q_p = 0,4 \cdot p_a \cdot N_{60} \cdot \frac{L}{D} \leq 4 \cdot p_a \cdot N_{60} \tag{10}$$

Dimana :

$N_{60}$  = rata-rata NSPT pada kedalaman 10D diatas dan 4D dibawah ujung tiang

$p_a$  = tekanan atmosfer (100 kN/m<sup>2</sup> atau 2000 lb/ft<sup>2</sup>)

**b. Metode Schmertmann (1967)**

Schmertmann menggunakan korelasi nilai N-SPT dengan tahanan ujung sondir  $q_c$  dalam menentukan daya dukung ujung dan daya dukung gesekan fondasi tiang.

**Tabel 1.** Nilai gesekan selimut dan tahanan ujung untuk desain fondasi tiang pancang (Schmertmann, 1967)

Jenis Tanah	Deskripsi	Gesekan Selimut (kg/cm <sup>2</sup> )	Tahanan Ujung (kg/cm <sup>2</sup> )
Pasir bersih*	GW, GP, GM, SW, SP, SM	0,019 . $N_{SPT}$	3,2 . $N_{SPT}$

Lempung lanau bercampur pasir, pasir kelanauan, lanau	GC, SC, ML, CL	0,04 . N <sub>SPT</sub>	1,6 . N <sub>SPT</sub>
Lempung plastis	CH, OH	0,05 . N <sub>SPT</sub>	0,7 . N <sub>SPT</sub>
Batu gamping rapuh, pasir berkarang	-	0,01 . N <sub>SPT</sub>	3,6 . N <sub>SPT</sub>

a : berlaku di atas maupun di bawah muka air  
 \* : untuk N>60, diambil N=60  
 \*\* : dianjurkan untuk memberikan reduksi pada lempung teguh dan lempung pasir

### c. Metode Brown (2001)

Metode Brown (2001) menggunakan korelasi empiris hasil pengujian SPT (N<sub>60</sub>) untuk menghitung nilai unit tahanan selimut dan ujung tiang.

Persamaan unit tahanan selimut tiang yang diusulkan adalah:

$$f_s = F_{vs} (A_b + B_b \cdot N_{60}) \quad (11)$$

N<sub>60</sub> adalah nilai N<sub>SPT</sub> yang telah dikoreksi terhadap efisiensi energy dan F<sub>vs</sub> adalah faktor reduksi untuk pemancangan tiang dengan cara vibrasi. A<sub>b</sub> dan B<sub>b</sub> ditentukan dari analisa regresi data-data berdasarkan jenis tanah yang ditunjukkan pada Tabel.

Unit tahanan ujung pada sistem pemancangan menggunakan beban impact dapat dihitung dengan persamaan:

$$q_p = 170 \cdot N_{60} \text{ (kPa)} \quad (12)$$

**Tabel 2.** Nilai-nilai faktor reduksi untuk metode Brown (FHWA, 2006)

Kondisi Beban	Metode Instalasi	Jenis Tanah	F <sub>vs</sub>	A <sub>b</sub> kPa	B <sub>b</sub> kPa/bpf
Tekan	Impak	Clay to Sand	1,0	26,6	1,92
Tekan	Impak	Gravelly Sand to Boulders	1,0	42,6	42,6
Tekan	Impak	Rock	1,0	138,0	138,0
Tarik	Impak	Clay to Sand	1,0	1,8	1,8
Tarik	Impak	Gravelly Sand to Boulders	1,0	0,0	0,0
Tarik	Impak	Rock	1,0	0,0	0,0
Tarik	Vibrasi	Clay to Sand	0,68	1,8	1,8
Tarik	Vibrasi	Gravelly Sand to Boulders	0,68	0,0	0,0
Tarik	Vibrasi	Rock	0,68	0,0	0,0

### Daya Dukung Tiang Pancang Berdasarkan Kalendering

Metode perhitungan daya dukung dinamis antara lain:

#### a. Hiley (1930)

$$Q_u = \frac{ehWh}{s+K} \times \frac{Wr+N^2p}{W+p}; \text{ (FK = 3)} \quad (13)$$

#### b. Modified ENR Formula

$$Q_u = \frac{eh.W.h}{s+C} \times \frac{W+(p \times e^2)}{W+p}; \text{ (FK = 3)} \quad (14)$$

Dimana:

Q<sub>u</sub> = Daya dukung ultimate (ton)

Q<sub>a</sub> = Daya dukung izin Q<sub>a</sub> =  $\frac{Q_u}{3}$  (ton)

eh = efisiensi pemukul (hammer efficiency)

W<sub>r</sub> = Berat ram (ton)

p = berat tiang pancang

h = Tinggi jatuh pemukul

s = Penetrasi per pukulan

k = Rata – rata rebound 10 pukulan terakhir (m)

C = konstanta *temporary elastic compression*

n = koefisien restitusi

#### Daya Dukung Kelompok Tiang

Berdasarkan SNI 8460:2017 tentang persyaratan perancangan geoteknik pasal 9.7.1.1, daya dukung kelompok tiang dapat dihitung dengan persamaan:

$$Q_g = E_g \cdot n \cdot Q_{all} \quad (15)$$

#### Faktor Keamanan

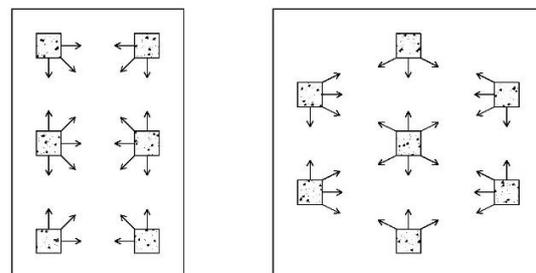
Berdasarkan SNI 8460:2017 pasal 9.2.3.1 tentang Persyaratan Perancangan Geoteknik menyatakan bahwa faktor keamanan untuk fondasi dangkal minimum 3, sedangkan untuk fondasi dalam minimum 2,5.

#### Efisiensi Kelompok Tiang Metode Feld

$$E_{ff\text{-tiang}} = 1 - \frac{\text{jumlah tiang yang mengelilingi}}{16} \quad (16)$$

$$\text{Total } E_{ff\text{-tiang}} = \text{Jumlah tiang yang ditinjau} \times E_{ff\text{-tiang}} \quad (17)$$

$$E_{ff\text{-tiang}} = \frac{\text{Total Eff-tiang}}{n} \quad (18)$$



**Gambar 4.** Konfigurasi kelompok tiang Penurunan Fondasi Tiang

Penurunan fondasi tiang disebabkan oleh beban bangunan yang menyebabkan lapisan tanah di bawahnya mengalami pengurangan volume tanah.

### Penurunan Segera (*Immediately Settlement*)

$$S = S_s + S_p + S_{ps} \quad (19)$$

$$S_s = \frac{(Qp + \alpha \cdot Qs) \cdot L}{A_p \cdot E_p} \quad (20)$$

$$S_p = \frac{C_p \cdot Qp}{D \cdot q_p} \quad (21)$$

$$S_{ps} = \left( \frac{Qws}{p \cdot L} \right) \cdot \frac{D}{E_s} \cdot (1 - v_s^2) \cdot I_{ws} \quad (22)$$

Dimana:

S = penurunan total fondasi tiang tunggal

$S_s$  = penurunan akibat deformasi aksial tiang tunggal

$S_p$  = penurunan dari ujung tiang

$S_{ps}$  = penurunan tiang akibat beban yang dialihkan sepanjang tiang

$E_p$  = modulus elastisitas tiang

$\alpha$  = koefisien yang bergantung pada distribusi gesekan selimut sepanjang fondasi tiang

$C_p$  = koefisien empiris

$q_p$  = daya dukung batas di ujung tiang

$E_s$  = modulus elastisitas tanah

$v_s$  = poisson's ratio tanah

$I_{ws}$  = faktor pengaruh

### Penurunan Segera Kelompok Tiang Metode Vesic (1977)

$$S_e = S \cdot \sqrt{\frac{Bg}{D}} \quad (23)$$

Dimana:

S = penurunan elastis fondasi tiang tunggal

$S_e$  = penurunan kelompok tiang

$B_g$  = lebar kelompok tiang

D = diameter atau sisi tiang tunggal

### Penurunan Konsolidasi

$$\Delta S_{c(i)} = \left[ \frac{C_{c(i)} H_i}{1 + e_{0(i)}} \right] \cdot \log \left[ \frac{\sigma'_{(i)} + \Delta \sigma'_{(i)}}{\sigma'_{(i)}} \right] \quad (24)$$

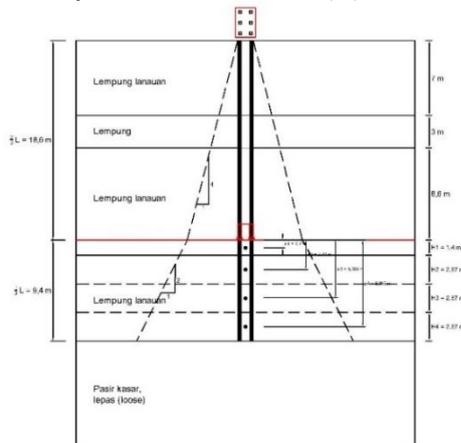
Dimana:

$C_c$  = indeks kompresi

$e_0$  = angka pori

$\sigma'_0$  = tegangan efektif tanah ( $\text{kN/m}^2$ )

$\Delta S_c$  = penurunan konsolidasi (m)



**Gambar 5.** Penurunan konsolidasi primer kelompok tiang

### Penurunan Total Fondasi

$$S = S_e + S_c \quad (25)$$

Dimana:

S = penurunan total kelompok tiang

$S_e$  = penurunan elastis kelompok tiang

$S_c$  = penurunan konsolidasi kelompok tiang

### Analisis Program Plaxis v.8.6

Plaxis V.8.6 adalah program komputer yang disusun berdasarkan metode elemen hingga untuk melakukan analisis dua dimensi deformasi dan stabilitas dalam bidang rekayasa geoteknik. Pemodelan tanah yang digunakan adalah pemodelan tanah Mohr-Coulomb. Diasumsikan bahwa perilaku tanah Mohr-Coulomb bersifat plastis sempurna, dengan menggunakan 5 (lima) buah parameter yaitu:

- Young's Modulus (E), Poisson's ratio ( $\nu$ ) yang memodelkan keelastisitasan tanah
- Kohesi (c), sudut geser ( $\phi$ ) memodelkan perilaku plastis dari tanah.
- Sudut dilatasi ( $\psi$ ) memodelkan perilaku dilatasi tanah.

## METODOLOGI PENELITIAN

### Gambaran Umum

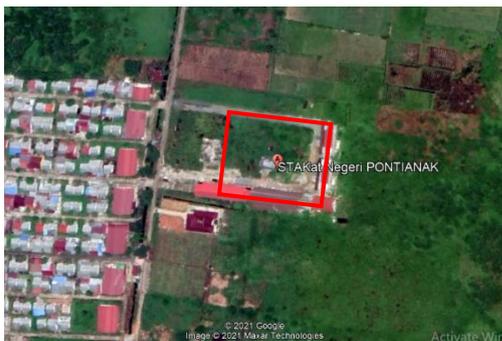
Penelitian ini merupakan study kasus menggunakan metode deskriptif dimana data-data yang diperoleh langsung dari lapangan dipergunakan untuk menjelaskan dan memaparkan suatu masalah pada suatu proyek. Pada penelitian ini penulis menghitung nilai daya dukung dan penurunan (segera dan konsolidasi) tiang yang terjadi. Analisa dilakukan menggunakan cara statis, dinamis dan menggunakan program Plaxis v.8.6. Hasil dari analisa tersebut kemudian dibandingkan satu sama lain.

### Data Umum Proyek

1. Nama Proyek : Pembangunan Gedung Kuliah Santa Maria Sekolah Tinggi Agama Katolik Negeri (STAKatN) Pontianak
2. Lokasi Proyek : Jalan Parit Haji Mukhsin II, Sungai Raya, Kabupaten Kubu Raya, Kalimantan Barat
3. Pemilik Proyek : PEMDA
4. Nilai Kontrak : Rp. 15.603.932.000,00
5. Konsultan Perencana : PT. Tiara Pilar Kreasi
6. Kontraktor Pelaksana : PT. Jaya Teknik Lestari

### Lokasi Proyek

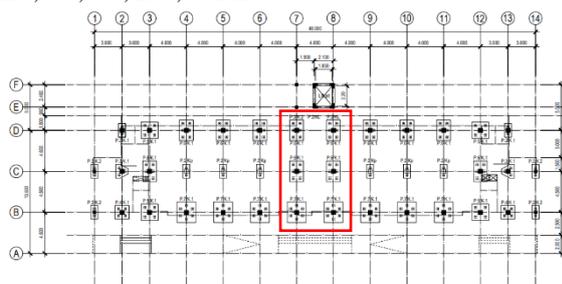
Lokasi proyek berlokasi di Jl. Parit Haji Mukhsin II, Sungai Raya, Kabupaten Kubu Raya, Kalimantan Barat.



**Gambar 6.** Lokasi penelitian

### Denah Fondasi

Titik fondasi yang ditinjau adalah titik fondasi B7, B8, C7, C8, D7, dan D8



**Gambar 7.** Denah titik fondasi (Sumber : PT. Tiara Pilar Kreasi)

### Tahap Penelitian

- a) Studi Literatur
 

Mencari berbagai jenis literatur yang berkaitan dengan permasalahan yang dikaji, baik dalam bentuk buku, tulisan ilmiah, jurnal dan publikasi elektronik yang berhubungan dengan Tugas Akhir ini.
- b) Pengumpulan Data
 

Data yang digunakan ialah data sekunder diperoleh dari pihak konsultan berupa data CPT, SPT, Kalendering dan gambar kerja proyek.
- c) Analisa Data
 

Menganalisis data dengan berbagai jenis literatur yang berhubungan dengan penulisan Tugas Akhir ini.
- d) Langkah-Langkah Perhitungan
  - Perhitungan Pembebanan Struktur Atas
 

Analisa struktur atas dilakukan dengan membuat pemodelan struktur atas menggunakan aplikasi ETABS versi 18 untuk mendapatkan beban vertikal yang disalurkan ke tiap titik fondasi.
  - Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang Metode Statis
 

Analisa perhitungan tiang pancang menggunakan *mini pile* ukuran 25 cm x 25 cm. Metode yang digunakan berdasarkan data CPT yaitu:

    - Metode Mayerhof (1983)
    - Metode Schmertmann-Nottingham (1975)
    - Metode de Ruiter and Beringen (1979)

- Metode Schmertmann-Nottingham (1975)
  - Metode de Ruiter and Beringen (1979)
- Metode yang digunakan berdasarkan data SPT yaitu:

- Metode Meyerhof (1976)
  - Metode Schmertmann (1967)
  - Metode Brown (2001)
- Metode yang digunakan berdasarkan data Kalendering yaitu :

- Metode Hiley (1930)
  - Engineering New Modified (ENR)
- Perhitungan Efisiensi dan Daya Dukung Kelompok Tiang
 

Perhitungan efisiensi tiang pancang menggunakan metode *Feld*.
  - Perhitungan Penurunan Tiang Tunggal dan Kelompok Tiang
 

Perhitungan penurunan tiang tunggal dan kelompok tiang akan dilakukan analisa terhadap penurunan elastis dan konsolidasi.
  - Perhitungan Penurunan Tiang Pancang Metode Elemen Hingga
 

Analisa perhitungan penurunan elastis tiang pancang dengan dimensi tiang 25 x 25 cm pada kedalaman 28 m menggunakan metode elemen hingga dengan bantuan perangkat lunak Plaxis v.8.6. Pemodelan tanah yang digunakan yaitu tanah Mohr Coulomb

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

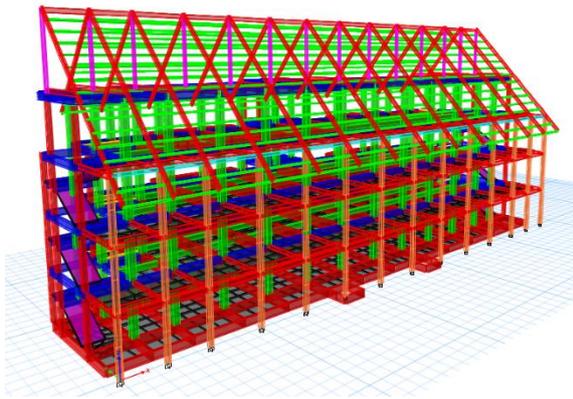
### Analisa Struktur Atas

Perhitungan beban vertikal yang disalurkan ke fondasi dilakukan dengan membuat pemodelan struktur atas menggunakan aplikasi ETABS versi 18 pada gedung kuliah Santa Maria STAKatN. Peraturan yang digunakan dalam pemodelan struktur atas antara lain :

- a) Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung 1987
- b) SNI 1727:2020 tentang “Beban Desain Minimum Dan Kriteria Terkait Untuk Bangunan Gedung Dan Struktur Lain”
- c) SNI 2052:2017 tentang “Baja Tulangan Beton”

**Tabel 3.** Beban vertikal yang diterima fondasi

No	Titik Pancang	Qetabs (kN)
1	B7	943.8188
2	B8	943.5990
3	C7	859.5601
4	C8	858.8061
5	D7	702.6305
6	D8	690.1188



**Gambar 8.** Pemodelan struktur bangunan menggunakan aplikasi ETABS 18

**Daya Dukung Tiang Pancang Berdasarkan Data CPT**

Analisa daya dukung fondasi tiang pancang berdasarkan data CPT menggunakan metode Mayerhoff (1983), Schmertmann-Nottingham (1975), dan deRuiter & Beringen (1979).

**Tabel 4.** Daya Dukung Tiang Data CPT

Titik Pancang	Schmertmann-Nottingham (1975)		Mayerhof (1983)		De Ruiter & Beringen (1979)	
	Tunggal	Kelompok	Tunggal	Kelompok	Tunggal	Kelompok
	(ton)	(ton)	(ton)	(ton)	(ton)	(ton)
D7	23.771	109.943	39.942	184.734	55.148	255.058
D8	23.771	109.943	39.942	184.734	55.148	255.058
C7	23.771	109.943	39.942	184.734	55.148	255.058
C8	23.771	109.943	39.942	184.734	55.148	255.058
B7	23.771	124.800	39.942	209.698	55.148	289.525
B8	23.771	124.800	39.942	209.698	55.148	289.525

**Daya Dukung Tiang Pancang Berdasarkan Data SPT**

Analisa daya dukung fondasi tiang pancang berdasarkan data SPT menggunakan metode Mayerhof (1976), Schmertman (1967), dan Brown (2001) dapat dilihat pada tabel 5.

**Tabel 5.** Daya Dukung Tiang Data SPT

Titik Pancang	Mayerhof (1976)		Schmertmann (1967)		Brown (2001)	
	Tunggal	Kelompok	Tunggal	Kelompok	Tunggal	Kelompok
	(ton)	(ton)	(ton)	(ton)	(ton)	(ton)
D7	30.215	139.744	20.772	96.071	41.289	190.963
D8	30.215	139.744	20.772	96.071	41.289	190.963
C7	30.215	139.744	20.772	96.071	41.289	190.963
C8	30.215	139.744	20.772	96.071	41.289	190.963
B7	30.215	158.629	20.772	109.053	41.289	216.769
B8	30.215	158.629	20.772	109.053	41.289	216.769

**Daya Dukung Tiang Pancang Berdasarkan Data Kalendering**

Analisa daya dukung fondasi tiang pancang berdasarkan data Kalendering menggunakan metode Hiley (1930) dan Modified ENR Formula dapat dilihat pada tabel 6.

**Tabel 6.** Daya Dukung Tiang Data Kalendering

Titik Pancang	Hiley (1930)		Modified ENR	
	Tunggal	Kelompok	Tunggal	Kelompok
	(ton)	(ton)	(ton)	(ton)
D7	17.862	82.611	9.811	45.377
B7	26.709	140.224	9.868	51.809
B8	21.328	111.970	9.736	51.114

**Penurunan Tiang Pancang**

Analisa penurunan elastis, penurunan konsolidasi dan penurunan total dapat dilihat pada tabel 7.

**Tabel 7.** Penurunan Fondasi Tiang Pancang

Titik Fondasi	Penurunan Elastis	Penurunan Konsolidasi	Penurunan Total
	Se	Sc	S = Se + Sc
	mm	mm	mm
B7	11.914	7.458	19.372
B8	11.911	7.457	19.367
C7	10.850	7.083	17.933
C8	10.841	7.077	17.917
D7	8.869	5.795	14.664
D8	8.711	5.692	14.403

**Analisa Penurunan Menggunakan Program Plaxis v.8.6**

Analisa penurunan menggunakan program Plaxis v.8.6 dapat dilihat pada tabel 8.

**Tabel 8.** Hasil Olahan Total Displacement Program Plaxis v.8.6

Tiang Pancang	Penurunan Total	
	Tunggal	Safety Factor
	mm	
D7	35.610	10.414
D8	35.240	10.513
C7	40.390	9.192
C8	40.350	9.214
B7	38.840	9.562
B8	38.800	9.551

Berdasarkan hasil perhitungan daya dukung tiang tunggal dan kelompok tiang pada kedalaman tiang 28 m menggunakan data CPT dan SPT, semua fondasi yang ditinjau memenuhi syarat aman dalam

memikul beban. Dimana daya dukung izin tiang nilainya melebihi beban vertikal yang dihasilkan dari struktur atas bangunan.

Hasil analisis perhitungan daya dukung kelompok tiang berdasarkan metode dinamis menggunakan metode Modified ENR untuk semua titik fondasi tiang yang ditinjau tidak memenuhi syarat aman. Sehingga perlu dilakukan perhitungan dan perencanaan ulang pada jumlah tiang pada kelompok tiang.

Berdasarkan hasil perhitungan penurunan segera dan penurunan konsolidasi dengan perhitungan statis dan menggunakan program plaxis v.8.6, semua titik fondasi yang ditinjau memenuhi syarat menurut SNI (8460 : 2017). Penurunan izin < 15 cm + (b/600) dalam cm.

#### IV. KESIMPULAN DAN SARAN

##### Kesimpulan

Berdasarkan hasil peninjauan ulang daya dukung fondasi pada proyek gedung kuliah Santa Maria STAKatN dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

1) Daya dukung tiang pancang tunggal berdasarkan data CPT dan SPT

Daya dukung izin tiang (Qall) terkecil pada kedalaman tiang terpancang 28 m dengan menggunakan data CPT diperoleh berdasarkan metode Schmertmann – Nottingham (1975) yaitu sebesar 237,714 kN. Sedangkan analisa daya dukung izin tiang (Qall) terkecil menggunakan data SPT diperoleh berdasarkan metode Schmertmann (1967) yaitu sebesar 207,720 kN.

2) Daya dukung kelompok tiang

Berdasarkan hasil perhitungan daya dukung kelompok tiang semua metode statis, hasilnya adalah daya dukung kelompok tiang dengan kedalaman tiang terpancang 28 m semua titik fondasi nilainya lebih besar dari beban terpusat struktur atas yang dihasilkan dari program ETABS 18 ( $Q_{all} > Q_{etabs}$ ).

3) Daya dukung tiang pancang berdasarkan data Kalendering

Pada perhitungan menggunakan metode Hiley dengan membandingkan daya dukung tiang kelompok dan beban vertikal memenuhi syarat sehingga aman dalam mendukung beban ( $Q_{all} > Q_{etabs}$ ). Sedangkan dengan metode Modified ENR, daya dukung tiang kelompok semua titik fondasi tidak memenuhi sehingga perlu dilakukan perencanaan ulang.

4) Analisa penurunan

Settlement adalah penurunan elevasi tanah dasar yang disebabkan oleh lapisan tanah yang mengalami pembebanan di atasnya. Menurut SNI (8460 : 2017) untuk penurunan segera dan penurunan konsolidasi memenuhi penurunan pada tiang kelompok.

a. Penurunan Elastis / Penurunan Segera

Penurunan elastis untuk masing-masing kelompok tiang adalah, untuk fondasi pada titik B7  $S_e = 11,914$  mm, untuk fondasi B8  $S_e = 11,911$  mm, untuk fondasi C7  $S_e = 10,850$  mm, untuk fondasi C8  $S_e = 10,841$  mm, untuk fondasi D7  $S_e = 8,869$  mm, dan untuk fondasi D8  $S_e = 8,711$  mm.

b. Penurunan Konsolidasi

Penurunan konsolidasi untuk masing-masing kelompok tiang adalah, untuk fondasi titik B7  $\Delta S_c = 7,458$  mm, untuk fondasi B8  $\Delta S_c = 7,457$  mm, untuk fondasi C7  $\Delta S_c = 7,083$  mm, untuk fondasi C8  $\Delta S_c = 7,077$  mm, untuk fondasi D7  $\Delta S_c = 5,795$  mm, dan untuk fondasi D8  $\Delta S_c = 5,692$  mm.

c. Penurunan Total

Penurunan total untuk masing-masing kelompok tiang adalah, untuk fondasi titik B7  $S = 19,372$  mm, untuk fondasi B8  $S = 19,367$  mm, untuk fondasi C7  $S = 17,933$  mm, untuk fondasi C8  $S = 17,917$  mm, untuk fondasi D7  $S = 14,664$  mm, dan untuk fondasi D8  $S = 14,403$  mm.

d. Penurunan dari Program Plaxis v.8.6

Untuk fondasi titik B7  $S = 38,840$  mm, untuk fondasi B8  $S = 38,800$  mm, untuk fondasi C7  $S = 40,390$  mm, untuk fondasi C8  $S = 40,350$  mm, untuk fondasi D7  $S = 35,610$  mm, dan untuk fondasi D8  $S = 35,240$  mm.

##### Saran

1) Sebelum melakukan analisa perhitungan sebaiknya kita memiliki data teknis dan data laboratorium (parameter tanah) yang lengkap untuk mengetahui karakteristik tanah. Kelengkapan data akan sangat membantu untuk mendapatkan hasil perhitungan yang lebih akurat, baik secara analitis maupun dengan Program Plaxis v.8.6.

2) Dalam perencanaan kelompok tiang sebaiknya pengaruh yang ditimbulkan oleh jarak antar tiang diperhatikan agar tidak terjadi *heaving* dan kerusakan tiang akibat tiang itu sendiri.

3) Analisa menggunakan program Plaxis v.8.6 sangat dibutuhkan data yang lengkap dan pemodelan yang tepat sehingga menghasilkan analisa yang akurat.

##### REFERENSI

Hardiyatmo, Hary Christady. 2011. *Analisis dan Perancangan Pondasi II*. Edisi kedua. Yogyakarta : Gajah Mada University Press.

Hardiyatmo, Hary Christady. 2010. *Analisis dan Perancangan Pondasi I*. Edisi kedua. Yogyakarta : Gajah Mada University Press.

Hs, Sardjono. 1991. *Pondasi Tiang Pancang*. Surabaya : Sinar Wijaya.

Rahardjo, Paulus P. 2013. *Manual Pondasi Tiang* 4<sup>th</sup>.  
Ed. Bandung : Universitas Katolik  
Parahyangan.

Siregar, Yustika Handayani. 2022. *Analisa Daya  
Dukung Tiang Pancang Berdasarkan Hasil  
Data Kalendering Pada Proyek  
Pembangunan Rumah Susun BWS Kuburaya*.  
Pontianak : Universitas Tanjungpura

Das, Braja M. 2011. *Principles of Foundation  
engineering*. Seventh edition. Global  
Engineering.

Sutria, Hartiwi. 2018. *Studi Optimasi Fondasi Dalam  
Pada Gedung Rumah Sakit Umum Jeumpa  
Kota Pontianak*. Pontianak : Universitas  
Tanjungpura