

## REDESAIN FONDASI MENERUS DENGAN FONDASI STRAUSS PADA PROYEK PEMBANGUNAN PENGEMBANGAN GEDUNG KAMPUS II UNIVERSITAS WIDYAGAMA MALANG

Ilyamin<sup>1</sup>, Agus Tugas Sudjianto<sup>2\*</sup>, Candra Aditya<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Widyagama Malang  
Email Korespondensi: [agustugas@widyagama.ac.id](mailto:agustugas@widyagama.ac.id)

### ABSTRAK

Pembangunan struktur gedung, pertama kali dikerjakan adalah pekerjaan fondasi. Dalam merencanakan suatu fondasi untuk semua bangunan harus memperhatikan daya dukung dan biaya yang ekonomis. Proyek pembangunan pengembangan gedung kuliah Universitas Widyagama Malang memiliki dua Fondasi yang berbeda yakni fondasi menerus pada bangunan lama dan fondasi Strauss pada lantai empat dan lima. Pada bangunan eksisting yang lama fondasi lajur tidak dapat diganggu dan untuk bangunan lantai empat dan lima direncanakan menggunakan fondasi Strauss. Dalam studi ini akan di analisis penggantian fondasi menerus pada bangunan lama dengan fondasi Strauss pada bangunan baru. Dari hasil perhitungan didapat daya dukung fondasi dengan menggunakan 4 tiang adalah sebesar 761.98 kN, Fondasi dengan menggunakan 6 tiang adalah sebesar 863.60 kN, Fondasi dengan menggunakan 8 tiang adalah sebesar 678.97 kN dan Fondasi yang menggunakan 12 tiang adalah sebesar 1035.061kN. Untuk Biaya fondasi Strauss yang dibutuhkan dalam Proyek Pembangunan Pengembangan Gedung Kampus II Universitas Widyagama Malang adalah sebesar Rp.3,833,300,000.00

**Kata Kunci:** Daya Dukung Fondasi, Fondasi Menerus, Fondasi Strauss dan Rencana Anggaran Biaya.

### ABSTRACT

*The construction of the structure of the building, first done is the work of the foundation. In planning a foundation for all buildings should pay attention to the carrying capacity and economic costs. The construction project of Widyagama University lecture building development Malang has two different foundations, namely the continuous foundation of the old building and Strauss foundation on the fourth and fifth floors. On existing buildings the old lane foundations cannot be disturbed and for fourth and fifth floor buildings are planned using Strauss's foundations. In this study will be in the analysis of continuous replacement of foundations on old buildings with Strauss foundations on new buildings. From the calculation obtained the carrying capacity of the foundation by using 4 poles is 761.98 kN, the foundation using 6 poles is 863.60 kN, the foundation using 8 poles is 678.97 kN and the foundation that uses 12 poles is 1035,061 kN. Strauss foundation costs required in the Project for the Construction of Campus II Building of Widyagama University Malang amounted to Rp.3,833,300,000.00*

**Keywords :** Foundation Carrying Capacity, Continuous Foundation, Strauss Foundation, Cost Budget Plan.

## 1. PENDAHULUAN

Di dalam pembangunan sebuah gedung, pertama kali yang dilaksanakan dan dikerjakan adalah pekerjaan struktur bawah (Fondasi) baru kemudian melaksanakan pekerjaan struktur atas. Secara umum fondasi didefinisikan sebagai bagian dari konstruksi bangunan bawah yang berfungsi untuk menempatkan bangunan dan meneruskan beban dari bangunan itu sendiri dan beban luar yang bekerja pada bangunan ke tanah yang ada di sekitarnya. Struktur bawah merupakan bagian bawah dari suatu struktur bangunan/gedung yang menahan beban dari struktur atas. Struktur bawah meliputi balok slof dan fondasi. Fondasi adalah struktur bagian bawah dari suatu konstruksi (gedung, jembatan, jalan raya, terowongan, dinding penahan, menara, tangga, dll.) yang berfungsi untuk menyalurkan beban vertikal di atasnya (kolom)

maupun beban horizontal ke tanah[1]. Perencanaan struktur bawah untuk suatu konstruksi bangunan dengan tepat mutlak diperlukan untuk dapat menjaga kestabilan konstruksi yang ditahan. Kesalahan dalam perhitungan struktur bawah akan menyebabkan bangunan yang kokoh pada struktur atas menjadi runtuh dan berakibat fatal bagi penghuninya.

Universitas Widyagama Malang merupakan suatu lembaga pendidikan di Kota Malang yang bertempat di Jl. Borobudur No.35, Malang. Pada tahun 2018 Universitas Widyagama Malang melakukan pembangunan peningkatan gedung kuliah dari lantai tiga menjadi lantai lima sebagai salah satu infrastruktur penunjang pendidikan. Dalam pembangunan peningkatan gedung kuliah Universitas Widyagama Malang memiliki dua Fondasi yang berbeda yakni fondasi menerus pada bangunan lama dan fondasi Strauss pada lantai empat dan lima. Pada bangunan eksisting yang lama fondasi lajur tidak dapat diganggu dan untuk bangunan lantai empat dan lima direncanakan menggunakan fondasi Strauss. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui daya dukung fondasi Strauss sebagai pengganti fondasi menerus yang direncanakan agar mampu mendukung bangunan pengembangan gedung kampus 2 Universitas Widyagama Malang dan untuk mengetahui rencana anggaran biaya (RAB) fondasi Strauss sebagai pengganti fondasi menerus yang dibutuhkan pada proyek pembangunan pengembangan kampus 2 Universitas Widyagama Malang.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Umum

Fondasi adalah struktur bagian bawah bangunan yang berhubungan langsung dengan tanah dan suatu bagian dari konstruksi yang berfungsi menahan gaya beban di atasnya. Fondasi dibuat menjadi satu kesatuan dasar bangunan yang kuat yang terdapat dibawah konstruksi [2]. Fondasi dapat didefinisikan sebagai bagian paling bawah dari suatu konstruksi yang kuat dan stabil (solid). Semua konstruksi yang direncanakan, keberadaan fondasi sangat penting mengingat fondasi merupakan bagian terbawah dari bangunan yang berfungsi mendukung bangunan serta seluruh beban bangunan tersebut dan meneruskan beban bangunan itu, baik beban mati, beban hidup dan beban gempa ke tanah atau batuan yang berada di bawahnya. Bentuk fondasi tergantung dari macam bangunan yang akan dibangun dan keadaan tanah tempat fondasi tersebut akan diletakkan, biasanya fondasi diletakkan pada tanah yang keras.

### 2.2 Macam-macam Fondasi

Fondasi dapat digolongkan berdasarkan kemungkinan besar beban yang harus dipikul oleh fondasi [3]:

#### 1. *Fondasi Dangkal*

Fondasi dangkal disebut juga fondasi langsung, fondasi ini digunakan apabila lapisan tanah pada dasar fondasi yang mampu mendukung beban yang dilimpahkan terletak tidak dalam (berada relatif dekat dengan permukaan tanah). Fondasi dangkal adalah fondasi yang mendukung beban secara langsung yang meliputi Fondasi Menerus, Fondasi Rakit, Fondasi Setempat [4].

#### 2. *Fondasi Dalam*

Fondasi dalam adalah fondasi yang didirikan permukaan tanah dengan kedalam tertentu dimana daya dukung dasar fondasi dipengaruhi oleh beban struktural dan kondisi permukaan tanah, fondasi dalam biasanya dipasang pada kedalaman lebih dari 3 m di bawah elevasi permukaan tanah. Fondasi dalam dapat dijumpai dalam bentuk fondasi tiang pancang, dinding pancang dan caissons atau fondasi kompensasi. Fondasi dalam dapat digunakan untuk mentransfer beban ke lapisan yang lebih dalam untuk mencapai kedalam yang tertentu sampai didapat jenis tanah yang mendukung daya beban struktur bangunan sehingga jenis tanah yang tidak cocok di dekat permukaan tanah dapat dihindari. Apabila lapisan atas berupa tanah lunak dan terdapat lapisan tanah yang keras yang dalam maka dibuat fondasi tiang pancang yang dimasukkan ke dalam sehingga mencapai tanah keras ( $Df/B > 10$  m), tiang-tiang tersebut disatukan oleh pour/pile cap. Fondasi ini juga dipakai pada bangunan dengan bentangan yang cukup lebar (jarak antar kolom 6m) dan bangunan bertingkat. Yang termasuk di dalam fondasi ini antara lain fondasi tiang pancang, (beton, besi, pipa baja), fondasi sumuran, fondasi borpile dan lain-lain. Jenis-jenis fondasi dalam adalah sebagai berikut:

- a. Fondasi Tiang Pancang
- b. Fondasi Strauss

### 2.3 Daya Dukung Tanah

Dalam pandangan teknik sipil, tanah adalah himpunan mineral, bahan organik, dan endapan-endapan yang relatif lepas (loose), yang terletak diatas batuan dasar (bedrock)[5].

- a. Menentukan Kedalaman Tanah Keras (Df)

Kedalaman tanah yang akan digunakan sebagai dasar fondasi harus memiliki kekuatan yang mampu menahan beban yang diterima fondasi. Berdasarkan hasil sondir, maka data yang dipakai adalah data  $q_c$ . Tanah yang baik untuk bangunan adalah tanah dengan kategori keras atau mempunyai nilai tahanan ujung ( $q_c$ ) lebih dari 120 kg/cm<sup>2</sup>. Berikut tabel yang bisa dipakai:

**Tabel 1.** Konsistensi tanah berdasarkan hasil sondir (Wibowo, 2011)

| Konsistensi | $q_c$<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | $T_r$<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) |
|-------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Very soft   | <5                             | 3,5                            |
| Soft        | 5-10                           | 3,5                            |
| Firm        | 10-35                          | 4,0                            |
| Stiff       | 30-60                          | 4,0                            |
| Very stiff  | 60-120                         | 6,0                            |
| Hard        | >120                           | 6,0                            |

- b. Menghitung Rasio Gesekan

Menghitung rasio gesekan ( $f_r$ ) dari nilai  $q_c$  untuk mengklasifikasikan tanah menurut Hardiyatmo (2003) [6] adalah sebagai berikut :

$$f_r = f_s/q_c \times 100\% \dots\dots\dots(1)$$

Berdasarkan SNI-2827 (2008) [7], Perlawanan geser ( $f_s$ ) diperoleh dari rumus :

$$f_s = (K_w \cdot A_{pi}) / A_s \dots\dots\dots(2)$$

$$K_w = (T_w - C_w)$$

Rumus Terzaghi dalam Hardiyatmo (2003) untuk mengetahui nilai  $f_s$  bisa dilihat pada tabel seperti dibawah ini :

**Tabel 2.** Nilai  $f_s$  menurut Terzaghi (Hardiyatmo, 2003)

| Jenis Tanah             | $f_s$ (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|-------------------------|-----------------------------|
| Lanau dan lempung lunak | 0,07 – 0,30                 |
| Lempung sangat kaku     | 0,49 – 1,95                 |
| Pasir tidak padat       | 0,12 – 0,37                 |
| Pasir padat             | 0,14 – 0,68                 |
| Kerikil padat           | 0,49 – 0,98                 |

Dimana :

$A_{pi}$  = Luas penampang piston (cm<sup>2</sup>)

$A_s$  = Luas selimut geser (cm<sup>2</sup>)

$C_w$  = Pembacaan manometer untuk nilai perlawanan konus (kPa)

$T_w$  = Pembacaan manometer (kPa)

$K_w$  = Selisih  $T_w - C_w$  (kPa)

- c. Menghitung Berat Volume tanah ( $\gamma$ )

Dengan asumsi bahwa muka air tanah berada sama dengan dasar fondasi, maka berat volume tanah menurut Hardiyatmo (2002) adalah :

$$\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w \dots\dots\dots(3)$$

$$\gamma_{sat} = \frac{(G_s + e)\gamma_w}{1 + e} \dots\dots\dots(4)$$

Dimana :

$\gamma_w$  = Berat volume air = 1 t/m<sup>3</sup> atau 9,81 kN/m<sup>3</sup>

$\gamma_{sat}$  = Berat volume tanah jenuh (kN/m<sup>3</sup>)

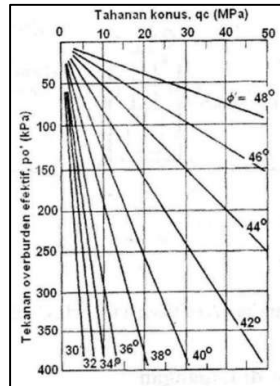
$G_s$  = Berat jenis tanah

$e$  = Angka pori

$\gamma'$  = Berat volume tanah efektif (kN/m<sup>3</sup>)

d. Menghitung Sudut Gesek dalam Puncak ( $\phi$ )

Untuk mengetahui sudut gesek dalam puncak ( $\phi$ ) berdasarkan tekanan overburden ( $p_o$ ) bisa dilihat pada grafik seperti dibawah ini :



**Gambar 1.** Hubungan sudut gesek dalam puncak ( $\phi$ ) dan  $q_c$  (Hardiyatmo, 2002)

## e. Menghitung Kohesi Tanah (C)

Menurut Sunggono (1984) [8] mencari kohesi tanah dari uji sondir bisa dihitung menggunakan rumus berikut :

$$c = q_c/20 \dots\dots\dots(5)$$

Dimana :

$c$  = Kohesi tanah (kPa)

Atau menurut Bowles (1988) [9] untuk mendapatkan nilai kohesi tanah dari  $q_u$  dimana analisis kapasitas dukung ( $q_u$ ) ini menggunakan data sondir. Berikut rumus yang digunakan adalah :

$$c = q_c/2$$

$$\dots\dots\dots(6)$$

## 2.4 Pembebanan Fondasi

Perencanaan pembebanan harus sesuai dengan aturan pembebanan yang mencakup tipe-tipe beban yang bekerja termasuk beban yang sesuai dengan letak strukturnya[10]. Tipe beban yang umum bekerja pada struktur fondasi berdasarkan SNI-1727-2013 [11] adalah Beban Vertikal (Beban Mati ( $q_d$ ) dan Beban Hidup ( $q_l$ )) dan Beban Horizontal (Beban Gempa (E) dan Beban Angin (w))

## 1.5 Perancangan Fondasi

Fondasi adalah bagian dari struktur yang berfungsi untuk menyalurkan beban struktur ke tanah di bawahnya [12]. Apabila beban struktur tidak terlalu besar dan letak kedalaman tanah kerasnya cukup dangkal dapat menggunakan fondasi telapak. Sedangkan apabila beban struktur cukup besar dan letak tanah keras cukup dalam dapat menggunakan fondasi tiang. Setiap fondasi memiliki kedalaman fondasi ( $D_f$ ) yakni jarak vertikal muka tanah dengan ujung fondasi. Secara garis besar, fondasi terbagi menjadi 2 (dua) kelompok besar antara lain sebagai berikut [13]:

### 1. Fondasi dangkal (Shallow Foundation)

Fondasi dangkal didefinisikan sebagai fondasi yang mendukung bebannya secara langsung, seperti fondasi telapak, fondasi memanjang dan fondasi rakit, panjangnya berkisar 1 m – 2 m atau  $D_f/B < 1$ . Fondasi ini digunakan apabila kedalaman tanah baik tidak begitu dalam (antara 0,6 sampai 2,0 meter ), serta kapasitas dukung tanah relatif baik ( $> 120 \text{ kg/cm}^2$  ).

### 2. Fondasi dalam (Deep Foundation)

Fondasi dalam didefinisikan sebagai fondasi yang meneruskan beban bangunan ke tanah keras atau batu yang terletak relative jauh dari permukaan, contohnya fondasi sumuran dan fondasi tiang, panjangnya berkisar 6 m – 10 m atau  $D_f/B > 4$ . Fondasi ini digunakan jika lapisan tanah keras atau lapisan tanah [14]. Dengan daya dukung yang memadai berada pada kedalaman tanah yang cukup dalam dari permukaan dan pada lapisan tanah atas berupa tanah lunak

(humus/peat/organik). Kondisi ini mengharuskan fondasi ditanam sehingga mencapai lapisan tanah keras tersebut.

## 2.6 Rencana Anggaran Biaya

Rencana anggaran biaya adalah perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan, upah, dan peralatan serta biaya-biaya yang lain yang berhubungan dengan pelaksanaan proyek tersebut. Maksud dan tujuan penyusunan anggaran biaya bangunan adalah untuk menghitung biaya-biaya yang diperlukan dari suatu proyek bangunan dan dengan biaya ini bangunan tersebut dapat terwujud sesuai rencana.

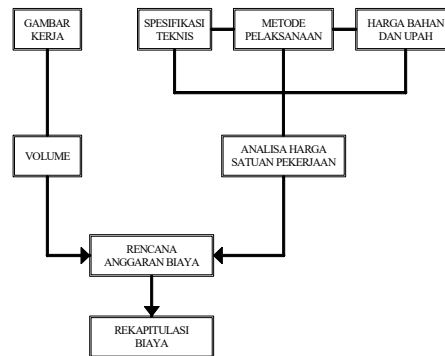
Adapun jenis biaya-biaya yang berhubungan dengan penyusunan anggaran biaya dalam proyek meliputi [15]

### 1. Biaya langsung (Direct Cost), yaitu

Biaya langsung adalah biaya untuk segala sesuatu yang akan menjadi komponen permanent hasil akhir proyek. Biaya langsung terdiri dari Biaya Persiapan Lahan (*Site Preparation*), Biaya Pengadaan Material, Upah Buruh/Pekerja, Biaya Peralatan, dan Biaya Sub Kontraktor

### 2. Biaya Tak Langsung (Indirect Cost)

Biaya tak langsung adalah pembayaran untuk manajemen, pengawasan dan pembayaran juga untuk pengadaan bagian proyek yang tidak menjadi bagian instalasi atau produk permanen, tetapi diperlukan dalam proses pembangunan proyek. Biaya tak langsung terdiri dari: Kontingensi; *Site Overhead*; Office Overhead; Biaya Perizinan; Gaji dan pengeluaran lain bagi tenaga administrasi; Pajak (PPn); dan Keuntungan.



**Gambar 2.** Tahap penyusunan Rencana Anggaran Biaya

## 3. METODE PENELITIAN

### 3.1 Umum

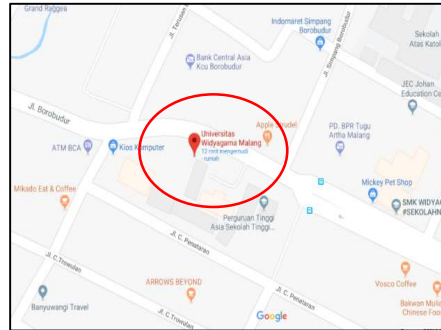
Dalam bagian ini akan dibahas mengenai metode kombinasi yang akan ditetapkan untuk objek yang diteliti. Untuk mengkaji metode kombinasi tersebut diperlukan suatu tahapan penelitian yaitu dengan cara mengumpulkan data-data teknis dan pendukungnya. Adapun data-data yang diperlukan dalam kajiannya antara lain sebagai berikut :

- a. Data kondisi eksisting daerah studi
- b. Data penyelidikan tanah daerah studi
- c. Data teknis bangunan (As Built Drawing)

Data yang terkumpul selanjutnya digunakan untuk menghitung beban-beban yang bekerja pada struktur tersebut dan juga mengetahui kedalaman tanah keras yang mampu menahan beban tersebut

### 3.2 Lokasi Penelitian

Gedung Kampus 2 Universitas Widyagama Malang, terletak di jalan Borobudur No. 35 Malang.



**Gambar 3.** Sketsa Lokasi Penelitian

### 3.3 Pengumpulan Data

Dalam proses perencanaan, diperlukan analisis yang teliti, semakin rumit permasalahan yang dihadapi maka semakin kompleks pula analisis yang akan dilakukan. Untuk dapat melakukan analisis yang baik, diperlukan data/informasi, teori konsep dasar dan alat bantu memadai, sehingga kebutuhan data sangat mutlak diperlukan.

Metode pengumpulan data dilakukan dengan cara :

#### 1) Studi Literatur

Yaitu dengan mengumpulkan, mengidentifikasi, mengolah data tertulis dan metode kerja yang digunakan sebagai input proses perencanaan.

#### 2) Metode Observasi

Yaitu dengan melakukan pengamatan langsung ke lokasi untuk mengetahui kondisi sebenarnya di lapangan.

### 3.4 Pemilihan Fondasi

Dalam pemilihan bentuk fondasi, jenis fondasi dan kedalaman fondasi bangunan yang memadai, perlu diperhatikan beberapa hal yang berkaitan dengan pekerjaan fondasi tersebut. Hal ini disebabkan tidak semua jenis fondasi dapat dilaksanakan di semua tempat. (Misal penggunaan fondasi Tiang pancang pada daerah padat penduduk tentu tidak tepat meskipun secara teknis telah memenuhi syarat).

Berikut ini cara memilih fondasi berdasarkan daya dukung tanah :

1. Bila kondisi tanah keras terletak pada permukaan tanah atau kedalaman fondasi antara 2-3 meter di bawah permukaan tanah maka jenis fondasi nya adalah fondasi dangkal. (misal: fondasi jalur dan fondasi telapak).
2. Bila tanah keras terletak pada kedalaman sekitar 10 meter atau lebih di bawah permukaan tanah maka jenis fondasi nya adalah fondasi bored pile, fondasi sumuran atau fondasi minipile.
3. Bila tanah keras terletak pada kedalaman 20 meter atau lebih di bawah permukaan tanah maka jenis fondasi nya adalah fondasi tiang pancang atau fondasi bored pile[16].

### 3.5 Perhitungan Pembebanan

Perhitungan pembebanan dilakukan untuk beban aktual yang bekerja pada bangunan. Selain untuk mengetahui aksial yang bekerja pada masing-masing titik pemancangan, perhitungan pembebanan juga dilakukan untuk mengetahui beban lateral akibat angin atau gempa yang bekerja pada bangunan.

### 3.6 Perhitungan Fondasi Strauss

Perhitungan Fondasi Strauss dan Fondasi Menerus dilakukan untuk mengetahui daya dukung tiap-tiap fondasi. Selain itu juga untuk mengetahui dimensi Fondasi dan kebutuhan tulangan yang dibutuhkan[17].

### 3.7 Rencana Anggaran Biaya

Jumlah tiang dalam satu kelompok menjadi dasar untuk menghitung rencana anggaran biaya yang dibutuhkan. Dalam perhitungan rencana anggaran biaya akan mengacu pada

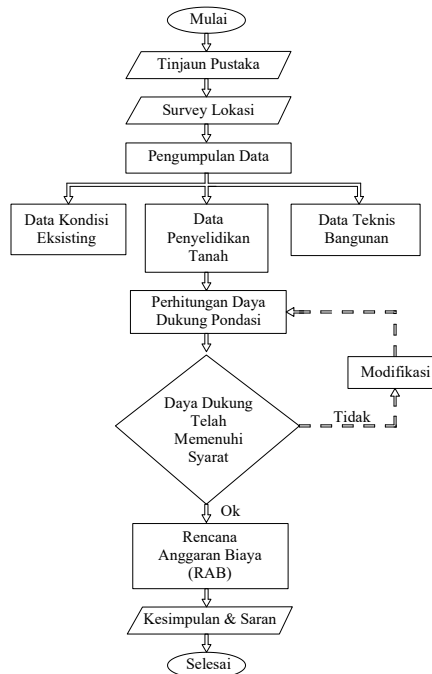
pedoman Analisa Harga Satuan Pekerjaan. Pedoman ini menetapkan besaran indeks komponen harga satuan pekerjaan yang meliputi : harga satuan bahan, upah tenaga kerja dan peralatan yang dibutuhkan untuk menghasilkan setiap unit satuan volume pekerjaan pengeboran [18].

### 3.8 Evaluasi dan Pembahasan

Tahap evaluasi dan pembahasan merupakan evaluasi terhadap kondisi existing dan rencana metode kombinasi yang akan ditetapkan.

### 3.9 Tahap Penelitian

Langkah-langkah penelitian ini dapat dilihat pada diagram alir dibawah ini :



**Gambar 4.** Diagram Alir Analisis

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Perhitungan Fondasi Strauss

#### 1) Data Tanah

**Tabel 3.** Hasil Pengujian Sondir

| No. | Kedalaman (m) | q<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | c<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) |
|-----|---------------|----------------------------|----------------------------|
| 1   | 2             | 5                          | 0.65                       |
| 2   | 4             | 15                         | 0.3                        |
| 3   | 6             | 60                         | 0.65                       |
| 4   | 8             | 115                        | 0.3                        |
| 5   | 10            | 150                        | 1.95                       |
| 6   | 12            | 200                        | 1.25                       |

#### 2) Data Bahan

**Tabel 3.** Data Bahan Fondasi

|                                 |                    |                      |
|---------------------------------|--------------------|----------------------|
| Diameter tiang,                 | D =                | 0.60 m               |
| Panjang tiang,                  | L =                | 12 m                 |
| Kuat tekan beton tiang Strauss, | f <sub>c</sub> ' = | 300 MPa              |
| Berat beton bertulang,          | w <sub>c</sub> =   | 24 KN/m <sup>2</sup> |

## 3) Data Pembebanan

**Tabel 5.** Pembebanan Pada Fondasi

| No | Pu<br>(kN) | Mux<br>(kNm) | Muy<br>(kNm) |
|----|------------|--------------|--------------|
| 1  | 1774.335   | 589.59       | 230.61       |
| 2  | 3799.00    | 510.120      | 471.84       |
| 3  | 4363.061   | 487.78       | 114.29       |
| 4  | 10354.99   | 448.98       | 823.469      |

## 4) Daya Dukung Fondasi

Dari hasil perhitungan didapat daya dukung fondasi sebagai berikut :

**Tabel 6.** Rekap Daya Dukung Tiang Bor

| No | Uraian Tahanan Aksial Tiang Pancang     | $\phi * P_n$ |
|----|-----------------------------------------|--------------|
| 1  | Berdasarkan kekuatan bahan              | 15209.51     |
| 2  | Berdasarkan data bor tanah (Skempton)   | 1075.779     |
| 3  | Berdasarkan hasil uji sondir (Bagemann) | 2003.237     |

Daya dukung aksial terkecil,

$$\phi * P_n = 1075.779 \text{ kN}$$

Diambil Daya Dukung Tiang Bor,

$$\phi * P_n = 1070 \text{ kN}$$

## 5) Perhitungan Fondasi dengan Jumlah Tiang 4

**Tabel 7.** Data bahan pilecap pada fondasi Strauss dengan jumlah tiang 4

|                                                               |                              |
|---------------------------------------------------------------|------------------------------|
| Kuat tekan beton,                                             | $f_c' =$ 20 MPa              |
| Kuat leleh baja tulangan deform ( $\phi > 12 \text{ mm}$ ),   | $f_y =$ 390 MPa              |
| Kuat leleh baja tulangan polos ( $\phi \leq 12 \text{ mm}$ ), | $f_y =$ 240 MPa              |
| Berat beton bertulang,                                        | $w_c =$ 24 kN/m <sup>3</sup> |

**Tabel 8.** Data dimensi fondasi Strauss dengan jumlah tiang 4

|                                                    |                              |
|----------------------------------------------------|------------------------------|
| Lebar kolom arah x,                                | $b_x =$ 0.5 m                |
| Lebar kolom arah y,                                | $b_y =$ 0.5 m                |
| Jarak tiang pancang tepi terhadap sisi luar beton, | $a =$ 0.5 m                  |
| Tebal pilecap,                                     | $h =$ 1 m                    |
| Tebal tanah di atas pilecap,                       | $z =$ 0 m                    |
| Berat volume tanah di atas pilecap,                | $w_s =$ 18 kN/m <sup>3</sup> |
| Posisi kolom (dalam = 40, tepi = 30, sudut = 20)   | $\alpha_s =$ 40              |

**Tabel 9.** Data beban fondasi Strauss dengan jumlah tiang 4

|                                           |                        |
|-------------------------------------------|------------------------|
| Gaya aksial kolom akibat beban terfaktor, | $P_{uk} =$ 1774.33 kN  |
| Momen arah x akibat beban terfaktor,      | $M_{ux} =$ 589.59 kNm  |
| Momen arah y akibat beban terfaktor,      | $M_{uy} =$ 230.61 kNm  |
| Tahanan aksial tiang pancang,             | $\phi * P_n =$ 1070 kN |

## a) Gaya Aksial Pada Tiang Bor

Gaya aksial maksimum dan minimum pada tiang bor,

$$\begin{aligned} p_{umax} &= P_u / n + M_{ux} * x_{max} / \Sigma x^2 + M_{uy} * y_{max} / \Sigma y^2 \\ &= 1954.335 / 4 + 589.59 \times 0.75 / 2.25 + 230.61 \times 0.75 / 2.25 \\ &= 761.9837 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} p_{umin} &= P_u / n + M_{ux} * x_{min} / \Sigma x^2 + M_{uy} * y_{min} / \Sigma y^2 \\ &= 1954.335 / 4 + 589.59 \times -0.75 / 2.25 + 230.61 \times -0.75 / 2.25 \\ &= 215.1837 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\text{Syarat : } P_{umax} \leq \phi * P_n$$

$$761.984 < 1070 \text{ AMAN}$$

## b) Tinjauan Geser Arak X

Kuat geser pile cap arah x, diambil nilai terkecil dari  $V_c$  yang diperoleh dari pers. sbb. :

$$\begin{aligned}
 V_c &= [1 + 2 / \beta_c] * \sqrt{f_c'} * b * d / 6 * 10^{-3} \\
 &= (1 + 2 / 1) * \sqrt{20} * 2500 * 900 / 6 * 10^{-3} \\
 &= 5031.153 \text{ kN} \\
 V_c &= [\alpha_s * d / b + 2] * \sqrt{f_c'} * b * d / 12 * 10^{-3} \\
 &= (40 * 900 / 2500 + 2) * \sqrt{20} * 2500 * 900 / 12 * 10^{-3} \\
 &= 13751.82 \text{ kN} \\
 V_c &= 1 / 3 * \sqrt{f_c'} * b * d * 10^{-3} \\
 &= 1 / 3 * \sqrt{20} * 2500 * 900 * 10^{-3} \\
 &= 3354.102 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Diambil, kuat geser pile cap,  $V_c = 3354.102 \text{ kN}$

Faktor reduksi kekuatan geser,  $\phi = 0.75$

Kuat geser pile cap,

$$\begin{aligned}
 \phi * V_c &= 0.75 * 3354.102 \\
 &= 2515.576 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Syarat yang harus dipenuhi,

$$\phi * V_c \geq V_{ux}$$

$$2515.576 > 2252.951 \quad \text{AMAN (OK)}$$

c) Tinjauan Geser Arah Y

Kuat geser pile cap arah y, diambil nilai terkecil dari  $V_c$  yang diperoleh dari pers. sbb :

$$\begin{aligned}
 V_c &= [1 + 2 / \beta_c] * \sqrt{f_c'} * b * d / 6 * 10^{-3} \\
 &= (1 + 2 / 1) * \sqrt{20} * 2500 * 900 / 6 * 10^{-3} \\
 &= 5031.153 \text{ kN} \\
 V_c &= [\alpha_s * d / b + 2] * \sqrt{f_c'} * b * d / 12 * 10^{-3} \\
 &= (40 * 900 / 2500 + 2) * \sqrt{20} * 2500 * 900 / 12 * 10^{-3} \\
 &= 13751.82 \text{ kN} \\
 V_c &= 1 / 3 * \sqrt{f_c'} * b * d * 10^{-3} \\
 &= 1 / 3 * \sqrt{20} * 2500 * 900 * 10^{-3} \\
 &= 3354.102 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Diambil, kuat geser pile cap,  $V_c = 3354.102 \text{ kN}$

Faktor reduksi kekuatan geser,  $\phi = 0.75$

Kuat geser pile cap,

$$\begin{aligned}
 \phi * V_c &= 0.75 * 3354.102 \\
 &= 2515.576 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Syarat yang harus dipenuhi,

$$\phi * V_c \geq V_{ux}$$

$$2515.576 > 2252.95 \quad \text{AMAN (OK)}$$

6) Perhitungan Fondasi dengan Jumlah Tiang 6

**Tabel 10.** Data bahan pile cap pada fondasi Strauss dengan jumlah tiang 6

|                                                                    |          |                      |
|--------------------------------------------------------------------|----------|----------------------|
| Kuat tekan beton,                                                  | $f_c' =$ | 20 MPa               |
| Kuat leleh baja tulangan deform ( $\emptyset > 12 \text{ mm}$ ),   | $f_y =$  | 390 MPa              |
| Kuat leleh baja tulangan polos ( $\emptyset \leq 12 \text{ mm}$ ), | $f_y =$  | 240 MPa              |
| Berat beton bertulang,                                             | $w_c =$  | 24 kN/m <sup>3</sup> |

**Tabel 11.** Data dimensi fondasi Strauss dengan jumlah tiang 6

|                                                    |              |                      |
|----------------------------------------------------|--------------|----------------------|
| Lebar kolom arah x,                                | $b_x =$      | 0.5 m                |
| Lebar kolom arah y,                                | $b_y =$      | 0.5 m                |
| Jarak tiang pancang tepi terhadap sisi luar beton, | $a =$        | 0.5 m                |
| Tebal pilecap,                                     | $h =$        | 1 m                  |
| Tebal tanah di atas pilecap,                       | $z =$        | 0 m                  |
| Berat volume tanah di atas pilecap,                | $w_s =$      | 18 kN/m <sup>3</sup> |
| Posisi kolom (dalam = 40, tepi = 30, sudut = 20)   | $\alpha_s =$ | 40                   |

**Tabel 12.** Data beban fondasi Strauss dengan jumlah tiang 6

|                                           |                |            |
|-------------------------------------------|----------------|------------|
| Gaya aksial kolom akibat beban terfaktor, | $P_{uk} =$     | 3799 kN    |
| Momen arah x akibat beban terfaktor.      | $M_{ux} =$     | 510.20 kNm |
| Momen arah y akibat beban terfaktor.      | $M_{uy} =$     | 471.84 kNm |
| Tahanan aksial tiang pancang,             | $\phi * P_n =$ | 1070 kN    |

## a) Gaya Aksial pada Tiang Bor

Gaya aksial maksimum dan minimum pada tiang pancang,

$$\begin{aligned} p_{umax} &= P_u / n + M_{ux} * x_{max} / \Sigma x^2 + M_{uy} * y_{max} / \Sigma y^2 \\ &= 4113.496 / 6 + 510.20 \times 1.6 / 10.24 + 471.84 \times 0.8 / 3.84 \\ &= 863.6014 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} p_{umin} &= P_u / n + M_{ux} * x_{min} / \Sigma x^2 + M_{uy} * y_{min} / \Sigma y^2 \\ &= 4113.496 / 6 + 510.20 \times -1.6 / 10.24 + 471.84 \times -0.8 / 3.84 \\ &= 507.564 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Syarat : } P_{umax} &\leq \phi * P_n \\ 863.6014 &< 1070 \quad \text{AMAN} \end{aligned}$$

## b) Tinjauan Geser Arah X

Kuat geser pile cap arah x, diambil nilai terkecil dari  $V_c$  yang diperoleh dari pers. sbb. :

$$\begin{aligned} V_c &= [1 + 2 / \beta_c] * \sqrt{f_c'} * b * d / 6 * 10^{-3} \\ &= (1 + 2 / 1) \times \sqrt{20} \times 2600 \times 900 / 6 \times 10^{-3} \\ &= 5232.399 \text{ kN} \\ V_c &= [\alpha_s * d / b + 2] * \sqrt{f_c'} * b * d / 12 * 10^{-3} \\ &= (40 \times 900 / 2600 + 2) \times \sqrt{20} \times 2600 \times 900 / 12 \times 10^{-3} \\ &= 13818.9 \text{ kN} \\ V_c &= 1 / 3 * \sqrt{f_c'} * b * d * 10^{-3} \\ &= 1 / 3 \times \sqrt{20} \times 2600 \times 900 \times 10^{-3} \\ &= 3488.266 \text{ kN} \end{aligned}$$

Diambil, kuat geser pile cap,  $V_c = 3488.266 \text{ kN}$

Faktor reduksi kekuatan geser,  $\phi = 0.75$

$$\begin{aligned} \text{Kuat geser pile cap,} \\ \phi * V_c &= 0.75 \times 3488.266 \\ &= 2616.2 \text{ kN} \end{aligned}$$

Syarat yang harus dipenuhi,

$$\begin{aligned} \phi * V_c &\geq V_{ux} \\ 2616.2 &> 2503.444 \quad \text{AMAN (OK)} \end{aligned}$$

## c) Tinjauan Geser Arah Y

Kuat geser pile cap arah y, diambil nilai terkecil dari  $V_c$  yang diperoleh dari pers. sbb :

$$\begin{aligned} V_c &= [1 + 2 / \beta_c] * \sqrt{f_c'} * b * d / 6 * 10^{-3} \\ &= (1 + 2 / 1) \times \sqrt{20} \times 4200 \times 900 / 6 \times 10^{-3} \\ &= 8452.337 \text{ kN} \\ V_c &= [\alpha_s * d / b + 2] * \sqrt{f_c'} * b * d / 12 * 10^{-3} \\ &= (40 \times 900 / 4200 + 2) \times \sqrt{20} \times 4200 \times 900 / 12 \times 10^{-3} \\ &= 14892.21 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_c &= 1/3 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d \cdot 10^{-3} \\
 &= 1/3 \cdot \sqrt{20} \cdot 4200 \cdot 900 \cdot 10^{-3} \\
 &= 5634.891 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Diambil, kuat geser pile cap,

$$V_c = 5634.891 \text{ kN}$$

Faktor reduksi kekuatan geser,

$$\phi = 0.75$$

Kuat geser pile cap,

$$\begin{aligned}
 \phi \cdot V_c &= 0.75 \cdot 5634.891 \\
 &= 4226.168 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Syarat yang harus dipenuhi,

$$\phi \cdot V_c \geq V_{ux}$$

$$4226.168 > 2530.32 \text{ AMAN (OK)}$$

### 7) Perhitungan Fondasi dengan Jumlah Tiang 8

**Tabel 13.** Data bahan pile cap pada fondasi Strauss dengan jumlah tiang 8

|                                                                    |          |     |                   |
|--------------------------------------------------------------------|----------|-----|-------------------|
| Kuat tekan beton,                                                  | $f_c' =$ | 20  | MPa               |
| Kuat leleh baja tulangan deform ( $\emptyset > 12 \text{ mm}$ ),   | $f_y =$  | 390 | MPa               |
| Kuat leleh baja tulangan polos ( $\emptyset \leq 12 \text{ mm}$ ), | $f_y =$  | 240 | MPa               |
| Berat beton bertulang,                                             | $w_c =$  | 24  | kN/m <sup>3</sup> |

**Tabel 14.** Data dimensi fondasi Strauss dengan jumlah tiang 8

|                                                    |         |     |                   |
|----------------------------------------------------|---------|-----|-------------------|
| Lebar kolom arah x,                                | $b_x =$ | 0.8 | m                 |
| Lebar kolom arah y,                                | $b_y =$ | 0.6 | m                 |
| Jarak tiang pancang tepi terhadap sisi luar beton, | $a =$   | 0.5 | m                 |
| Tebal pilecap,                                     | $h =$   | 1   | m                 |
| Tebal tanah di atas pilecap,                       | $z =$   | 0   | m                 |
| Berat volume tanah di atas pilecap,                | $w_s =$ | 18  | kN/m <sup>3</sup> |
| Posisi kolom (dalam = 40, tepi = 30, sudut = 20)   | $a_s =$ | 40  |                   |

**Tabel 15.** Data beban fondasi Strauss dengan jumlah tiang 8

|                                           |                    |         |     |
|-------------------------------------------|--------------------|---------|-----|
| Gaya aksial kolom akibat beban terfaktor, | $P_u =$            | 4363.06 | kN  |
| Momen arah x akibat beban terfaktor,      | $M_{ux} =$         | 487.78  | kNm |
| Momen arah y akibat beban terfaktor,      | $M_{uy} =$         | 114.29  | kNm |
| Tahanan aksial tiang pancang,             | $\phi \cdot P_n =$ | 1070    | kN  |

#### a) Gaya Aksial pada Tiang Bor

Gaya aksial maksimum dan minimum pada tiang pancang,

$$\begin{aligned}
 p_{u\max} &= P_u / n + M_{ux} \cdot x_{\max} / \Sigma x^2 + M_{uy} \cdot y_{\max} / \Sigma y^2 \\
 &= 4759.061 / 8 + 487.78 \cdot 1.5 / 11.25 + 114.29 \cdot 0.75 / 4.5 \\
 &= 678.9683 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 p_{u\min} &= P_u / n + M_{ux} \cdot x_{\min} / \Sigma x^2 + M_{uy} \cdot y_{\min} / \Sigma y^2 \\
 &= 4759.061 / 8 + 487.78 \cdot -1.5 / 11.25 + 114.29 \cdot -0.75 / 4.5 \\
 &= 510.797 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\text{Syarat : } p_{u\max} \leq \phi \cdot P_n$$

$$678.9683 < 1070 \text{ AMAN}$$

#### b) Tinjauan Geser Arah X

Kuat geser pile cap arah x, diambil nilai terkecil dari  $V_c$  yang diperoleh dari pers. sbb. :

$$\begin{aligned}
 V_c &= [1 + 2 / \beta_c] \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d / 6 \cdot 10^{-3} = (1 + 2 / 1.3) \cdot \sqrt{20} \cdot 2500 \cdot 900 / 6 \cdot 10^{-3} \\
 &= 4192.627 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$V_c = [a_s \cdot d / b + 2] \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d / 12 \cdot 10^{-3}$$

$$= (40 \times 900 / 2500 + 2 \times \sqrt{20} \times 2500 \times 900 / 12 \times 10^{-3})$$

$$= 13751.82 \text{ kN}$$

$$V_c = 1 / 3 \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \times 10^{-3}$$

$$= 1 / 3 \times \sqrt{20} \times 2500 \times 900 \times 10^{-3}$$

$$= 3354.102 \text{ kN}$$

Diambil, kuat geser pile cap,  $V_c = 3354.102 \text{ kN}$

Faktor reduksi kekuatan geser,  $\phi = 0.75$

$$\text{Kuat geser pile cap, } \phi \times V_c = 0.75 \times 3354.102 = 2515.576 \text{ kN}$$

Syarat yang harus dipenuhi,

$$\phi \times V_c \geq V_{ux}$$

$$2515.576 > 1922.905 \text{ AMAN (OK)}$$

c) Tinjauan Geser Arah Y

Kuat geser pile cap arah y, diambil nilai terkecil dari  $V_c$  yang diperoleh dari pers. sbb :

$$V_c = [1 + 2 / \beta_c] \times \sqrt{f_c'} \times b \times d / 6 \times 10^{-3}$$

$$= (1 + 2 / 1.3) \times \sqrt{20} \times 5500 \times 900 / 6 \times 10^{-3}$$

$$= 9223.78 \text{ kN}$$

$$V_c = [\alpha_s \times d / b + 2] \times \sqrt{f_c'} \times b \times d / 12 \times 10^{-3}$$

$$= (40 \times 900 / 5500) + 2 \times \sqrt{20} \times 5500 \times 900 / 12 \times 10^{-3}$$

$$= 15764.28 \text{ kN}$$

$$V_c = 1 / 3 \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \times 10^{-3}$$

$$= 1 / 3 \times \sqrt{20} \times 5500 \times 900 \times 10^{-3}$$

$$= 7379.024 \text{ kN}$$

Diambil, kuat geser pile cap,

$$V_c = 7379.024 \text{ kN}$$

Faktor reduksi kekuatan geser,

$$\phi = 0.75$$

$$\text{Kuat geser pile cap, } \phi \times V_c = 0.75 \times 7379.024 = 5534.268 \text{ kN}$$

Syarat yang harus dipenuhi,  $\phi \times V_c \geq V_{ux}$

$$5534.268 > 1970.90 \text{ AMAN (OK)}$$

## 8) Perhitungan Fondasi dengan Jumlah Tiang 12

**Tabel 16.** Data bahan pile cap pada fondasi Strauss dengan jumlah tiang 12

|                                                               |          |     |                   |
|---------------------------------------------------------------|----------|-----|-------------------|
| Kuat tekan beton,                                             | $f_c' =$ | 20  | MPa               |
| Kuat leleh baja tulangan deform ( $\phi > 12 \text{ mm}$ ),   | $f_y =$  | 390 | MPa               |
| Kuat leleh baja tulangan polos ( $\phi \leq 12 \text{ mm}$ ), | $f_y =$  | 240 | MPa               |
| Berat beton bertulang,                                        | $w_c =$  | 24  | kN/m <sup>3</sup> |

**Tabel 17.** Data dimensi fondasi Strauss dengan jumlah tiang 12

|                                                    |              |     |                   |
|----------------------------------------------------|--------------|-----|-------------------|
| Lebar kolom arah x,                                | $b_x =$      | 0.8 | m                 |
| Lebar kolom arah y,                                | $b_y =$      | 0.6 | m                 |
| Jarak tiang pancang tepi terhadap sisi luar beton, | $a =$        | 0.8 | m                 |
| Tebal pilecap,                                     | $h =$        | 0.8 | m                 |
| Tebal tanah di atas pilecap,                       | $z =$        | 0   | m                 |
| Berat volume tanah di atas pilecap,                | $w_s =$      | 18  | kN/m <sup>3</sup> |
| Posisi kolom (dalam = 40, tepi = 30, sudut = 20)   | $\alpha_s =$ | 40  |                   |

**Tabel 18** Data beban fondasi Strauss dengan jumlah tiang 12

|                                           |                     |         |     |
|-------------------------------------------|---------------------|---------|-----|
| Gaya aksial kolom akibat beban terfaktor, | $P_{uk} =$          | 10355   | kN  |
| Momen arah x akibat beban terfaktor.      | $M_{ux} =$          | 448.98  | kNm |
| Momen arah y akibat beban terfaktor.      | $M_{uy} =$          | 823.469 | kNm |
| Tahanan aksial tiang pancang,             | $\phi \times P_n =$ | 1070    | kN  |

a) Gaya Aksial pada Tiang Bor

Gaya aksial maksimum dan minimum pada tiang pancang,

$$\begin{aligned} p_{\max} &= P_u / n + M_{ux} * x_{\max} / \Sigma x^2 + M_{uy} * y_{\max} / \Sigma y^2 \\ &= 11361.38 / 12 + 448.98 \times 2.5 / 46.875 + 823.469 \times 1.6 / 20.48 \\ &= 1035.061 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} p_{\min} &= P_u / n + M_{ux} * x_{\min} / \Sigma x^2 + M_{uy} * y_{\min} / \Sigma y^2 \\ &= 11361.38 / 12 + 448.98 \times -2.5 / 46.875 + 823.469 \times -1.6 / 20.48 \\ &= 858.5023 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Syarat : } P_{\max} &\leq \phi * P_n \\ 1035.061 &< 1070 \quad \text{AMAN (OK)} \end{aligned}$$

b) Tinjauan Geser Arah X

Kuat geser pile cap arah x, diambil nilai terkecil dari  $V_c$  yang diperoleh dari pers. sbb. :

$$\begin{aligned} V_c &= [1 + 2 / \beta_c] * \sqrt{f_c'} * b * d / 6 * 10^{-3} = (1 + 2 / 1.3) \times \sqrt{20} \times 4800 \times 700 / 6 \times 10^{-3} \\ &= 6260.99 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_c &= [\alpha_s * d / b + 2] * \sqrt{f_c'} * b * d / 12 * 10^{-3} \\ &= (40 \times 700 / 4800 + 2) \times \sqrt{20} \times 4800 \times 700 / 12 \times 10^{-3} \\ &= 9808.885 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_c &= 1 / 3 * \sqrt{f_c'} * b * d * 10^{-3} \\ &= 1 / 3 \times \sqrt{20} \times 4800 \times 700 \times 10^{-3} \\ &= 5008.792 \text{ kN} \end{aligned}$$

Diambil, kuat geser pile cap,

$$V_c = 5008.792 \text{ kN}$$

Faktor reduksi kekuatan geser,

$$\phi = 0.75$$

$$\text{Kuat geser pile cap, } \phi * V_c = 0.75 \times 5008.792 = 3756.594 \text{ kN}$$

Syarat yang harus dipenuhi,  $\phi * V_c \geq V_{ux}$

$$3756.594 > 2754.974 \quad \text{AMAN (OK)}$$

c) Tinjauan Geser Arah Y

Kuat geser pile cap arah y, diambil nilai terkecil dari  $V_c$  yang diperoleh dari pers. sbb. :

$$\begin{aligned} V_c &= [1 + 2 / \beta_c] * \sqrt{f_c'} * b * d / 6 * 10^{-3} \\ &= (1 + 2 / 1.3) \times \sqrt{20} \times 9100 \times 700 / 6 \times 10^{-3} \\ &= 11869.79 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_c &= [\alpha_s * d / b + 2] * \sqrt{f_c'} * b * d / 12 * 10^{-3} \\ &= (40 \times 700 / 9100) + 2 \times \sqrt{20} \times 9100 \times 700 / 12 \times 10^{-3} \\ &= 12052.41 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_c &= 1 / 3 * \sqrt{f_c'} * b * d * 10^{-3} \\ &= 1 / 3 \times \sqrt{20} \times 9100 \times 700 \times 10^{-3} \\ &= 9495.835 \text{ kN} \end{aligned}$$

Diambil, kuat geser pile cap,

$$V_c = 9495.835 \text{ kN}$$

Faktor reduksi kekuatan geser,

$$\phi = 0.75$$

Kuat geser pile cap,

$$\begin{aligned} \phi * V_c &= 0.75 \times 9495.835 \\ &= 7121.877 \text{ kN} \end{aligned}$$

Syarat yang harus dipenuhi,

$$\phi * V_c \geq V_{uy}$$

$$7121.877 > 2799.42 \quad \text{AMAN (OK)}$$

## 4.2 Rencana Anggaran Biaya

Dalam rencana Anggaran Biaya ini ada beberapa unsur sebagai acuan perhitungan, diantaranya adalah :

**Tabel 19.** Harga Satuan Upah

| KODE | URAIAN                | SATUAN | UPAH       | KETERANGAN |
|------|-----------------------|--------|------------|------------|
| L01  | Mandor                | OH     | 110,000.00 |            |
| L02  | Kepala Tukang Batu    | OH     | 90,000.00  |            |
| L03  | Kepala Tukang Kayu    | OH     | 90,000.00  |            |
| L04  | Kepala Tukang Besi    | OH     | 90,000.00  |            |
| L05  | Kepala Tukang Cat     | OH     | 90,000.00  |            |
| L06  | Kepala Tukang Listrik | OH     | 90,000.00  |            |
| L07  | Tukang Batu           | OH     | 85,000.00  |            |
| L08  | Tukang Kayu           | OH     | 85,000.00  |            |
| L09  | Tukang Besi/Baja      | OH     | 85,000.00  |            |
| L10  | Tukang Cat            | OH     | 85,000.00  |            |
| L11  | Tukang Listrik        | OH     | 85,000.00  |            |
| L16  | Pembantu Tukang       | OH     | 70,000.00  |            |
| L17  | Pekerja Biasa         | OH     | 70,000.00  |            |

**Tabel 20.** Harga Satuan Bahan

| BAHAN BANGUNAN                       | SATUAN         | HARGA        |
|--------------------------------------|----------------|--------------|
| Pasir Urug                           | m <sup>3</sup> | 120,000.00   |
| Pasir Pasang                         | m <sup>3</sup> | 140,000.00   |
| Pasir Cor                            | m <sup>3</sup> | 185,000.00   |
| Tanah Urug                           | m <sup>3</sup> | 110,000.00   |
| Batu Belah Kali                      | m <sup>3</sup> | 200,000.00   |
| Batu Kali                            | m <sup>3</sup> | 190,000.00   |
| Batu pecah mesin 2/3                 | m <sup>3</sup> | 230,000.00   |
| Portland Cement (PC) - 40 Kg         | kg             | 1,400.00     |
| Besi Beton Polos                     | kg             | 9,200.00     |
| Besi Beton Ulir                      | kg             | 9,750.00     |
| Kawat Beton/Bendrat RRT              | kg             | 23,000.00    |
| Sewa Excavator (Excavator 80-140 HP) | hari           | 3,574,606.49 |
| Sewa Mesin Bor                       | hari           | 1,350,000.00 |
| Sewa Kompresor (15-20 bar)           | hari           | 2,400,000.00 |
| Sewa Genset (15 KVA)                 | hari           | 1,000,000.00 |
| Sewa Pompa Tes                       | hari           | 4,000,000.00 |

**Tabel 21.** Rencana Anggaran Biaya Fondasi Strauss

| No.                             | URAIAN PEKERJAAN                     | VOLUME      | HARGA SATUAN (Rp.) | JUMLAH HARGA (Rp.)         |
|---------------------------------|--------------------------------------|-------------|--------------------|----------------------------|
| <b>I. PEKERJAAN PENDAHULUAN</b> |                                      |             |                    |                            |
| 1                               | Direksi keet                         | 15.00 m2    | Rp 1,535,256.25    | Rp 23,028,843.75           |
| 2                               | Pagar sementara tinggi 2m dari seng  | 85.50 m1    | Rp 580,728.50      | Rp 49,652,286.75           |
| 3                               | Pengukuran & bouwplank               | 196.10 m1   | Rp 107,503.00      | Rp 21,081,338.30           |
| 4                               | Pekerjaan pembersihan                | 1.00 ls     | Rp 6,000,000.00    | Rp 6,000,000.00            |
| 5                               | Pekerjaan pembongkaran               | 1.00 ls     | Rp 100,000,000.00  | Rp 100,000,000.00          |
| 6                               | Pekerjaan pembuangan pembongkaran    | 1.00 ls     | Rp 35,000,000.00   | Rp 35,000,000.00           |
| 7                               | Pemindahan genset                    | 1.00 ls     | Rp 5,000,000.00    | Rp 5,000,000.00            |
|                                 |                                      |             | <b>Sub Total</b>   | <b>Rp 239,762,468.80</b>   |
| <b>II PEKERJAAN TANAH</b>       |                                      |             |                    |                            |
| 1                               | Galian tanah pile cap                | 391.65 m3   | Rp 74,745.00       | Rp 29,273,879.25           |
| 2                               | Galian strauss dia 60 cm             | 3,144.00 m' | Rp 109,010.00      | Rp 342,727,440.00          |
| 3                               | Galian tanah pondasi batu kali       | 159.24 m3   | Rp 74,745.00       | Rp 11,902,393.80           |
| 4                               | Galian tanah bawah lift              | 162.00 m3   | Rp 74,745.00       | Rp 12,108,690.00           |
| 5                               | Urugan kembali tanah pile cap        | 64.50 m3    | Rp 44,550.00       | Rp 2,873,475.00            |
| 6                               | Urugan kembali tanah pondasi batu ka | 99.24 m3    | Rp 44,550.00       | Rp 4,421,253.38            |
| 7                               | Urugan pasir bawah pile cap          | 14.93 m3    | Rp 182,710.00      | Rp 2,726,946.75            |
| 8                               | Urugan pasir bawah pondasi batu kali | 9.96 m3     | Rp 182,710.00      | Rp 1,819,791.60            |
|                                 |                                      |             | <b>Sub Total</b>   | <b>Rp 407,853,869.78</b>   |
| <b>III PEKERJAAN PONDASI</b>    |                                      |             |                    |                            |
| 1                               | Pondasi batu kali                    | 52.62 m3    | Rp 719,499.00      | Rp 37,858,238.63           |
| 2                               | Lantai kerja, t= 10 cm pile cap      | 29.85 m3    | Rp 796,906.00      | Rp 23,787,644.10           |
| 3                               | Lantai kerja, t= 10 cm sloof         | 13.70 m3    | Rp 796,906.00      | Rp 10,918,409.11           |
| 4                               | Lantai kerja, t= 10 cm bawah lantai  | 119.60 m3   | Rp 796,906.00      | Rp 95,310,672.82           |
| 5                               | Aanstamping                          | 7.38 m3     | Rp 426,129.00      | Rp 3,144,832.02            |
| 6                               | Pasang saluran Buis Beton U = 30 cm  | 143.00 m'   | Rp 169,059.42      | Rp 24,175,497.56           |
|                                 |                                      |             | <b>Sub Total</b>   | <b>Rp 195,195,294.24</b>   |
| <b>IV PEKERJAAN BETON</b>       |                                      |             |                    |                            |
| 1                               | Pondasi strous Ø 60 cm               | 395.09 m3   | Rp 2,704,431.88    | Rp 1,068,485,045.02        |
| 2                               | Balok sloof 30/50                    | 68.51 m3    | Rp 4,437,004.69    | Rp 303,957,006.24          |
| 3                               | Balok sloof 20/30 (KM lantai 1)      | 2.52 m3     | Rp 4,637,044.94    | Rp 11,685,353.25           |
| 4                               | Beton Pile Cap P1                    | 103.50 m3   | Rp 5,499,209.98    | Rp 569,168,232.93          |
| 5                               | Beton Pile Cap P2                    | 48.00 m3    | Rp 5,582,304.42    | Rp 267,950,612.16          |
| 6                               | Beton Pile Cap P3                    | 42.00 m3    | Rp 5,457,662.76    | Rp 229,221,835.92          |
| 7                               | Beton Pile Cap P4                    | 40.50 m3    | Rp 4,729,637.84    | Rp 191,550,332.66          |
| 8                               |                                      |             | <b>Sub Total</b>   | <b>Rp 2,642,018,418.18</b> |

**Tabel 22.** Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya Fondasi Strauss

| No.                                                                          | URAIAN PEKERJAAN              | TOTAL BIAYA<br>(Rp.)       |
|------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| A.                                                                           | <b>PEKERJAAN ARSITEKTURAL</b> |                            |
|                                                                              | PEKERJAAN PENDAHULUAN         | Rp 239,762,468.80          |
|                                                                              | PEKERJAAN TANAH               | Rp 407,853,869.78          |
|                                                                              | PEKERJAAN PONDASI             | Rp 195,195,294.24          |
|                                                                              | PEKERJAAN BETON               | Rp 2,642,018,418.18        |
|                                                                              |                               | <b>Rp 3,484,830,050.99</b> |
|                                                                              | JUMLAH                        | <b>Rp 3,484,830,050.99</b> |
|                                                                              | PPN 10 %                      | <b>Rp 348,483,005.10</b>   |
|                                                                              | JUMLAH TOTAL BIAYA            | <b>Rp 3,833,313,056.09</b> |
|                                                                              | TOTAL DIBULATKAN              | <b>Rp 3,833,300,000.00</b> |
| Terbilang :                                                                  |                               |                            |
| <b>Tiga Milyar Delapan Ratus Tiga Puluh Tiga Juta Tiga Ratus Ribu Rupiah</b> |                               |                            |

## 5. KESIMPULAN

Daya dukung fondasi dengan menggunakan 4 tiang adalah sebesar 761.98 kN, Fondasi dengan menggunakan 6 tiang adalah sebesar 863.60 kN, Fondasi dengan menggunakan 8 tiang adalah sebesar 678.97 kN dan Fondasi yang menggunakan 12 tiang adalah sebesar 1035.061kN. Biaya fondasi Strauss yang dibutuhkan dalam Proyek Pembangunan Pengembangan Gedung Kampus II Universitas Widyagama Malang adalah sebesar Rp.3,833,300,000.00

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. Mustofa, S. Winarto, and A. Ridwan, "Perencanaan Pondasi Tiang Pancang Pada Gedung Universitas Tulungagung," *Jurnal Manajemen Teknologi & Teknik Sipil*, vol. 1, no. 2, pp. 216–226, 2018.
- [2] W. I. Ervianto, *Manajemen proyek konstruksi*. Yogyakarta: Andi, 2005.
- [3] Ir. S. Sosrodarsono and K. Nakazawa, *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*, Cetakan Ketujuh. Jakarta: PT Pradnya Paramita, 2000.
- [4] G. S. Budi, *Pondasi Dangkal*. Yogyakarta: Andi, 2011.
- [5] A. T. Sudjipto, "Studi Kapasitas Dukung Tiang Pancang Dengan Menggunakan Penetrometer Statis dan Dinamis," in *Prosiding Seminar Nasional Pasca Sarjana III*, Surabaya, 2003, pp. H3-1 s/d H3-5.
- [6] H. C. Hardiyatmo, "Analisis dan Perancangan Fondasi bagian II," *Gadja Mada University press, Yogyakarta*, 2010.
- [7] SNI 2827:2008, "Cara Uji Penetrasi Lapangan Dengan Alat Sondir." Badan Standarisasi Nasional ICS 93.020, 2008, Accessed: Feb. 26, 2021. [Online]. Available: [http://nspkjembatan.pu.go.id/public/uploads/TahapPerancangan/SNI/1511091995\(11\)\\_sni\\_2827-2008.pdf](http://nspkjembatan.pu.go.id/public/uploads/TahapPerancangan/SNI/1511091995(11)_sni_2827-2008.pdf).
- [8] Ir. V. Sunggono, *Buku Teknik Sipil*. NOVA, 1984.
- [9] J. Bowles, "Foundation analysis and design, McGraw-Hill International Editions, Singapore," 1988.
- [10] A. Haris, "Studi perbandingan pondasi batu kali, pondasi Strauss dan pondasi plat setempat rumah tinggal 2 Lantai tipe 85/72 dilihat dari biaya, waktu, dan Metode pelaksanaan," 2015, vol. 13.
- [11] SNI 1727:2013, "Beban Minimum Untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain." Badan Standarisasi Nasional, 2013, Accessed: Feb. 26, 2021. [Online]. Available: <http://staffnew.uny.ac.id/upload/132256207/pendidikan/sni-1727-2013.pdf>.
- [12] H. C. Hardiyatmo, *Mekanika Tanah I*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama, 2002.

- [13] F. Borgias, “Studi Perencanaan Pondasi Gabungan Antara Pondasi Telapak Menerus Dengan Pondasi Strauss Pada Pembangunan Gedung Perkuliahan Kampus 2 Universitas Muhammadiyah Malang,” Institut Teknologi Nasional, Malang, 2013.
- [14] BSN, “Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung SNI–1726–2002.” Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah. Bandung, 2002.
- [15] N. A. S. Jannah, “Studi Perencanaan Pondasi Strauss Pada Proyek Gedung Kampus II Universitas Widyagama Malang,” Undergraduated Thesis, Universitas Muhammadiyah Malang, Malang, 2020.
- [16] H. C. Hardiyatmo, *Mekanika Tanah Jilid II*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, 2003.
- [17] L. Sintyawati, S. Winarto, A. Ridwan, and A. I. Candra, “Studi Perencanaan Struktur Pondasi Tiang Pancang Gedung Fakultas Syariah IAIN Ponorogo,” *Jurnal Manajemen Teknologi & Teknik Sipil*, vol. 1, no. 2, pp. 227–237, 2018.
- [18] R. Rizaludin, S. Winarto, and A. Ridwan, “Perencanaan Pondasi Tiang Pancang Gedung Pasca Sarjana Fakultas Teknik Universitas Kediri,” *Jurnal Manajemen Teknologi & Teknik Sipil*, vol. 3, no. 1, pp. 55–64, 2020.