

# **Analisis Retaining Wall dengan Sistem Rangka menggunakan Plat Precast**

Laras Laila Lestari<sup>1</sup>, Jaka Propika<sup>2</sup>, Dita Kamarul Fitriyah<sup>3</sup>, dan Yanisfa Septiarsilia<sup>4</sup>

Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya<sup>1,2,3,4</sup>

e-mail: [laraslaila.lestari@itats.ac.id](mailto:laraslaila.lestari@itats.ac.id)

## **ABSTRACT**

*The planning of a construction is closely related to the soil, so it is very important to maintain the stability of the soil that has a level difference. A retaining wall should be built to overcome this problem. However, for land contours that have a level difference of more than 10 meters, a retaining wall with a large volume of concrete or stone will be required. In addition, the use of sheet piles also has limitations, so it is necessary to find an alternative retaining wall by using a steel frame.*

*In planning a retaining wall with steel frame construction, it is necessary to analyze the need for steel profiles using the SAP2000 program. The force obtained for the analysis of the frame and precast slab is derived from the calculation of the maximum lateral earth pressure. Retaining walls must be resistant to overturning and shear forces, so it is necessary to analyze the piles to withstand the axial and shear forces due to the maximum lateral earth pressure.*

*From the analysis that has been carried out, the reinforcement of the retaining wall of the steel frame system is obtained with a height of 12 meters. The dimensions of the precast plate used are 4m long x 1.5m wide x 0.30m thick with an H 350.350.19.21 steel profile. The reinforcement structure uses piles as the foundation, hence, it is able to overcome the limitations of sheet piles and the need for larger volumes of stone or concrete. In addition, the results of the analysis generate a precast product ready to be used as a retaining wall.*

**Kata kunci:** retaining wall, steel construction, precast plate, soil lateral load

## **ABSTRAK**

Perencanaan suatu konstruksi erat kaitannya dengan tanah, sehingga sangat penting untuk menjaga kestabilan tanah yang memiliki perbedaan elevasi yang tinggi. Salah satu cara yang dilakukan adalah membangun dinding penahan tanah. Namun untuk kontur tanah yang memiliki beda elevasi lebih dari 10 meter, akan membutuhkan dinding penahan tanah dengan volume beton atau batu kali yang sangat banyak. Selain itu penggunaan *sheetpile* juga memiliki keterbatasan, sehingga perlu mencari alternatif dinding penahan yaitu dengan menggunakan rangka baja..

Dalam merencanakan dinding penahan tanah dengan konstruksi rangka baja perlu dianalisis kebutuhan profil baja dengan menggunakan program bantu SAP2000. Gaya yang didapat untuk analisis rangka dan pelat *precast* berasal dari perhitungan gaya lateral tanah maksimum. Dinding penahan tanah harus tahan terhadap gaya guling dan geser, sehingga perlu dilakukan analisis tiang pancang untuk menahan gaya aksial dan geser akibat dari gaya lateral tanah maksimum.

Dari analisis yang telah dilakukan maka didapat kekuatan dinding penahan sistem rangka baja dengan tinggi 12 meter. Dimensi pelat *precast* yang digunakan adalah Panjang 4m x lebar 1,5m x tebal 0,30m dengan profil baja H 350.350.19.21. struktur kekuatan menggunakan tiang pancang sebagai pondasinya, sehingga mampu mengatasi keterbatasan *sheetpile* serta kebutuhan batu kali atau beton dengan volume yang besar. Selain itu hasil analisis yang dilakukan menghasilkan sebuah produk precast untuk digunakan sebagai dinding penahan tanah.

**Kata kunci:** dinding penahan tanah, konstruksi rangka baja, pelat precast, gaya lateral tanah.

## PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi telah memberikan dampak yang besar pada setiap bidang ilmu, salah satunya adalah ilmu dibidang Teknik Sipil. Perencanaan suatu konstruksi bangunan selalu berkaitan dengan tanah, maka dari itu sangat penting untuk menjaga kestabilan tanah yang memiliki perbedaan elevasi. Salah satu cara yang dilakukan untuk menjaga kestabilan tanah akibat kelongsoran adalah dengan membangun dinding penahan tanah. Dinding penahan merupakan salah satu struktur yang berfungsi untuk menjaga kestabilan dari suatu tanah, agar tanah timbunan tidak bergerak atau longsor. Tingginya timbunan tanah dibelakang dinding penahan cenderung menimbulkan geser dan momen guling pada struktur tanah. Struktur dinding penahan tanah juga kerap ditemui pada bagian abutment jembatan serta sebagai struktur dinding besement pada struktur gedung bertingkat [1].

Tanah sebagai dasar berdirinya satu pekerjaan konstruksi sering mengalami masalah pergerakan tanah, terutama terjadi pada tanah-tanah dengan kondisi lunak [2]. Dalam mendesain dinding penahan tanah, selain merencanakan dimensi yang akan digunakan, kestabilan dinding penahan tanah juga harus ditinjau terhadap gaya-gaya eksternal yang terjadi. Untuk melakukan analisa gerakan pada pondasi dan kasus gempa dalam teknik sipil diperlukan karakteristik dari propertis dinamika tanah. Dalam menganalisis beban dinamik pada struktur bangunan juga diperlukan ilmu tentang respon sistem struktur tanah terhadap beban dinamik[3]. Kestabilan dinding penahan tanah meliputi kestabilan guling, kestabilan geser, dan kestabilan daya dukung tanah. Pembangunan dinding penahan tanah yang umum digunakan terbuat dari beton maupun batu kali, namun untuk pembangunan dinding penahan tanah yang memiliki ketinggian lebih dari 7 meter akan membutuhkan material beton maupun batu kali yang sangat banyak dan lama dalam pelaksanaan konstruksinya. Saat ini banyak pembangunan jalan yang memiliki beda elevasi yang cukup tinggi kurang lebih mencapai 12 meter dan pembuatan basement yang memiliki tingkat hingga 2-3 lantai kebawah dengan kedalaman lebih dari 10 meter. Panjang sheetpile yang ada juga memiliki panjang yang terbatas. Oleh karena itu dibutuhkan alternatif desain dinding penahan tanah yang mempertimbangkan bahan. Penelitian ini membahas tentang dinding penahan tanah precast dengan sistem rangka yang diharapkan mampu menahan gaya-gayanya serta dapat mengurangi volume beton atau batu kali.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Data Tanah

Penentuan jenis tanah pada Penelitian ini adalah menggunakan data trial. Sehingga diharapkan dinding penahan tanah pelat precast dengan sistem rangka dapat digunakan di segala jenis kondisi tanah baik pasir maupun lempung. Oleh karena itu, jenis material tanah yang digunakan diambil menurut para peneliti sebelumnya seperti pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Hubungan Sudut Geser dalam Dengan Jenis Tanah

| Type                               | Soil Description                                 | Friction angle (Degrees) |
|------------------------------------|--|--------------------------|
| Cohesionless compacted broken rock | Soft sedimentary (Chalk, shale, Siltstone, coal) | 30-40                    |
|                                    | Hard sedimentary (conglomerate, sandstone)       | 35-45                    |
|                                    | Metamorphic                                      | 35-45                    |
|                                    | Igneus   | 40-50                    |
|                                    | Very loose                                       | 30-34                    |

|                             |                               |       |
|-----------------------------|-------------------------------|-------|
| <i>Cohesioneless gravel</i> | <i>Loose</i>                  | 30-34 |
|                             | <i>Medium dense</i>           | 34-39 |
|                             | <i>Dense</i>                  | 39-44 |
|                             | <i>Very dense</i>             | 44-49 |
| <i>Cohesioneless sands</i>  | <i>Loose</i>                  | 27-30 |
|                             | <i>Medium Dense</i>           | 32-37 |
|                             | <i>Dense</i>                  | 37-42 |
|                             | <i>Very dense</i>             | 42-47 |
|                             | <i>Loose Uniformly graded</i> | 27-30 |
|                             | <i>Well graded Dense</i>      | 30-32 |
|                             | <i>Uniformly graded</i>       | 37-40 |
|                             | <i>Well graded</i>            | 40-42 |
| <i>Cohesive</i>             | <i>Soft organic</i>           | 10-20 |
|                             | <i>Soft non organic</i>       | 15-25 |
|                             | <i>Stiff</i>                  | 20-30 |
|                             | <i>Hard</i>                   | 25-30 |

Sumber: [4]

Tabel 2. Korelasi nilai NSPT dengan karakteristik tanah

|            |                      | <i>Cohesioneless Soil / Sol Pulverulent</i> |              |               |              |                   |
|------------|----------------------|---|--------------|---------------|--------------|-------------------|
| N          | (Blows)              | 0-3   | 4-10         | 11-30         | 31-50        | >50               |
| $\gamma$   | (KN/m <sup>3</sup> ) | -   | 12-16        | 14-18         | 16-20        | 18-23             |
| $\phi$     | 0                    | -   | 25-32        | 28-36         | 30-40        | >35               |
| State      |                      | <i>Very Loose</i>                           | <i>Loose</i> | <i>Medium</i> | <i>Dense</i> | <i>Very Dense</i> |
| Dr         | (%)                  | 0-15  | 15-35        | 35-65         | 65-85        | 85-100            |
|            |                      | <i>Cohesive Soil / Sol Coherent</i>         |              |               |              |                   |
| N          | (Blows)              | < 4   | 4-6          | 6-15          | 16-25        | > 25              |
| $\gamma$   | (KN/m <sup>3</sup> ) | 14-18                                       | 16-18        | 16-18         | 16-20        | > 20              |
| qu         | (kPa)                | < 25  | 20-50        | 30-60         | 40-200       | > 100             |
| Cosistency |                      | Very Soft                                   | Soft         | Medium        | Stiff        | Hard              |

Sumber:[5]

## Tekanan Tanah Lateral

Tekanan tanah lateral dijumpai di berbagai struktur Teknik sipil seperti: dinding penahan tanah, turap, dinding diafragma, saluran dan lain-lain. Pada beberapa kasus, persoalan tekanan tanah menjadi persoalan statik tak tentu dan sulit ditentukan dengan pasti tergantung pada kondisi tanah, interaksi antara struktur dengan tanah dan juga merupakan fungsi dari defleksi dan deformasi dari strukturnya.

- Tekanan Tanah Diam ( Earth pressure at rest )

Deposit tanah dianggap sebagai isotropik, homogen dan elastik. Tanah dapat berubah dalam arah vertikal oleh beban, namun tidak dapat berubah dalam arah horizontal. Jika modulus elastik dari massa tanah adalah  $E$  dan poisson rasio  $\nu$ , dan  $\sigma_V$  dan  $\sigma_H$  tegangan arah vertikal dan horizontal pada kedalaman  $z$ ,  $P_0$  didefinisikan sebagai tekanan tanah dalam keadaan diam, maka dapat ditunjukkan bahwa :

$$\sigma_h = K_0 \cdot \sigma_v \dots (1)$$

Dimana :

$$K_0 = \frac{\nu}{1-\nu}$$

$$\sigma_v = \gamma z$$

- Tekanan Tanah Rankine

Rankine mengembangkan tekanan tanah yang sangat sederhana. Teori rankine berdasarkan *state of equilibrium*, yang kemudian Rankie membuat persamaan tekanan tanah, khususnya koefisien tekanan tanah aktif ( $K_a$ ), berdasarkan pada kondisi yang paling sederhana yaitu :

- Dinding penahan tanah vertikal
- Permukaan dinding tanah licin (tidak ada gesekan antara dinding dengan tanah).
- Permukaan tanah datar

Dari anggapan-anggapan tersebut, Rankine menurunkan persamaan koefisien tekanan tanah aktif ( $K_a$ ), Menjadi :

$$K_a = \frac{1-\sin\theta}{1+\sin\theta} = \tan^2 \left( 45^\circ - \frac{\theta}{2} \right) \dots (2)$$

Sedangkan tanah pasif ( $K_p$ ) :

$$K_a = \frac{1+\sin\theta}{1-\sin\theta} = \tan^2 \left( 45^\circ + \frac{\theta}{2} \right) \dots (3)$$

Pada tanah berpasir tidak kohesif, besarnya gaya lateral pada satuan lebar dinding akibat tekanan tanah aktif pada dinding setinggi  $H$  dapat dinyatakan dengan :

$$\Sigma p_a : 0,5 \times H \times \gamma \times K_a \dots (4)$$

Dimana :

$K_a$  : koefisien tekanan tanah aktif

$q$  : Beban terbagi rata (KN m)

$H$  : Tinggi dinding penahan tanah

$\gamma_b$  : Berat jenis tanah (KN m)

## Desain Retaining Wall

Dinding penahan tanah adalah dinding yang dapat menahan tekanan tanah lateral yang kemiringannya vertikal atau mendekati vertical. Bangunan ini biasanya digunakan di beberapa proyek konstruksi, terutama pada proyek pembangunan jalan dan jembatan[6].

Ada 2 (dua) tahap dalam desain dinding penahan tanah[6], yaitu :

1. Analisa perhitungan tekanan tanah lateral, selanjutnya periksa stabilitas terhadap guling (overturning stability), geser (sliding stability) dan keruntuhan daya dukung (bearing, capacity failure).
2. Periksa setiap komponen konstruksi untuk kekuatan struktur, periksa tegangan geser dan tegangan tekan yang diinginkan.

### Beton Precast

Beton pracetak adalah teknologi konstruksi struktur beton dengan komponen penyusun yang dicetak terlebih dahulu pada suatu tempat khusus, terkadang komponen-komponen tersebut disusun dan disatukan terlebih dahulu, dan selanjutnya dipasang di lokasi (instalation). Dengan demikian sistem pracetak ini akan berbeda dengan konstruksi monolit terutama pada aspek perencanaan yang tergantung atau ditentukan pula oleh metoda pelaksanaan dari fabrikasi, penyatuan dan pemasangannya, serta ditentukan oleh teknis perilaku sistem pracetak dalam hal cara penyambungan antar komponen.

### Penulangan Pelat

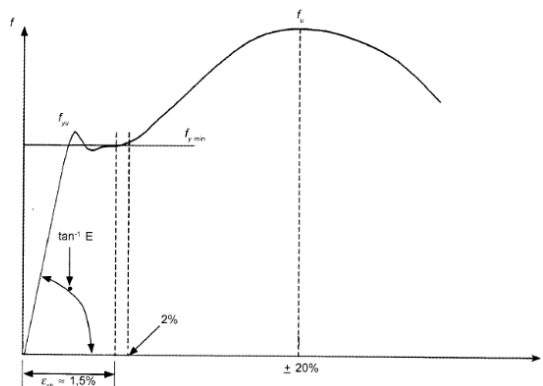
Perhitungan penulangan pelat akan direncanakan dalam 2 tahap yaitu pertama penulangan sebelum komposit dan kedua penulangan setelah komposit, untuk kemudian dipilih tulangan yang layak untuk digunakan, yaitu dengan memperhitungkan tulangan yang paling kritis diantara kedua kondisi diatas.

Tahapan yang akan digunakan untuk menentukan tulangan lentur pelat pracetak antara lain :

- a. Menentukan data-data  $d$ ,  $F_y$ ,  $f'_c$  dan  $M_u$
- b. Menentukan batas rasio tulangan dan menghitung rasio tulangan yang disyaratkan.

### Baja Struktural

Agar dapat memahami perilaku suatu struktur baja, maka seorang ahli struktur harus memahami pula sifat-sifat mekanik dari baja. Kurva Hubungan antara Tegangan dan Regangan pada material baja dapat dilihat pada Gambar 1. Model pengujian yang paling tepat untuk mendapatkan sifat-sifat mekanik dari material baja adalah dengan melakukan uji Tarik terhadap suatu benda uji baja. Pada penelitian ini, Perencanaan Struktur Baja menggunakan perhitungan sesuai dengan SNI 03-1729-2002 [7]. Kuat tekan beton sangat erat kaitannya dengan tegangan dan regangan yang terjadi pada beton. Kuat tekan beton diwakili oleh tegangan tekan maksimum beton ( $f'_c$ ), pada saat regangan beton mencapai nilai  $\pm 0,002$  [8]. Terdapat dua metode yang sering digunakan dalam perencanaan struktur baja yaitu Allowable Stress Design/ASD dan Load and Resistance Factor Design/LRFD). Metode ASD dalam perencanaan struktur baja telah digunakan dalam kurun waktu kurang lebih 100 tahun [9]. Dalam penelitian ini akan digunakan Perencanaan LRFD.



Gambar 1. Kurva Hubungan Tegangan Vs Regangan.

Sumber : [1]

Dalam perencanaan struktur baja, [7] mengambil beberapa sifat-sifat mekanik dari material baja yang sama yaitu :

|                                  |  |
|----------------------------------|--|
| Modulus Elastisitas, E           | = 200.000 MPa                          |
| Modulus Geser, G                 | = 80.000 MPa                           |
| Angka Poisson                    | = 0,30                                 |
| Koefisien Muai Panjang, $\alpha$ | = $12.10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}$ |

Tabel 3. Sifat-Sifat Mekanis Baja Struktural

| Jenis Baja | Tegangan Putus        | Tegangan Leleh        | Regangan Minimum |
|------------|-----------------------|-----------------------|------------------|
|            | Minimum (fu)<br>(MPa) | Minimum (fy)<br>(MPa) |                  |
| BJ 34      | 340                   | 210                   | 22               |
| BJ 37      | 370                   | 240                   | 20               |
| BJ 41      | 410                   | 250                   | 18               |
| BJ 50      | 500                   | 290                   | 16               |
| BJ55       | 550                   | 410                   | 13               |

Sumber: [7]

### Pondasi Tiang Pancang

Dalam melakukan perencanaan dimensi tiang pancang maka data yang dibutuhkan seperti data tanah, data pembebanan dan spesifikasi tiang pancang yang digunakan, data tanah dapat berupa hasil penyelidikan di lapangan (NSPT atau Boring).perencanaan dimensi tiang pancang lebih praktis dapat menggunakan tiang pancang dengan bentuk bulat atau bentuk persegi. Kedalaman yang diperhitungkan sebagai analisis dapat dilakukan sedalam lapisan tanah. Sehingga perencanaan dimensi tiang pancang adalah berdasarkan diameter (D).

Perhitungan Daya Dukung Tiang Metode Mayerhoff

Daya dukung limit untuk pasir mayerhof terdiri dari gabungan antara term titik (Point) dan term lekatan (lateral friction)

Persamaan dari mayerhof (1956) adalah :

Tanah lempung :

$$QL = Qp + Qs = 9 \times Cu \times Ap + \alpha \times Cu \times Ap \dots (5)$$

Tanah Pasir :

$$QL = Qp + Qs = 4 \cdot N \cdot Ap + (\pi \cdot B \cdot D) / 50 \cdot Ns \dots (6)$$

Dengan:

QL = Daya dukung tanah maksimum (ton)

N = Harga SPT di dasar pondasi

Nav = Harga N rata-rata di sepanjang tiang yang tertanam (D)

Ap = Area of pile base (m<sup>2</sup>) =  $\pi \cdot D^2 / 4$

As = Luas sedalam tiang tertanam (m<sup>2</sup>)

### Perhitungan Daya Dukung Tarik

Daya Dukung Tarik dihitung berdasarkan rumus :

$$QL = Qs + W_{tiang} \dots (7)$$

### Pondasi Pile Cap

Untuk memikul suatu beban kolom yang cukup berat, terkadang tidak cukup hanya digunakan satu buah tiang pancang saja. Guna menyatukan tiang pancang yang jumlahnya lebih dari satu, maka diperlukan suatu struktur pilecap yang fungsinya untuk mendistribusikan beban dari kolom ke masing-masing tiang pancang.

Perhitungan momen lentur dan gaya geser pada pilecap didasarkan pada asumsi bahwa reaksi dari masing-masing tiang pancang terpusat pada pusat berat penampang tiang pancang [10] Ketebalan Minimum dari sebuah pilecap ditentukan sebesar 300mm sesuai [10] untuk mentransfer beban dengan baik ke lapisan tanah, maka jarak antar tiang pancang dibatasi minimal sebesar 3 kali diameter tiang pancang, perhitungan pilecap dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$Vu = \frac{Pu}{n} \dots (8)$$

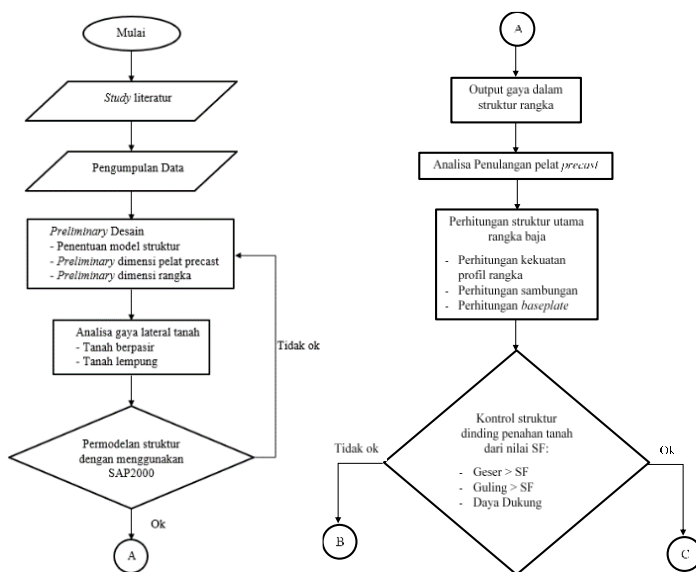
Dengan:

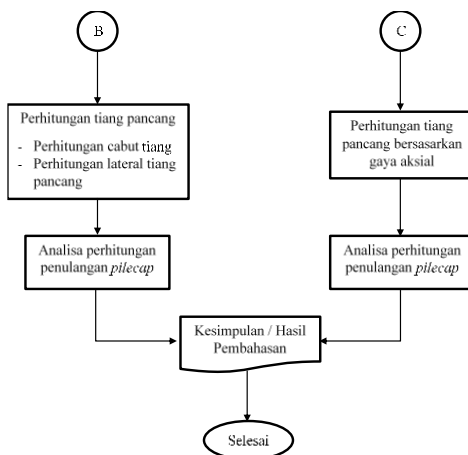
$Vu$  = Reaksi masing-masing tiang pancang

$n$  = Jumlah tiang pancang

## METODE

Gambar 2 menjelaskan mengenai metode analisis dinding penahan menggunakan system rangka. Konsep struktur dinding penahan tanah ini adalah dengan pelat precast dan sistem rangka baja sebagai struktur utama dalam menahan gaya-gaya lateral tanah, kemudian gaya-gaya yang terjadi pada rangka akan diteruskan ke pilecap dan tiang pancang. Dan untuk pemodelan analisis struktur dibantu dengan program bantu SAP2000. Setelah didapat hasil analisis struktur berupa gaya-gaya dalam yang terjadi struktur seperti gaya aksial, momen, geser dan torsi dilanjutkan dengan perhitungan manual untuk pelat precast, profil baja untuk sistem rangka, sambungan baja, kemudian pilecap dan tiang pancang.





Gambar 2. Diagram Alir Penelitian (flowchart).

### Perhitungan Struktur Utama Rangka Baja

Tahap selanjutnya adalah perhitungan rangka utama dari baja yang gaya-gaya nya didapat dari output program SAP2000. Analisis perhitungan struktur meliputi batang Tarik, batang tekan, sambungan baja dan perhitungan baseplate yang mengacu pada pada[7].

### Kontrol Struktur Dinding Penahan Tanah

Setelah perhitungan dilakukan dan mendapatkan bentuk struktur penahan tanah precast dengan sistem rangka maka perlu dikontrol perhitungan manual terhadap geser dan guling sebagai syarat dinding penahan tanah. Jika kontrol memenuhi maka perhitungan tiang pancang didasarkan pada gaya aksial yang terjadi, namun jika tidak memenuhi maka perlu dilakukan perhitungan cabut tiang (pull out) dan perhitungan lateral tiang pancang, sehingga kontrol stabilitas dinding penahan tanah memenuhi syarat lebih dari SF (1,5).

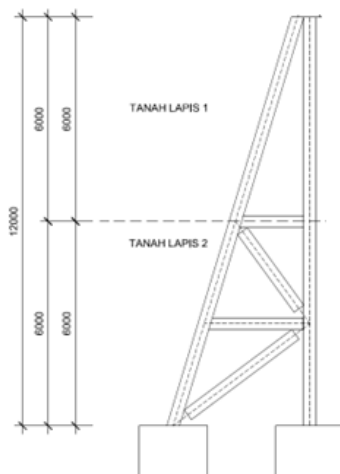
### Perhitungan Kebutuhan Tiang Pancang

Perhitungan kebutuhan tiang pancang didasarkan dari nilai gaya aksial Ultimate ( $P_u$ ) yang telah dianalisa menggunakan program SAP2000. Perhitungan tiang pancang juga meliputi perhitungan gaya lateral tiang dan cabut tiang (pull out).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam perancangan ini, dinding penahan tanah sistem rangka dengan pelat precast diharapkan dapat digunakan dalam berbagai jenis kondisi tanah baik tanah lempung maupun pasir. Oleh karena itu data tanah yang digunakan dalam perancangan ini merupakan data tanah trial. Desain Retaining Wall dengan Sistem Rangka dalam penelitian ini diilustrasikan pada Gambar 3.





Gambar 3. Desain Retaining Wall dengan Sistem Rangka

**Perhitungan Gaya Lateral Tanah**

Dalam perhitungan gaya lateral tanah, dilakukan analisis perhitungan gaya lateral pada jenis tanah lempung dengan tanah pasir dapat dilihat pada Tabel 4 dan Tabel 5. Kemudian hasil gaya lateral pada masing-masing jenis tanah dapat dilihat pada Gambar 4.

Tabel 4. Total Gaya Akibat Tekanan Tanah Aktif Pada Tanah Lempung

| Tanah Lempung | Total Gaya<br>(Ton/m <sup>2</sup> )<br>(Pa+Pw) | Kohesi<br>(Ton/m <sup>2</sup> )<br>(Pc / 4) | Gempa<br>(Ton/m <sup>2</sup> )<br>Ea | Gaya Akhir<br>(Ton/m <sup>2</sup> )<br>d = (a-b)+c |
|---------------|--|---|--------------------------------------|--|
|               | a  | b   | c                                    | d = (a-b)+c  |
| Segmen 1      | 2,66   | 4,14  | 0,031                                | -1,45  |
| Segmen 2      | 6,35   | 4,14  | 0,031                                | 2,24   |
| Segmen 3      | 9,51   | 4,14  | 0,031                                | 5,40   |
| Segmen 4      | 12,67  | 4,14  | 0,031                                | 8,56   |
| Segmen 5      | 16,43  | 4,60  | 0,033                                | 11,86  |
| Segmen 6      | 19,72  | 4,60  | 0,033                                | 15,15  |
| Segmen 7      | 23,01  | 4,60  | 0,033                                | 18,44  |
| Segmen 8      | 26,30  | 4,60  | 0,033                                | 21,73  |
|               |  | Total Gaya                                  |                                      | 81,92  |

Sumber : Penelitian, 2022

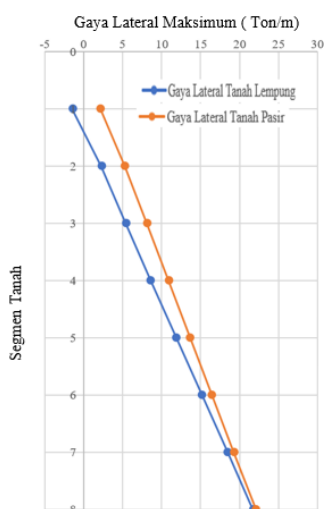
Tabel 5. Total Gaya Akibat Tekanan Tanah Aktif Pada Tanah Pasir

| Tanah Lempung | Total Gaya<br>(Ton/m <sup>2</sup> )<br>(Pa+Pw) | Kohesi<br>(Ton/m <sup>2</sup> )<br>(Pc / 4) | Gempa<br>(Ton/m <sup>2</sup> )<br>Ea | Gaya Akhir<br>(Ton/m <sup>2</sup> )<br>d = (a-b)+c |
|---------------|--|---|--------------------------------------|--|
|               | a  | b   | c                                    | d = (a-b)+c  |
| Segmen 1      | 2,09   | 0   | 0,023                                | 2,12   |
| Segmen 2      | 5,25   | 0   | 0,023                                | 5,27   |
| Segmen 3      | 8,06   | 0   | 0,023                                | 8,09   |

|            |       |   |       |       |
|------------|-------|---|-------|-------|
| Segmen 4   | 10,88 | 0 | 0,023 | 10,90 |
| Segmen 5   | 13,61 | 0 | 0,024 | 13,63 |
| Segmen 6   | 16,43 | 0 | 0,024 | 16,45 |
| Segmen 7   | 19,25 | 0 | 0,024 | 19,27 |
| Segmen 8   | 22,07 | 0 | 0,024 | 22,09 |
| Total Gaya |       |   |       | 97,81 |

Sumber : Penelitian, 2022

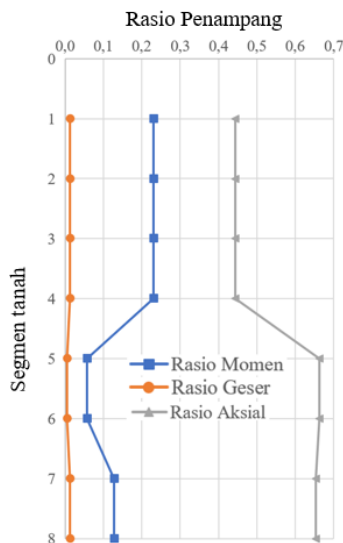
Berdasarkan grafik pada Gambar 4, dapat dilihat bahwa tekanan lateral tanah akibat tanah pasir lebih besar dari pada tekanan tanah lempung. Semakin dalam segmen tanah yang dihitung menghasilkan gaya yang semakin besar. Sehingga perhitungan pelat *precast* berdasarkan gaya lateral maksimum akibat tekanan tanah pasir yaitu sebesar 22,09 ton/m pada segmen 8.



Gambar 4. Diagram Alir Penelitian (*flowcart*).

### Menghitung Rasio Penampang pada Rangka Bracing

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa rasio penampang maksimum diterima oleh kolom yang terletak pada segmen 8. Rasio struktur pada balok dan bracing memiliki rasio  $< 0,7$  sehingga profil yang digunakan dikategorikan boros. Sehingga profil dipilih berdasarkan rasio penampang yang terbesar yaitu 0,78 pada kolom dengan profil sebesar 350.350.19.21. Rasio Penampang akibat gaya Momen, Geser, dan Aksial dapat dilihat pada Gambar 5.

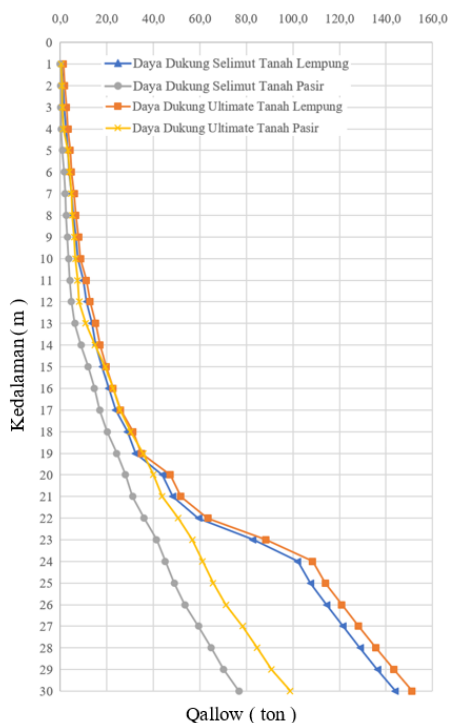


Gambar 5. Rasio Penampang akibat Momen, Geser, Aksial

Berdasarkan grafik pada Gambar 5, dapat dilihat bahwa rasio akibat gaya geser memiliki nilai terkecil yaitu kurang dari 0,1. Struktur pada segmen 1 – 4 memiliki rasio sebesar 0,25 sedangkan segmen 5 – 8 struktur menerima momen yang lebih kecil. Rasio yang terbesar disebabkan oleh gaya aksial, semakin kebawah struktur menerima gaya aksial semakin besar sehingga nilai rasio penampangnya semakin besar.

### Daya Dukung Tiang

Pondasi tiang pancang dihitung pada jenis tanah lempung dan tanah pasir. Metode yang digunakan dalam menghitung tiang pancang adalah dengan metode Mayerhoff dengan data tanah trial. Pada hasil perhitungan daya dukung tiang Squarepile ukuran 0,5m x 0,5 , tanah pasir memiliki daya dukung yang lebih kecil. Contoh perhitungan pada kedalaman (-15m)  $Q_{allow}$  pada tanah pasir sebesar 19,3 ton dan  $Q_{allow}$  pada tanah lempung kedalaman (-15m) sebesar 19,8 ton.



Gambar 6. Perbandingan Daya Dukung Aksial Tekan Tanah Lempung dan Tanah Pasir

Berdasarkan grafik pada Gambar 6 dapat dilihat bahwa daya dukung tanah pada tanah pasir lebih kecil daripada tanah lempung. Hasil perhitungan daya dukung tiang tunggal dapat digunakan sebagai acuan untuk menghitung daya dukung kelompok tiang dan menentukan spesifikasi tiang pancang yang akan digunakan.

### Perbandingan Kebutuhan Tiang Pancang

Kebutuhan tiang pancang dihitung berdasarkan gaya maksimum akibat aksial tekan, aksial tarik dan akibat gaya geser. Hasil perhitungan kebutuhan tiang pancang pada jenis tanah lempung dan jenis tanah pasir diberikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Perbandingan Kebutuhan Tiang Pancang

| Gaya yang Terjadi | Jenis Tanah   |              |
|-------------------|---------------|--------------|
|                   | Tanah Lempung | Tanah Pasir  |
| Gaya aksial tekan | n = 5 tiang   | n = 6 tiang  |
| Gaya aksial tarik | n = 2 tiang   | n = 3 tiang  |
| Gaya geser        | n = 9 tiang   | n = 20 tiang |

Sumber: Penelitian, 2022

Hasil perhitungan akibat gaya aksial tekan  $v = 317$  ton, pada tanah lempung mendapatkan jumlah tiang sebanyak  $n = 5$  tiang dan tanah pasir sebanyak 6 tiang. Hasil perhitungan akibat gaya aksial tarik  $v = 107$  ton didapatkan tiang pancang sebanyak 2 tiang pada tanah lempung dan 3 tiang pada tanah pasir. Gaya lateral maksimum menyebabkan gaya geser sebesar 222 ton pada pondasi. Hasil perhitungan daya dukung lateral pada jenis tanah lempung sebanyak 9 tiang dan 20 tiang untuk tanah pasir. Sehingga kebutuhan tiang pancang didasarkan pada kebutuhan tiang yang paling banyak, yaitu akibat gaya geser struktur.

## KESIMPULAN

Pada tanah lempung dan pasir, kondisi muka air sama dengan muka tanah. Selain itu, diatas permukaan tanah memiliki beban merata akibat lalu lintas. Maka didapatkan hasil gaya lateral tanah:

Gaya lateral maksimum pada tanah lempung adalah  $= 21,73$  ton/m

Gaya lateral maksimum pada tanah pasir adalah  $= 22,09$  ton/m

Bentuk dinding penahan tanah adalah struktur dengan pelat precast sebagai penahan gaya lateral tanah dengan perkuatan struktur rangka baja. Struktur memiliki pondasi tiang pancang sebagai penahan gaya aksial dan gesernya.

Tekanan lateral tanah yang diterima oleh struktur menyebabkan gaya aksial dan geser yang besar, sehingga dibutuhkan pondasi yang kuat untuk menahan gaya yang terjadi. Hasil yang didapatkan adalah sebagai berikut :

a. Pada tanah lempung

jumlah tiang akibat gaya aksial tekan adalah  $n = 5$  tiang

jumlah tiang akibat gaya aksial tarik adalah  $n = 2$  tiang

jumlah tiang akibat gaya geser adalah  $n = 9$  tiang

b. Pada tanah pasir

jumlah tiang akibat gaya aksial adalah  $n = 6$  tiang

jumlah tiang akibat gaya aksial tarik adalah  $n = 2$  tiang

jumlah tiang akibat gaya geser adalah  $n = 20$  tiang

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Setiawan, *Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD (Berdasarkan SNI 03-1729-2002)*. Erlangga, 2008.
- [2] A. S. Pratomo *et al.*, "Kajian geoteknik struktur bawah bangunan ruang genset di pelabuhan tanjung emas semarang," vol. 4, pp. 164–171, 2015.
- [3] O. F. Nur and A. Hakam, "Analisa Stabilitas Dinding Penahan Tanah (Retaining Wall) akibat Beban Dinamis dengan Simulasi Numerik," *J. Rekayasa Sipil*, vol. 6, no. 2, pp. 41–54, 2010.
- [4] B. Look, *Handbook of Geotechnical Investigation and Design Tables*. Taylor & Francis Group, 2007.
- [5] J. E. Bowles, "Foundation Analysis and Design International Fifth Edition," 1997.
- [6] S. Syafruddin, "Desain Dinding Penahan Tanah (Retaining Walls) Di Tanah Rawa Pada Proyek Jalan," *Infoteknik*, vol. 5, no. 2, pp. 103–109, 2004.
- [7] Departemen Pekerjaan Umum, "SNI 03-1729-2002 Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung," *Standar Nas. Indones.*, 2002.
- [8] L. Irianti and V. C. Putri, "Evaluasi Perancangan Kolom Beton Bertulang dengan Metode Elemen Hingga."
- [9] G. Azhari, J. Konstruksi, S. Tinggi, T. Garut, and R. F. Design, "Analisa sambungan batang tarik struktur baja dengan metode asd dan metode lrfd," pp. 1–6, 2002.

- [10] B. S. Nasional, “SNI 2847:2013 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung,” *Bandung Badan Stand. Indones.*, pp. 1–265, 2013.