

Penggunaan Batu Bronjong Sebagai Alternatif Dinding Penahan Tanah Tower BTS (*Base Transceiver Station*) Pada Kontur Tanah Miring

* Kevin Candra Darmawan¹, Muhammad Shofwan Donny Cahyono¹, Yoanita Eka Rahayu¹

¹ Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Widya Kartika, Jl. Sutorejo Prima Utara II/1 Surabaya, 60113

*) kevincandradarmawan@gmail.com

Abstract

In the construction of BTS towers on sloping contoured land, it is necessary to pay attention to the condition of the soil in the area so that the solutions given are structurally safe. Based on the existing problems, gabion stone is determined as an alternative. Gabion stones are the result of woven wire that is formed into blocks or prisms which are then filled with stones. The method used in this study is quantitative, the authors analyze it manually and with the help of an application to calculate structural planning based on conditions in the field. Based on the results of the analysis, it is planned to use gabion wire with the size of each beam of 2 m x 1 m x 1 m and 2 m x 1 m x 0.5 m with a span of 35 m and a height of 4 m. Based on the results of the analysis, it was obtained that the Safety Factor (SF) value for the stability of the gabion DPT was 4.89 (> 1.50), the SF value against overturning was 2.11 (> 1.50) and the SF value against shear was 2.29 (> 1.50). The results of the analysis with Plaxis obtained that the SF value of the slide, when applied to the gabion DPT stone alone was 17.754, the SF value of the slide when the DPT gabion was burdened by a raft foundation was 17.960, and the SF value of the slide when the DPT gabion was burdened by a raft foundation and the BTS tower was 6.98. The structural design has an extreme total displacement value of 70.80 mm (> 50 mm), so it is necessary to provide 6 x 6 piles with a pile diameter of 20 cm, planted to a depth of 10 meters. With the addition of piles, an extreme total displacement value of 41.03 mm (< 50 mm) is obtained so that it is said to be safe.

Keywords: Foundations, Gabions, Piles, SF, Sloping contours, Tower

Abstrak

Pada pembangunan tower BTS di tanah berkontur miring perlu diperhatikan bagaimana kondisi tanah pada daerah tersebut sehingga solusi yang diberikan dapat aman secara struktur. Berdasarkan permasalahan yang ada ditetapkan batu bronjong sebagai alternatifnya. Batu bronjong adalah hasil anyaman kawat yang dibentuk balok atau prisma yang kemudian diisi dengan batu. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif, penulis menganalisis secara manual dan dengan bantuan aplikasi untuk menghitung perencanaan struktur berdasarkan kondisi di lapangan. Berdasarkan hasil analisis direncanakan digunakan kawat bronjong dengan ukuran setiap baloknya sebesar 2 m x 1 m x 1 m dan 2 m x 1 m x 0,5 m dengan bentang 35 m dan ketinggian 4 m. Berdasarkan hasil analisis diperoleh nilai Safety Factor (SF) untuk kestabilan dari DPT batu bronjong tersebut sebesar 4,89 ($> 1,50$), nilai SF terhadap guling sebesar 2,11 ($> 1,50$) dan nilai SF terhadap geser sebesar 2,29 ($> 1,50$). Hasil analisis dengan Plaxis diperoleh nilai SF kelongsoran saat diaplikasikan batu DPT batu bronjong saja sebesar 17,754, nilai SF kelongsoran saat DPT batu bronjong dibebani oleh pondasi rakit yaitu 17,960, dan nilai SF kelongsoran saat DPT batu bronjong dibebani oleh pondasi rakit beserta tower BTS yaitu 6,98. Desain struktur tersebut memiliki nilai extreme total displacement 70,80 mm (> 50 mm) maka perlu diberi tiang pancang berjumlah 6 x 6 dengan diameter tiang 20 cm, di tanamkan dengan kedalaman 10 meter. Dengan penambahan tiang pancang diperoleh nilai extreme total displacement 41,03 mm (< 50 mm) sehingga dikatakan aman.

Kata Kunci: Bronjong, SF, Kontur miring, Pondasi, Tiang pancang, Tower

PENDAHULUAN

Pembangunan infrastuktur telekomunikasi –nikasi berperan penting dalam perkembangan ekonomi nasional sebab mempermudah dan mempercepat proses komunikasi dan memperoleh informasi jarak jauh. Dalam pembangunan infrastuktur telekomunikasi harus membangun konektivitas dimana infrastuktur dasar telekomunikasi harus diutamakan pembangunannya agar minimal orang bisa melakukan panggilan jarak jauh dan mengirim pesan. Selanjutnya jika sudah terbangun infrastuktur dasar maka dapat difasilitasi dengan koneksi internet, pemanfaatan, pemberdayaan dan peningkatan kualitas layanan publik (Kementerian Komunikasi dan Informatika, 2015). Pembangunan tower BTS telah banyak dilakukan di daerah non-3T (Terdepan, Terluar, dan Terpencil), maka dari itu Badan Aksesibilitas Telekomunikasi dan Informasi Kementerian Komunikasi dan Informatika bersama 14 pemerintah daerah menandatangani perjanjian pinjam pakai lahan untuk pembangunan Base Transceiver Station (BTS)

di daerah terdepan, terluar, dan tertinggal (3T) dan pada tahun 2021 telah membangun sebanyak 4.200 tower BTS (Kominfo, 2021).

Badan Aksesibilitas Telekomunikasi dan Informasi (BAKTI) kementerian komunikasi dan informatika menargetkan pembangunan tower BTS pada Provinsi Papua untuk dikejar proses pembangunannya (Kominfo, 2022). Provinsi Papua memiliki luas 312.224 km² dengan jumlah tower BTS sebanyak 535 tower, jika dibandingkan dengan Provinsi Jawa Timur yang hanya memiliki luas 47.800 km² tetapi memiliki jumlah tower BTS sebanyak 4.621 tower (BPS, 2020) tentu Provinsi Papua sangat sulit mendapat akses internet. Kabupaten Mimika memiliki luas 19.522 km² yang secara astronomi terletak pada 134,31o – 138,31o bujur timur dan 4,60o – 5,18o lintang selatan dengan kemiringan tanah 1-3% pada bagian selatan dan > 40 % pada bagian utara yang merupakan daerah perbukitan dan pegunungan. Di sebelah utara Kota Timika terdapat Kabupaten Deiyai yang dipisahkan oleh lereng pegunungan Puncak Jaya Wijaya

sehingga diperlukan tower BTS untuk menghubungkan koneksi internet di kedua wilayah tersebut. Lokasi berada pada kontur tanah berbukit sehingga dalam pembangunan tower BTS diperlukan suatu dinding penahan tanah untuk menahan gaya lateral yang terjadi pada tanah tersebut. Dinding Penahan Tanah (DPT) yang digunakan pada umumnya dalam pembangunan tower BTS adalah DPT pasangan batu kali, tetapi perencanaan tersebut menimbulkan biaya yang tinggi karena akses untuk menjangkau lokasi yang sulit.

Berdasarkan permasalahan lapangan tersebut akhirnya ditetapkan batu bronjong sebagai alternatifnya. Kelemahan terbesar dari penggunaan DPT batu bronjong adalah tidak tahan pada kondisi tanah dengan PH yang rendah atau tanah yang bersifat asam karena kondisi tersebut dapat menyebabkan korosi pada kawat bronjong yang mengurangi sifat daktil dari bronjong tersebut. Berdasarkan data dari kementerian pertanian Republik Indonesia jenis tanah di Kabupaten timika adalah tanah mollisol dimana tanah molisol ini mempunyai kejenuhan basa ($ph > 7$) sehingga aman dari korosi bagi kawat bronjong. Menurut Martha E.V., 2018, batu bronjong adalah suatu anyaman dari kawat atau bambu yang berbentuk balok atau silinder yang diisi dengan dengan batu. DPT batu bronjong dipilih sebagai alternatif pengganti dari pasangan batu kali karena situasi dan kondisi yang lebih memungkinkan sebab pada lokasi penelitian mudah didapatkan batu-batu pecah sebagai pengisi dari bronjong. Dalam menentukan dimensi dan berat batu bronjong dipengaruhi oleh gaya-gaya dalam yang terjadi pada tanah yaitu tekanan lateral, momen aktif, dan momen pasif yang harus dipikul oleh DPT batu bronjong tersebut. Tujuan dari penelitian ini adalah

- Mengetahui besar dimensi dan berat batu bronjong yang dibutuhkan untuk memikul gaya-gaya dalam yang ada;
- Mengetahui apakah penggunaan DPT batu bronjong untuk pembangunan tower BTS pada kontur tanah miring aman secara struktur;
- Mengetahui nilai faktor aman kelongsoran DPT batu bronjong sebelum dan setelah adanya beban pondasi dan menara.
- Mengetahui besarnya displacement yang terjadi sebelum dan setelah adanya beban pondasi dan menara

METODE PENELITIAN

Peneliti melakukan studi kasus terhadap lokasi melalui data-data teknis baik data primer maupun sekunder. Jenis Penelitian yang dilakukan oleh penulis adalah penelitian kasus/lapangan. Penelitian kasus/ lapangan adalah penelitian yang mempelajari atau mengkaji secara intensif latar belakang keadaan lokasi dan solusi yang diajukan.

Sumber data

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari 2 (dua) jenis data yaitu data primer dan data sekunder.

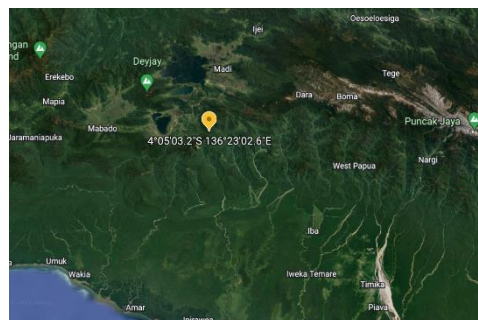
- Data primer yang diperlukan dalam penelitian ini adalah data hasil tes tanah (soil test) dari lokasi

penelitian untuk mengetahui kondisi tanah pada lokasi yang digunakan sebagai dasar dari perencanaan DPT batu bronjong dan pondasi rakit.

- Data Sekunder yang diperlukan dari penelitian ini yaitu data korelasi parameter tanah dan pondasi.

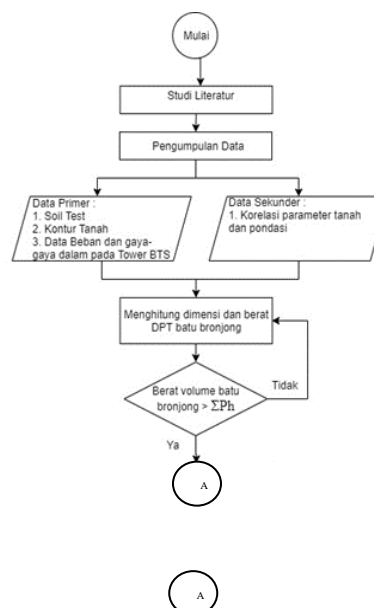
Lokasi penelitian

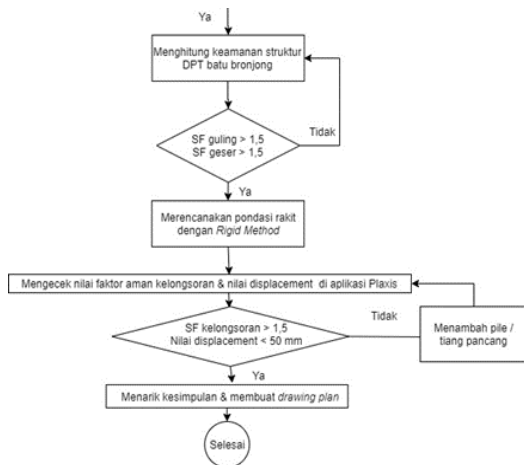
Lokasi penelitian ini yaitu berada di Jln. Raya Deiyai - Timika, Pintu Angin Kaitaka, Provinsi Papua. Penulis meninjau lokasi secara tidak langsung dengan bantuan citra satelit Google Earth.



Gambar 1. Lokasi Penelitian
Sumber: Google Earth (2022)

Adapun langkah-langkah yang dilakukan dalam pengerjaan penelitian ini sebagai berikut:

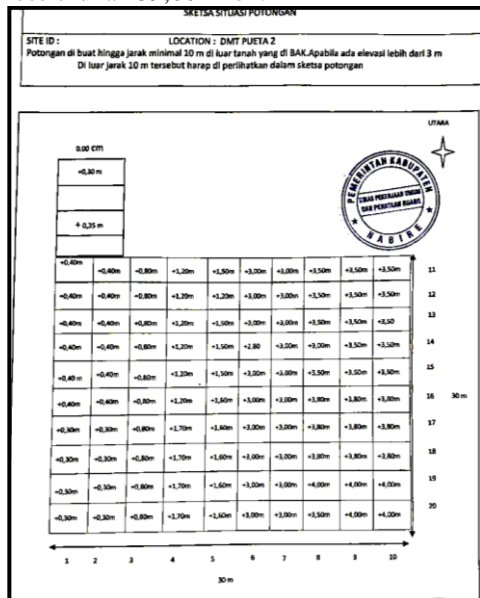




Gambar 2. Diagram alir penelitian
Sumber: Penulis (2022)

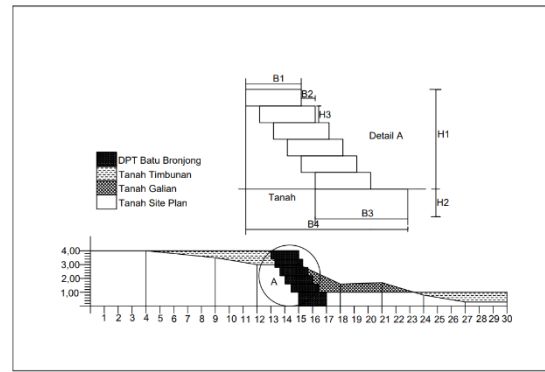
HASIL PENELITIAN

Berdasarkan hasil analisis penulis diperoleh berat total keseluruhan 39,662 Ton.



Gambar 3. Kontur Tanah Di Lokasi
Sumber: PT Binatel Prima (2022)

Berdasarkan dari data peta kontur diketahui bahwa Tanah memiliki elevasi terendah + 0,30 m dan memiliki elevasi tertinggi + 4,00 m. maka dari itu direncanakan DPT batu bronjong akan memiliki ketinggian 4 meter dengan 1 meter tertimbun oleh tanah. Berikut detail dari perencanaan DPT batu bronjong yang digunakan :



Gambar 4. Rencana DPT Batu Bronjong
Sumber: Penulis (2022)

Tabel 1. Data Tanah Di Lokasi

Kedalaman (m)	qc (Kpa)	% Fr	y (Kn/m³)	Ø	C (Kn/m²)	Jenis Tanah
1	2.695	3,29	15,5	32,2	16,52	Pasir kelempungan
2	6.860	0,55	17,8	36,1	42,9	Lanau kelempungan
3	10.437	0,98	15,9	37,0	67,4	Lempung
4	14.700	0,38	16,5	38,4	97,9	Lempung

Sumber : PT Binatel Prima (2022)

Menghitung berat DPT batu bronjong dengan massa jenis pasangan batu yaitu 1,5 ton/m³.

$$W_i = \rho_{\text{bronjong}} \cdot \text{volume} = 1,5 \cdot [(2,1) + (7,1,25,0,50)]$$

$$\Sigma P_v = W_i = 9,56 \text{ ton/m}$$

$$\text{Atau berat secara keseluruhan } W = W_i \cdot \text{panjang bronjong} = 9,56 \times 35 \text{ m} = 334,6 \text{ ton}$$

Kestabilan pondasi (SF > 1,5)

$$\begin{aligned} SF &= \Sigma P_v / \Sigma P_h > 1,5 \\ &= 9,560 / 1,956 > 1,5 \\ &= 4,89 > 1,5 \text{ (Aman)} \end{aligned}$$

Ketahanan DPT batu bronjong terhadap kondisi guling

$$\begin{aligned} SF_{\text{guling}} &> 1,50 \\ \Sigma M_p / \Sigma M_a &> 1,50 \\ 15,524 / 7,379 &> 1,50 \\ 2,11 &> 1,50 \text{ (Aman)} \end{aligned}$$

Ketahanan geser pada DPT batu bronjong tersebut

$$\begin{aligned} \Sigma F_d &= \Sigma P_a = 3,894 \text{ ton} \\ \Sigma F_r &= C \cdot B + W \tan (2/3 \phi) + P_{p1} \\ &= 1,652 \cdot 2 + 2,1 \cdot 1,5 \tan (21,47) + 4,446 \\ &= 8,930 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SF_{\text{geser}} &> 1,50 \\ \Sigma F_r / \Sigma F_d &> 1,50 \\ 8,930 / 3,894 &> 1,50 \\ 2,29 &> 1,50 \text{ (Aman)} \end{aligned}$$

Berikut data perencanaan pondasi pada tower BTS, digunakan tower BTS dengan type SST-NL 82M. Pondasi yang digunakan adalah pondasi rakit, Data perencanaan :

Dimensi pondasi : 12 m x 12 m
Ketebalan pondasi : 600 mm
Tebal selimut : 70 mm
Kedalaman pondasi : 2 m
F'c : 28 Mpa
Fy : 440 Mpa
Menghitung daya dukung tanah, digunakan rumusan Meyerhof

$$\begin{aligned} q_{ult} &= q_c \cdot B \cdot (1 + D/B) \cdot 1/40 \\ &= 699,5 \cdot 12 \cdot (1 + 2/12) \cdot 1/40 \\ &= 244,89 \text{ ton/m}^2 \\ q_{ijin} &= q_{ult}/SF \\ &= 244,89/3 \\ &= 81,63 \text{ ton/m}^2 \end{aligned}$$

Menghitung daya dukung netto pada tanah ($q_{all}(net)$)

$$\begin{aligned} q_{all}(net) &= q_c/15 \\ &= 699,5/15 \\ &= 46,63 \text{ ton/m}^2 \end{aligned}$$

Tegangan bruto akibat beban gravitasi

$$\begin{aligned} q &= (P_t + W_{rakit})/(B \cdot L) + (P_t \cdot e_x)/s_x + (P_t \cdot e_y)/s_y \\ &= (39,662 + (12 \cdot 12 \cdot 0,6 \cdot 2,4 \text{ ton/m}^3))/(12 \cdot 12) + \\ &\quad (.39,66 \cdot 0,36)/288 + 0 \\ &= 1,16 \text{ ton/m}^2 < q_{ijin} \rightarrow OK \end{aligned}$$

Tegangan netto akibat beban gravitasi

$$q = (P_t + W_{rakit} - W_{tanah})/(B \cdot L) + (P_t \cdot e_x)/s_x + (P_t \cdot e_y)/s_y$$

$$\begin{aligned} W_{tanah} &= \gamma \cdot H \cdot B \cdot L \\ &= 1,55 \cdot 2 \cdot 12 \cdot 12 \\ &= 446,4 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q &= (39,66 + 120,96 - 446,4)/(12 \cdot 12) + (.39,66 \cdot 0,36)/288 + 0 \\ &= 1,94 \text{ ton/m}^2 > q_{all}(net) \rightarrow OK \end{aligned}$$

Tegangan bruto akibat beban gravitasi dan lateral

$$\begin{aligned} q &= (P_t + W_{rakit})/(B \cdot L) + M/s \\ &= (39,66 + 120,96)/(12 \cdot 12) + 14,412/288 \\ &= 1,17 \text{ ton/m}^2 < q_{ijin} \rightarrow OK \end{aligned}$$

Mengecek stabilitas pondasi

1. Stabilitas guling

Titik B adalah titik berat beban dan titik berat penampang yang berada di tengah-tengah pondasi dan titik A adalah titik guling pondasi yang berada di ujung sudut pondasi. Dimana B berada di tengah-tengah pondasi.

$$d = AB = \sqrt{(6^2 + 6^2)} = 6\sqrt{2} \text{ m}$$

$$\begin{aligned} M_g &= W \cdot d \\ &= 39,66 \cdot 6\sqrt{2} \\ &= 336,5 \text{ ton.m} \end{aligned}$$

$$M_e = M_{gempa} = 13,81 \text{ ton.m}$$

$$\begin{aligned} SF &= M_g/M_e \\ &= 336,5/13,81 \\ &= 24,37 > 3 \rightarrow OK \end{aligned}$$

Stabilitas geser

$$\begin{aligned} F_r &= C \cdot A + V \tan \phi \\ &= 6,74 \cdot 3,804 + 39,66 \tan(36,1) \\ &= 49,71 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SF &= F_r/F_d \\ &= 49,71/5,43 \\ &= 9,15 > 3 \rightarrow OK \end{aligned}$$

Berikut data perencanaan terkait penulangan pada pondasi rakit

$$f_y = 440 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} f_c' &= 28 \text{ Mpa} \\ \text{Tulangan utama} &= D32 \\ \text{Tebal selimut} &= 70 \text{ mm} \\ \text{Tulangan arah x} &= \text{tulangan arah y} \\ d &= \text{Tebal pondasi} - \text{tebal selimut} - \frac{1}{2} \text{ diameter tulangan utama} \\ &= 600 - 70 - \frac{1}{2} \cdot 32 \\ &= 514 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ult} &= M_u \text{ akibat beban struktur} + M_{angin} + M_{gempa} \\ &= 120 + 0,602 + 13,81 \\ &= 134 \text{ ton.m} \rightarrow 1.313,2 \text{ 106 N.mm} \end{aligned}$$

Perhitungan kebutuhan tulangan

$$\begin{aligned} K &= M_{ult}/(\phi \cdot b \cdot d^2) \\ &= (1.313,2 \cdot 10^6)/(0,90 \cdot 1.000 \cdot (514)^2) \\ &= 5,35 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K_{max} &= 382,5 \cdot \beta_1 \cdot (600 + f_y - 225 \beta_1) f_c' / (600 + f_y)^2 \\ &= 382,5 \cdot 0,85 \cdot (600 + 440 - 225 \cdot 0,85) \cdot 28 / (600 + 440)^2 \\ &= 7,14 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$K < K_{max} \rightarrow OK$$

$$\begin{aligned} a &= [1 - \sqrt{(1 - 2K/(0,85 f_c'))}] \cdot d \\ &= [1 - \sqrt{(1 - (2 \cdot 5,35)/(0,85 \cdot 28))}] \cdot 514 \\ &= 134,87 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s_{utama}} &= (0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b)/f_y \\ &= (0,85 \cdot 28 \cdot 134,87 \cdot 1000)/440 \\ &= 7.297 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s_{utama}} &= (1/4 \sqrt{(f_c' \cdot a \cdot b \cdot d)}/f_y) \\ &= (1/4 \sqrt{(28 \cdot 1000 \cdot 514)}/440) \\ &= 1.545,36 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s_{utama}} &= (1,4 \cdot b \cdot d)/f_y \\ &= (1,4 \cdot 1000 \cdot 514)/440 \\ &= 1.635,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Diambil nilai $A_{s_{utama}}$ yang terbesar yaitu 7,297 mm²

$$\begin{aligned} S &= (1/4 \pi D^2 \cdot b)/(A_{s_{utama}}) \\ &= (1/4 \cdot 3,14 \cdot 32^2 \cdot 1000)/7.295 \\ &= 110 \text{ mm} \rightarrow 100 \text{ mm} \end{aligned}$$

Sehingga dipilih, tulangan = D32 – 100 mm

Mengecek ketebalan pondasi

Geser 2 arah

$$\text{Ketebalan pondasi} : 600 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut} : 70 \text{ mm}$$

$$\text{Tulangan utama} : D 22$$

Luas penampang geser

$$\begin{aligned} &= (1/2 \cdot B - 2 \cdot \text{tebal selimut} - \text{diameter tulangan utama}) \cdot (\text{tebal pondasi} - \text{tebal selimut} - \text{diameter tulangan}) \\ &= 5838 \cdot 508 \end{aligned}$$

$$= 2.965.704 \text{ mm}^2 \rightarrow 2,97 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} V_{u1} &= \text{Luas penampang geser} \cdot q_{max} \\ &= 2,97 \cdot 1,76 \\ &= 5,227 \text{ ton} \rightarrow 52,22 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$Kuat geser beton (V_c)$$

$$\begin{aligned} V_c &= [\sqrt{(f_c')} \cdot b \cdot T \cdot 0,34] / 1000 \\ &= [\sqrt{28} \cdot 5838 \cdot 508 \cdot 0,34] / 1000 \\ &= 5.335,63 \text{ KN} > 52,22 \text{ KN} \rightarrow OK \end{aligned}$$

Geser 1 arah

Luas penampang geser

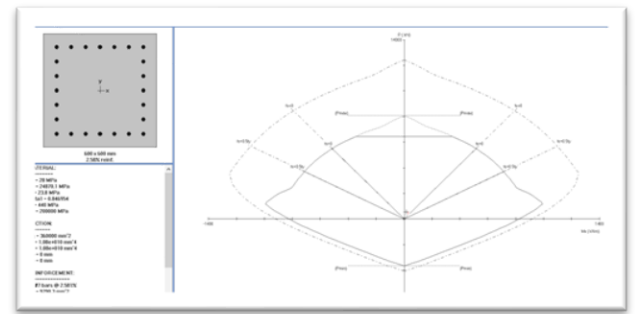
$$= B \cdot T$$

$$= 6000 \cdot 508$$

$$= 3.048.000 \text{ mm}^2 \rightarrow 3,04 \text{ m}^2$$

$$V_{u2} = \text{Luas penampang geser} \cdot q_{max}$$

$= 3,04 \cdot 1,76$
 $= 5,350 \text{ ton} \rightarrow 53,50 \text{ KN} < V_c \rightarrow \text{OK}$
 Penurunan pondasi
 Penurunan elastis (segera)
 Menentukan faktor pengaruh dari bentuk pondasi
 $A1 = D/B$
 $= 12/12$
 $= 1 \rightarrow$ dari nomogram diperoleh nilai
 $A1 = 0,90$
 $A2 = H/B$
 $= 2/12$
 $= 1/6 \rightarrow$ dari nomogram diperoleh nilai
 $A2 = 0,10$
 Menghitung beban merata akibat beban luar
 $q = Q/(B \cdot L)$
 $= (396,6)/(12 \cdot 12)$
 $= 2,75 \text{ KN/m}^2 \rightarrow 0,275 \text{ ton/m}^2$
 $Se = A1 \cdot A2 \cdot (q \cdot B)/Es$
 $= 0,90 \cdot 0,10 \cdot (2,75 \cdot 12)/4000$
 $= 0,00074$
 $= 0,74 \text{ mm}$
 Penurunan plastis (konsolidasi)
 Angka pori awal (e_0)
 $e_0 = (Gs \cdot \gamma_w)/\gamma - 1$
 $= (2,65 \cdot 9,77)/1.590 - 1$
 $= 0,628$
 Indeks kemampatan tanah (C_c)
 $C_c = 0,009 (LL - 10)$
 $= 0,009 (90 - 10)$
 $= 0,72$
 $Po = q' + \text{berat tanah dibawah pondasi pada kedalaman tertentu } (Z = 2)$
 $= [\gamma_1 H_1 + \gamma_2 H_2] + [\gamma_3 H_3 + \gamma_4 H_4]$
 $= 3,33 + 3,24$
 $= 6,57 \text{ ton/m}^2$
 Pertambahan tegangan tanah pada kedalaman ($Z = 2$) di bawah pondasi dengan distribusi beban metoda 2 : 1
 $\Delta p = q \cdot (B \cdot L) / ((B+Z)(L+Z))$
 $= 0,275 \cdot ((12 \cdot 12) / ((12+2)(12+2)))$
 $= 0,202 \text{ ton/m}^2$
 $Sc = C_c \cdot H_c / (1+e_0) \cdot \log(Po + \Delta p) / Po$
 $= 0,72 \cdot 2 / (1+0,628) \cdot \log(6,57+0,202) / 6,57$
 $= 0,88 \cdot 0,0133$
 $= 0,0117 \text{ m}$
 $= 11,70 \text{ mm}$
 Penurunan total = $Se + Sc$
 $= 0,74 + 11,70$
 $= 12,44 \text{ mm} < 300 \text{ mm (sower 1967)} \rightarrow \text{OK}$
 Kolom Pedestal
 Beban terfaktor : 1,4D
 $= 1,4 \cdot 388,95$
 $= 544,53 \text{ KN}$
 Tebal selimut : 50 mm
 Presentase tulangan (pg) : 2,4 %
 Dimensi : 600 x 600
 f_c' : 28 Mpa
 f_y : 440 Mpa

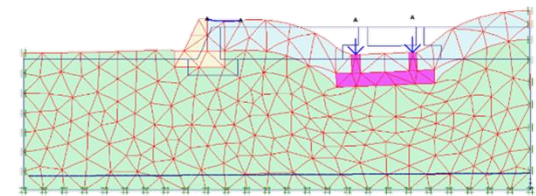


Gambar 5. Diagram interaksi kolom pedestal
Sumber: Penulis, SP Column (2022)

Berdasarkan diagram interaksi tersebut disimpulkan bahwa kolom pedestal mampu memukul beban-beban yang ada.

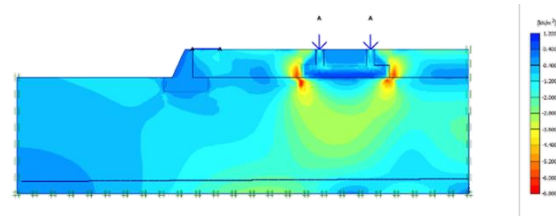
Setelah menemukan semua dimensi beserta penulangan serta ketebalan dari DPT batu bronjong beserta pondasi maka dilakukan pengecekan kembali menggunakan aplikasi plaxis dan berikut hasil analisisnya,

- Deformed mesh
Extreme total displacement = 70,80 mm > 50 mm → NOT OK



Gambar 6. Deformed mesh
Sumber: Penulis, Plaxis (2022)

- Effective stress

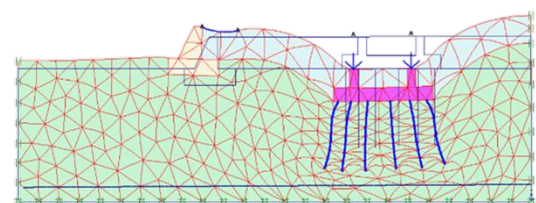


Gambar 7. Effective stress
Sumber: Penulis, Plaxis (2022)

SF : 6,98 > 3,00 → OK

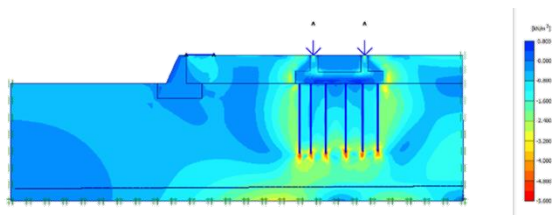
Karena desain struktur tersebut memiliki nilai Extreme total displacement yang cukup besar yaitu 70,80 mm maka perlu diberi tiang pancang untuk mengurangi nilai Extreme total displacement yang terjadi. Berikut hasil analisa dengan software Plaxis setelah diberi tiang pancang ,

- Deformed Mesh
Extreme total displacement = 41,03 mm → OK



Gambar 8. Deformed mesh setelah diberi pancang
Sumber: Penulis, Plaxis (2022)

- Effective stress

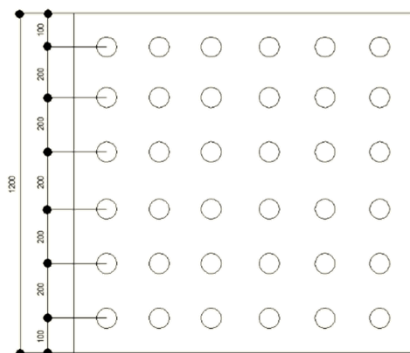


Gambar 9. Effective stress setelah diberi pancang

Sumber: Penulis, Plaxis (2022)

SF : 8,76 > 3,00 → OK

Berdasarkan analisis dari Aplikasi Plaxis, pondasi rakit setelah diberi tiang pancang memiliki nilai displacement yang jauh lebih kecil dari pada tanpa menggunakan tiang pancang, berikut detail tiang pancang yang direncanakan,



Gambar 10. Perencanaan letak tiang pancang

Sumber: Penulis (2022)

Digunakan tiang pancang berjumlah 6 x 6 dengan diameter tiang 20 cm, di tanamkan dengan kedalaman 10 meter. Berikut perhitungan beban yang dipikul oleh setiap tiang pancang,

$$\begin{aligned}\text{Beban tiap tiang} &= \text{beban total} / \text{jumlah tiang} \\ &= 39,662 \text{ ton} / 36 \\ &= 1,102 \text{ ton}\end{aligned}$$

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan oleh penulis, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- Dimensi batu bronjong yang dibutuhkan untuk menopang gaya gaya yang ada yaitu digunakan kawat bronjong dengan ukuran setiap baloknya sebesar 2 m x 1 m x 1 m dan 2 m x 1 m x 0,5 m dimana balok-balok bronjong tersebut disusun sesuai dengan gambar kerja yang terlampir. Berat keseluruhan dari DPT batu bronjong tersebut adalah 334,6 Ton.
- Berdasarkan hasil analisis diperoleh nilai Safety Factor (SF) untuk kestabilan dari DPT batu bronjong tersebut sebesar 4,89 (> 1,50), nilai SF terhadap guling sebesar 2,11 (> 1,50) dan nilai SF terhadap geser sebesar 2,29 (> 1,50). Sehingga disimpulkan bahwa rancangan DPT batu bronjong tersebut aman secara struktur.
- Berdasarkan hasil perhitungan penulis diperoleh dimensi pondasi rakit sebesar 12 m x 12 m dengan kedalaman 2 m dengan 4 kolom pedestal berdimensi 650 mm x 650 mm dan dengan balok pengikat (tie beam) dengan dimensi 300 mm x

600 mm. Hasil analisis dengan aplikasi Plaxis diperoleh nilai SF kelongsoran saat diaplikasikan batu DPT batu bronjong saja sebesar 17,754 , nilai SF kelongsoran saat DPT batu bronjong dibebani oleh pondasi rakit yaitu 17,960 , dan nilai SF kelongsoran saat DPT batu bronjong dibebani oleh pondasi rakit beserta tower BTS yaitu 6,98. Dari hasil analisis Plaxis dapat disimpulkan bahwa perencanaan DPT batu bronjong tersebut aman secara struktur karena berada diatas batas aman nilai SF yaitu 1,5.

- Desain struktur tersebut memiliki nilai extreme total displacement 70,80 mm maka perlu diberi tiang pancang berjumlah 6 x 6 dengan diameter tiang 20 cm, di tanamkan dengan kedalaman 10 meter. Dengan penambahan tiang pancang diperoleh nilai extreme total displacement 41,03 mm sehingga dikatakan jauh lebih aman.

SARAN

Berdasarkan dari hasil penelitian dan juga kendala-kendala dari penulis selama penelitian berlangsung maka saran yang dapat diberikan oleh penulis kepada pembaca adalah,

- Sebelum merencanakan DPT batu bronjong sebagai alternatif yang dipilih, penulis menyarankan untuk mengetahui terlebih dahulu jenis dan kandungan tanah di lokasi, sebab kawat pengikat DPT batu bronjong sangat rentan pada tanah dengan nilai PH yang rendah (PH < 7,0).
- Jarak antara DPT batu bronjong dengan pondasi setidaknya berjarak tidak terlalu dekat sebab akan meningkatkan probabilitas DPT batu bronjong mengalami kondisi kegagalan guling.
- Dimensi DPT batu bronjong diusahakan tidak terlalu kecil sebab DPT batu bronjong sangat mengandalkan berat sendiri dalam memikul gaya-gaya yang bekerja.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih terhadap Universitas Widya Kartika yang telah mendukung terlaksananya penelitian ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada PT Binatel Prima yang telah memberi data teknis kepada penulis serta berbagai pihak lainnya yang turut memberi bantuan dan dukungan kepada penulis.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditya, W.B.P., Ardelia,S. Perhitungan Dinding Penahan Tanah. Diploma III Teknik Konstruksi Gedung. Politik Negeri Bandung.
- Amalin, R. E. (2017). Kriteria Pembangunan Tower BTS (Base Transceiver System) Di Kota Kediri. Undergraduate Theses, Institut Teknologi 10 November, Surabaya.
- Atmojo, M.G., Wibowo, H.T. (2019). Analisis Perkuatan Dinding Penahan Tanah Dan Pondasi Minipile Net Jalan Kereta Api di Stasiun Ujungnegoro KM 73+675 – 73+750. Undergraduate Theses, Universitas Semarang, Semarang.

- Azizah, Nur A. Pengertian infrastruktur. Gamedia.com. diakses pada 6 Mei 2022 melalui : <https://www.gamedia.com/literasi/>
- Braja M. Das. (1995). Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis). Alih Bahasa : Mochtar, N.E., Mochtar, I.B. Institut Teknologi 10 Nopember. Surabaya.
- BPS. (2021). Jumlah Pelanggan Telepon Indonesia Menurut Jenis Penyelenggaraan Jaringan.
- Cahyani, R.A.T., Munawir, A. dkk. Studi Perbandingan Pondasi Rakit Dengan Pondasi Tiang Strauss Pada Proyek Pembangunan Gedung Kuliah Bersama Universitas Brawijaya. Jurnal Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya. Malang.
- Febe, M., Sasongko, I.H. (2019). Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah Dengan Perkuatan Bronjong Pada Jalan Tol Ulujami Pondok Ranji Ramp Bintaro Viaduct. Construction and Material Jurnal, Volume 1 no.1.
- Ihsan, P., Rahayu, T. (2017). Analisis Kestabilan Pondasi Pada Menara Telekomunikasi. Jurnal Konstruksia Volume 8 nomor 2.
- Indonesia. Departemen Pekerjaan Umum. Petunjuk Teknis Pengujian Tanah. PDF
- Kominfo. (2015). Peran Penting Pemda Dalam Mendukung Pemerataan Pembangunan Infrastruktur Telekomunikasi. Kominfo.go.id. diakses pada 6 Mei 2022 melalui : <https://kominfo.go.id/index.php/>
- Kurniawan, I., Maslan. (2019). Desain Bronjong Untuk Perkuatan Tebing PadaHilir jembatan Moncongloe Di Sungai Jenelata Kabupaten Gowa.Undergraduate Theses, Universitas Muhammadiyah, Makasar.
- Lumy, D. (2016). Tinjauan Pondasi Rakit Dan Metode Pelaksanaan Pada Pembangunan Gedung Sekolah Dian Harapan Manado. Undergraduate Theses. Politeknik Negeri Manado, Sulawesi Utara.
- Martha, E.V. Pelaksanaan Pekerjaan Bronjong. Power Point.
- Oemar, R.R. (2010). Analisis Sambungan Kolom Baja Dengan Pondasi Beton Yang Menerima Beban Aksial, Geser, Dan Momen. Undergraduate Theses. Universitas Sebelas Maret Surakarta. Jawa Tengah.
- Padagi, E.A., Priadi, E. dkk. Korelasi Nilai N-SPT Terhadap Sifat-Sifat Fisik Dan Mekanis Tanah. Jurnal Prodi Teknik Sipil FT Untan. Pontianak.
- Pradipto, A., Lukman, H., Mudianto, A. Analisa Sturktur dan Pondasi Menara Telekomunikasi 3 Kaki Dengan Tinggi 72 M Di Bogor. Jurnal Teknik Sipil, Universitas Pakuan. Bogor.
- Redana, I Wayan. Dinding Penahan Tanah. Power Point, Universitas Udayana, Bali.
- Suprihandayani, A.A. (2007). Sejarah Perkembangan Kota Timika. Undergraduate Theses, Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta.
- Tim Penulis SCI-Geoteknik. (2012). Software Plaxis Untuk Geoteknik. Blogspot.com. diakses pada 13 September 2022 melalui : <https://sci-geoteknik.blogspot.com/>
- Warman, R.S. (2019). Kumpulan Korelasi Parameter Geoteknik. Kementerian PUPR