

PERMODELAN PERKUAT STABILITASAN LERENG MENGGUNAKAN ANALISIS KESETIMBANGAN BATAS DAN METODE ELEMEN HINGGA (STUDI KASUS: DESAIN DINDING PENAHAN TANAH GITET 275 KV SUBSTATION BETUNG).

SLOPE STABILITY REINFORCEMENT MODELING USING LIMIT EQUILIBRIUM ANALYSIS AND FINITE ELEMENT METHOD (CASE STUDY: GITET 275 KV SUBSTATION BETUNG RETAINING WALL DESIGN)

M.Sang Gumilar^{1a*}, Ahmad Syafawi^{2a}

^aPoliteknik Negeri Sriwijaya, Jl.Srijaya Negara Bukir Besar, Palembang, Indonesia
e-mail: *sanggumilar@polsri.ac.id, asyapawi69@gmail.com

ABSTRACT

The increasing national energy demand is influencing the presence of existing power plants. South Sumatra is a region contributing to the national energy supply, leading to the expansion of facilities to generate electricity. Consequently, a new transmission line will be constructed at the 275 KV Betung Station in South Sumatra. With the need to enhance distribution capacity by adding new transmission lines, there is a requirement to expand the area of the Gitet, which was previously 183x98 m², to 138.55 x 152.68 m². This study aims to analyze the stability of the embankment, estimated to have an initial height of 8.5 meters. Additionally, plans will be made for constructing retaining walls to expand the Gitet Substation Betung area. Slope Stability Analysis will be conducted using limit equilibrium and finite element methods. The limit equilibrium analysis will employ the Fellenius method, while the Finite Element Method will use Plaxis software. From the analysis results, it's determined that a Retaining Wall (RW) is needed to stabilize the embankment. The design for slope stability involves a 6 meter high counterfort Retaining Wall equipped with Bored Piles having a diameter of 60 cm and a length of 22 meters for every 2.15 meters along the RW alignment.

Keywords: Slope Stability, Retaining Wall, GITET Betung.

I. PENDAHULUAN

Meningkatkannya kebutuhan Energi Nasional mempengaruhi keberadaan Pembangkit Listrik yang ada. Sumatera selatan merupakan wilayah penghasil energi nasional, hal ini menyebabkan peningkatan sarana dan Prasarana untuk menghasilkan Listrik[1]. Salah satu sarana dan Prasarana energi listrik adalah Gardu Induk. Gardu Induk (GI) atau Gardu Induk Tegangan Tinggi (GITET) merupakan bagian yang tak terpisahkan dari saluran transmisi distribusi listrik[1]. Dimana suatu sistem tenaga yang dipusatkan pada suatu tempat berisi saluran transmisi dan distribusi, perlengkapan hubungan bagi, transformator, dan peralatan pengaman serta peralatan kontrol. Fungsi utama dari gardu induk

adalah mengatur aliran daya listrik dari saluran transmisi ke saluran transmisi lainnya yang kemudian didistribusikan ke konsumen, sebagai tempat kontrol, sebagai pengaman operasi sistem, sebagai tempat untuk menurunkan tegangan transmisi menjadi tegangan distribusi[2]. GITET 275 KV Betung berencana akan melakukan peningkatan kapasitas distribusinya dengan menambah transmisi baru. Maka perlu dilakukan perluasan area GITET yang sebelumnya adalah 183x98 m² menjadi 138,55 x 152,68 m². Luasan tambahan memiliki beda tinggi 8,5 m dari luasan existing, maka diperlukan pekerjaan timbunan agar luasan baru memiliki ketinggian yang sama. Selain timbunan diperlukan juga perkuatan agar timbunan tersebut stabil dan tidak terjadi

kelongsoran[3]. Dari penjelasan diatas akan dilakukan kajian atau perencanaan desain dinding penahanan tanah (DPT) yang aman dan efisien[4].

II. METODE

Penelitian dilakukan berlokasi di GITET 275 KV Betung, Sumatera Selatan. Tahap awal dari kajian ini adalah pengukuran lahan atau *topografi* untuk mengetahui kontur dari lokasi tersebut. Selanjutnya dilakukan *Soil investigation* yaitu dengan melakukan 2 titik pekerjaan *Borehole* pada lokasi pekerjaan untuk mendapatkan data tanah. Kemudian dilakukan analisis DPT menggunakan

metode kesetimbangan batas dan Metode Elemen Hingga untuk mencari angka keamanan (FS).

A. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada pada koordinat $2^{\circ} 50'38,92''$ LS, $104^{\circ} 10'59,28''$ BT Taja Jaya Indah, Betung, Kabupaten Banyu Asin, Sumatera Selatan 30958. Dokumentasi hasil survey awal pekerjaan dan topografi dilokasi pekerjaan dapat dilihat pada Gambar 1. Diketahui bahwa luasan area yang akan ditimbun adalah $152 \times 50 \text{ m}^2$ dengan beda tinggi antara area existing dan rencana timbunan adalah 8,5 m.



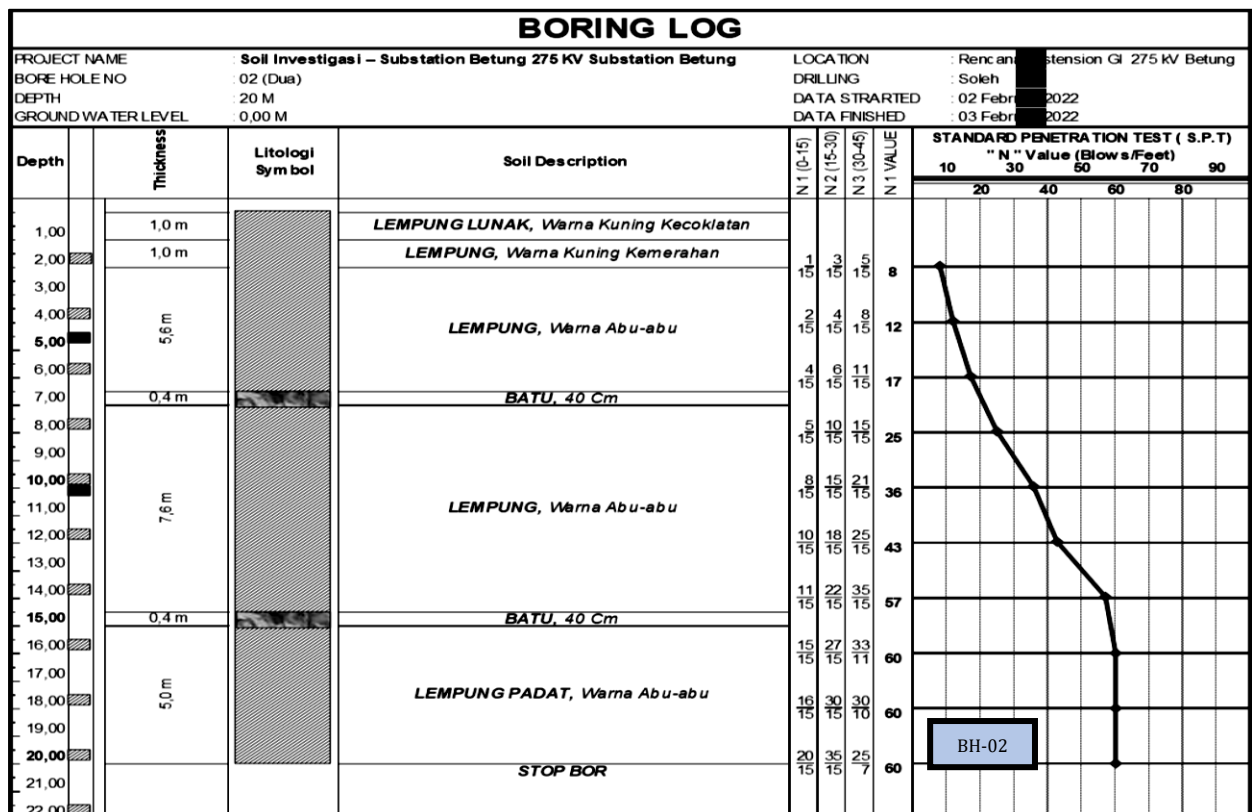
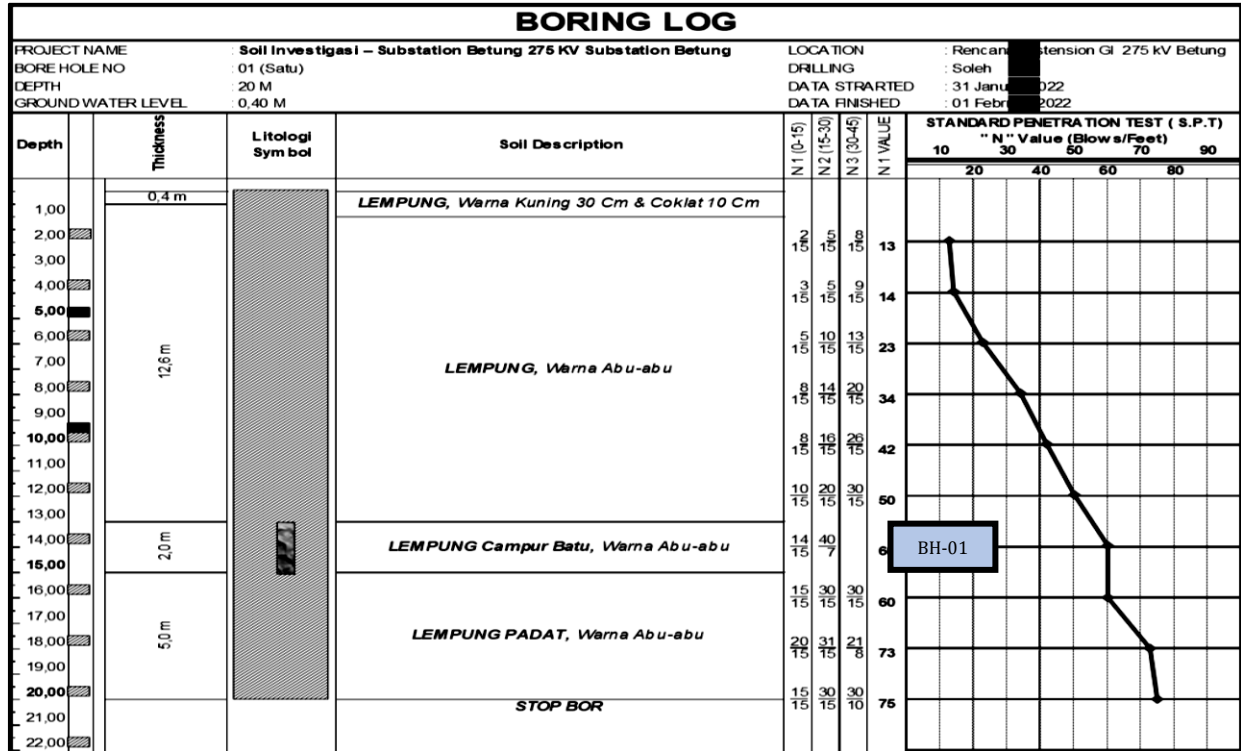
Gambar 1. Siteplan, gambaran lokasi dan titik borehole pada GITET 275 KV Betung

B. Data Tanah

Telah dilakukan *Soil Investigation* berupa 2 titik *Borehole* (SPT) pada titik yang dianggap mewakili untuk desain dinding penahan tanah[4]. Posisi titik pengujian *Borehole* terdapat pada Gambar 1. Dari data *Borehole* diketahui untuk titik

BH-01 dan BH-02 tanah keras berada pada kedalaman 20meter mendapat nilai pukulan NSPT >60. Hasil pengujian *Borehole* dapat dilihat pada Tabel 1

Tabel 1. Hasil *Borehole*



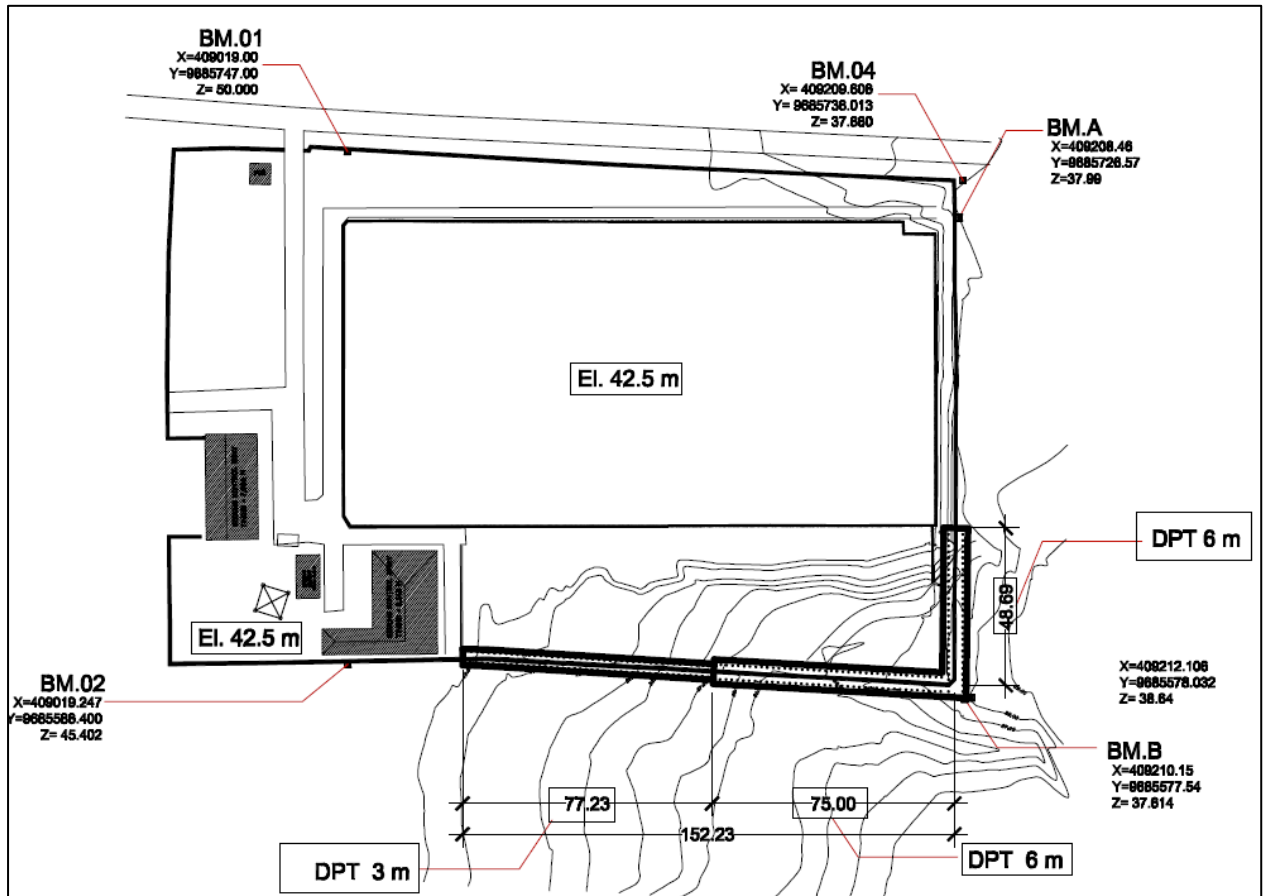
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Dinding Penahan Tanah

Dari data Tabel 1 akan direncanakan DPT dengan 2 tipe yaitu DPT 1 setinggi 3 m dengan Panjang 77,23 m dan DPT 2 setinggi 6 m dengan

Panjang 123,69 m. Kedua tipe DPT diatas direncanakan menggunakan fondasi dalam.

Dalam penelitian ini hanya akan dibahas satu tipe DPT yaitu DPT 2 dengan tinggi 6 m, berikut siteplan rencana posisi DPT berdasarkan data tanah dan peta topografi seperti Gambar 2.



Gambar 2. Siteplan, gambaran lokasi dan titik borehole pada GITET 275 KV Betung

1) Analisis Stabilitas DPT menggunakan Metode Kesetimbangan batas.

Parameter Tanah Dan Dinding Penahan Diketahui data tanah sebagai berikut:

- berat volume tanah basah (γ_{sat}) = 19.81 kN/m³
- sudut geser (ϕ) = 27°
- kohesi (c) = 22 kN/m²
- berat volume air (γ_w) = 10 kN/m³
- berat jenis beton (γ) = 24 kN/m
- berat jenis efektif (γ') = 9.81 kN/m³

Tahapan dalam analisis DPT adalah menghitung tekanan tanah aktif menggunakan persamaan berikut:

$$Pa = (0,5 \times Ka \times \gamma \times H^2) \quad (1)$$

$$Pa = (Ka \times q \times H) \quad (2)$$

Tahapan selanjutnya adalah menganalisis stabilitas DPT terhadap geser, guling dan stabilitas daya dukung [7] menggunakan persamaan berikut :

$$Fs \text{ guling} = (\Sigma MR) / (\Sigma Mo) > 1,5 \quad (3)$$

$$Fs \text{ geser} = ((\Sigma V) \tan \Phi / Pa) > 2 \quad (4)$$

$$qu = (C \times Nc \times Fcd \times Fci) + (q \times Nq \times Fqd \times Fqi) + (0,5 \times \gamma \times B \times N\gamma \times F\gamma d \times F\gamma i) \quad (5)$$

$$Fs \text{ daya dukung} = \frac{qu}{q_{max}} > 3 \quad (6)$$

Dari perhitungan menggunakan persamaan diatas desain DPT 6 dalam kondisi aman, dimana hasil yang didapat adalah FS guling = 4.938; FS geser = 1.868; dan FS daya dukung = 26,5.

Tahapan selanjutnya adalah analisis penulangan dari DPT.

2) Desain Penulangan Dinding Penahan Tanah

Parameter dinding penahan tanah untuk struktur [8] adalah sebagai berikut:

$F_c' = 30 \text{ Mpa}$

$F_y = 420 \text{ Mpa}$

$d = 944 \text{ mm}$

$b = 1000 \text{ m}$

Selimit Beton = 40 mm

Tulangan = 32 mm dan 16 mm

$\Sigma M = 583.0 \text{ kNm} \times 1.2 = 874.51 \text{ kNm}$

$$K_{perlu} = \frac{Mu}{(0.8 \times b \times d^2)} \tag{7}$$

$$= 1126.678472 \text{ kN/m}^2$$

$$= 122667847 \text{ Mpa}$$

$$\rho_{perlu} = \frac{0.85F_c'}{F_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2k}{0.85f_c}} \right) \tag{8}$$

$\rho_{perlu} = 0.00524$

$\rho_{min} = 0.0035$

$\rho_{max} = 0.0484$

$\rho_{perlu} < \rho_{min}$ maka yang dipakai adalah

$\rho_{perlu} = 0.00524$

a) Luas Tulangan Pokok

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d \tag{9}$$

$$= 0.00524 \times 1000 \times 944$$

$$= 4946.92992 \text{ mm}^2$$

Maka besi yang dipakai = D32-150 (4956.46) mm²

b) Luas Tulangan Susut

$$A_s = 0.002 \cdot b \cdot h \tag{10}$$

$$= 0.002 \times 1000 \times 1000$$

$$= 2000 \text{ mm}^2$$

Maka Besi yang dipakai = D16 - 100 (2009.6 mm²)

3) Desain Pondasi Dalam / Borepile Untuk Dinding Penahan Tanah

Parameter perhitungan Pondasi borepile [9] adalah sebagai berikut:

Diketahui: beban vertikal

a. Beban Vertikal (DPT + Tanah)
 $= 701.154 \times 48 \text{ m} = 33655.39 \text{ kN}$

b. Beban Poring Beton (Tebal 30 cm)
 $= 0,3 \times 7.5 \text{ m} \times 48 \text{ m} \times B_j \text{ beton} = 2592 \text{ kN}$

TOTAL = 36247.39 kN = 3694.94 Ton

Jenis Perkuatan: Besi Borepile

Kedalaman Perkuatan 22 m

Diameter tiang = 60 cm

Luas Tiang (A) = 0.2826 m²

Keliling Tiang (K) = 0.0188 m

$Q_u = A_p \cdot C_u \cdot N_c + N_{spt} \cdot A_s \tag{11}$

$N_c^* = \frac{4}{3} \ln(Irr + 1) + \frac{\pi}{2} + 1 \tag{12}$

Irr = 200, maka didapat nilai $N_c^* = 8,27$

c. Kekuatan 1 Tiang

$$q_u = 0,2826 \times 200 \times 8,27 + (740)$$

$$= 1207.42 \text{ Kg}$$

$$= 120.74 \text{ Ton}$$

$$= 1184.48 \text{ Kn}$$

d. Jumlah Tiang

$$n = \frac{\Sigma V}{q_u}$$

$$= \frac{36247.39}{1184.48}$$

$$= 30.60 \text{ bh}$$

$$= 32 \text{ bh}$$

(dengan jarak antar tiang 2.15 m)

Jika digunakan jarak antar tiang 2,15 m, maka didapatkan,

jumlah lajur (n) = 24 dan

jumlah baris (m) = 2

$m = 2$

$n = 24$

$$\Phi = \arctan \frac{d}{s} \tag{13}$$

$$= \arctan \frac{60}{215}$$

$$= 15.593$$

$$Eq = 1 - \frac{\theta}{90^\circ} \left[\frac{(n-1)m + (m-1)n}{m \cdot n} \right]$$

$$Eq = \frac{1-15.593}{90} \left(\frac{(24-1)2 + (2-1)24}{2 \times 24} \right) \tag{14}$$

$$= 0.74734$$

$Q_{ag} = 0,74734 \times 1184,48 \times 48$
 $= 4294.04 \text{ kN} > 36247.39 \text{ kN}$

(Pondasi Aman)

Gambar *Detail engineering design* dari DPT 6 m dapat dilihat pada Gambar 4.

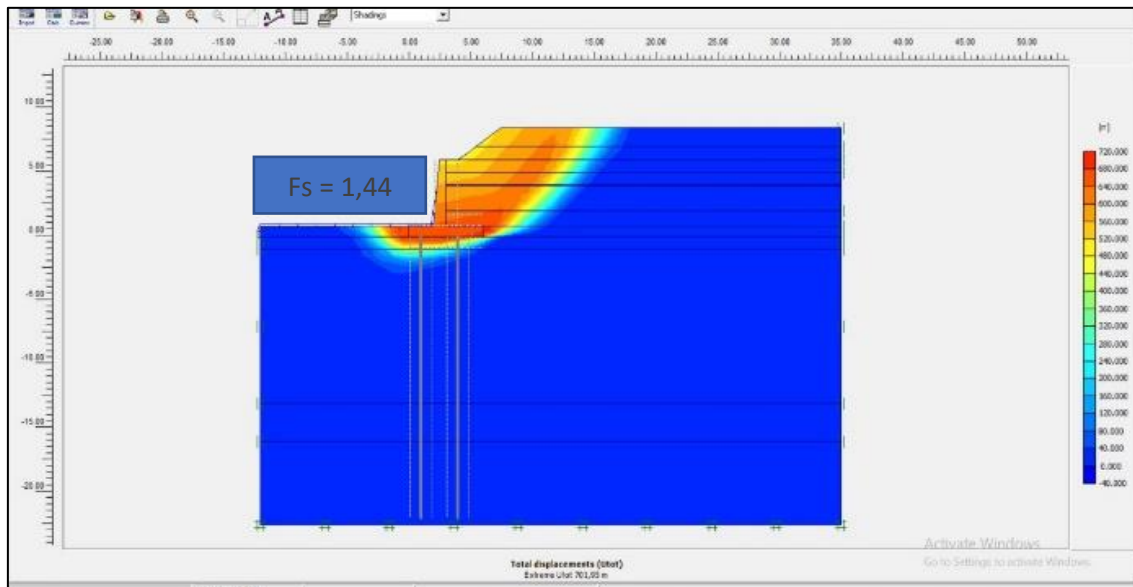
B. Analisis Dinding penahan tanah dengan metode elemen hingga

Tahapan analisis DPT menggunakan metode elemen hingga adalah *Input* Tahapan analisis DPT dengan adalah (1). *Input* geometrik dan data

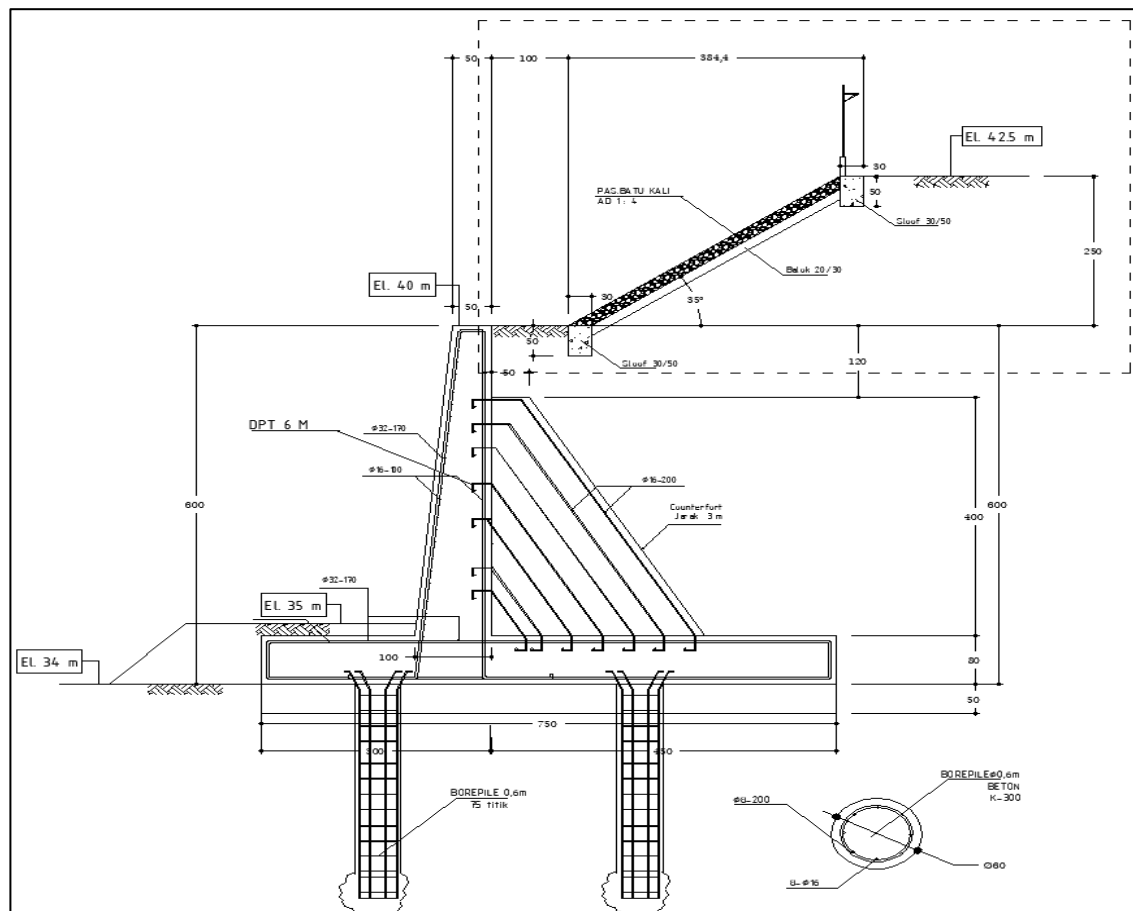
lapisan tanah; (2). *Input* Fondasi dalam; (3). *Input* desain DPT ; (4) *Input* tanah timbunan [10].

Hasil analisis stabilitas DPT menggunakan angka keamanan sebesar 1,44. Angka keamanan

ini masih lebih besar dari angka keamanan yang disyaratkan ($FS = 1,25$). Hasil analisis dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. *Output* Hasil Analisis DPT 6 m menggunakan metode elemen hingga



Gambar 4. *Detail Engineering* Desain DPT dan Borepile

II. KESIMPULAN

Dari penelitian ini diketahui bahwa, luasan dari timbunan untuk perluasan transmisi dari GITET 275 KV Betung adalah 152x50 m² dengan tinggi timbunan 3-9 m. Kondisi tanah dasar untuk DPT sebagai upaya stabilitas lereng adalah lempung padat dengan nilai N-SPT > 60 pada kedalaman 20 m. Desain DPT untuk stabilitas lereng adalah tipe *counterfort* dengan tinggi 6 m dilengkapi dengan borepile diameter 60 cm dan Panjang 22 m untuk setiap 2,15 m jalur menerus DPT. Dari hasil analisis kesetimbangan batas dan metode elemen hingga *Detail engineering design* yang dibuat dalam kondisi Aman.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Politeknik Negeri Sriwijaya dan Tim PT.PLN UIP Sumbagsel, khususnya Jurusan Teknik Sipil yang telah memberikan dukungan dalam penyusunan artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. M. A. Firnanda, I. Effendi, and D. U. Y.W., "Perencanaan Setting Relay Differential Sebagai Proteksi Utama Transformator 500 Mva Gitet 500/275 Kv Muara Enim Pt. Pln (Persero) Uip Sumbagsel," *J. Desiminasi Teknol.*, vol. 9, no. 2, 2021, doi: 10.52333/destek.v9i2.782.
- [2]. E. P. Pane, I. N. Muhamad, and D. Wiadnya, "Analisis Dinding Penahan Tanah Dengan Pondasi Tiang Bor Studi Kasus Tower PLN SUTT 150KV No.71 Di Jalan Gatot Subroto Barat Denpasar," *Pros. Semin. Nas. Perikan. dan Kelaut. VII*, vol. 12, no. November, pp. 126–130, 2020.
- [3]. M. Putra, *Tanah Longsor dan Upaya Pencegahannya*. 2020. [Online]. Available: https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=h_g-EAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR6&dq=prategang+eksternal&ots=KxwDLohOW9&sig=ZiRjN-myDX3Tr1H-sAU_PaJ1dj0
- [4]. SNI-8460:2017, "SNI 8460-2017," *Persyaratan Perancangan Geoteknik.*, vol. 8460, p. 2017, 2017.
- [5]. Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, "Kumpulan Korelasi Parameter Geoteknik dan Fondasi," pp. 1–116, 19AD.
- [6]. Bowles, Joseph E. *Foundation analysis and design*. 1988.
- [7]. M. S. Gumilar P, R. Marpen, and K. R. Amalia, "Perbandingan Kapasitas Daya Dukung Fondasi Tiang Pancang Berdasarkan Pengujian Data Sondir dan Data N-SPT," *J. Talent. Sipil*, vol. 5, no. 2, p. 311, 2022, doi: 10.33087/talentsipil.V5i2.70.
- [8]. K. Ciptaning, Y. Yunus, and S. M. Saleh, "Analisis Stabilitas Lereng Dengan Kontruksi Dinding Penahan Tanah Tipe Counterfort," *J. Arsip Rekayasa Sipil dan Perenc.*, vol. 1, no. 2, pp. 58–68, 2018, doi: 10.24815/jarsp.v1i2.10942.
- [9]. A. A. Prabowo, D. A. Pratama, and P. A. M. Agung, "Perbandingan Daya Dukung Antara Pondasi Tiang Pancang Dengan Pondasi Bor," *Semin. Nas. Tek. Sipil Politek. Negeri Jakarta*, 2019.referend
- [10]. R. Handayana, D. Dharmawansyah, E. Kurniati, and A. Mawardin, "Analisis Dinding Penahan Tanah Pada Sungai Brang Biji," *J. Tek. dan Sains*, vol. 1, no. 2, pp. 23–32, 2020, [Online]. Available: <http://jurnal.uts.ac.id/index.php/hexagon/article/view/614>