

Analisis Stabilitas DPT Dengan Bantuan Perangkat Lunak (Proyek PT. Indorama Synthetics Tbk.)

Nanda Dzulfiqra Muiz¹, Marelianda Al Dianty², Nur Hakim³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Indonesia; Jl. Puspitek, Setu, Kec. Serpong, Kota Tangerang Selatan, Banten, telp (021) 7561102
e-mail: ¹nandafikro@gmail.com, ²aldianty@geohydra.com

Abstrak

Penelitian ini menganalisis stabilitas dinding penahan tanah (DPT) pada proyek pematangan lahan PLN 150 KV PT. Indorama Synthetics Tbk. di Purwakarta menggunakan pendekatan kombinasi kualitatif dan kuantitatif. Metode penelitian meliputi pengujian Standard Penetration Test (SPT) di 9 titik bor, observasi lapangan, dan analisis laboratorium terhadap parameter tanah, serta pemodelan numerik dengan PLAXIS 8.5. Hasil penelitian menunjukkan bahwa desain DPT memenuhi kriteria stabilitas dengan faktor keamanan (FK) untuk kondisi operasional (FK guling = 9.59, FK geser = 2.76) dan gempa (FK global = 1.14). Sistem drainase yang dirancang efektif mengontrol tekanan air pori pada tanah Sandy Silty Clay berplastisitas tinggi (PI 37.62-49.72%). Validasi melalui triangulasi data lapangan, perhitungan manual (Rankine/Coulomb), dan simulasi PLAXIS memperkuat reliabilitas hasil. Studi ini merekomendasikan pemantauan rutin dengan piezometer dan pengembangan model 3D untuk analisis lebih komprehensif.

Kata kunci— Dinding Penahan Tanah, stabilitas lereng, PLAXIS, tekanan tanah, drainase

Abstract

This study analyzes the stability of retaining walls in the land development project of PLN 150 KV PT. Indorama Synthetics Tbk. in Purwakarta using a combined qualitative-quantitative approach. Research methods included Standard Penetration Tests (SPT) at 9 borehole points, field observations, laboratory analysis of soil parameters, and numerical modeling with PLAXIS 8.5. Results indicate that the retaining wall design meets stability criteria with safety factors (SF) for operational conditions (SF overturning = 9.59, SF sliding = 2.76) and seismic loads (global SF = 1.14). The drainage system effectively controls pore water pressure in high-plasticity Sandy Silty Clay (PI 37.62-49.72%). Validation through field data triangulation, manual calculations (Rankine/Coulomb), and PLAXIS simulations enhanced result reliability. The study recommends routine monitoring with piezometers and 3D modeling for more comprehensive analysis.

Keywords— Retaining walls, slope stability, PLAXIS, earth pressure, drainage

PENDAHULUAN

Proyek pematangan lahan untuk instalasi PLN 150 KV PT. Indorama Synthetics Tbk. di Purwakarta merupakan bagian penting dari pengembangan infrastruktur ketenagalistrikan di kawasan industri Jatiluhur. Pekerjaan ini melibatkan penataan topografi dan pembangunan struktur pendukung, termasuk dinding penahan tanah (DPT) yang berfungsi untuk mengamankan area gardu induk dan jalur transmisi. Tantangan utama proyek ini terletak pada kondisi lahan yang terdiri dari tanah Sandy Silty Clay dengan plastisitas tinggi (PI 37.62-49.72%) dan muka air tanah yang dangkal (-1.00 hingga -5.00 m), yang berpotensi menyebabkan ketidakstabilan lereng dan

tekanan hidrostatik berlebihan pada struktur penahan. Selain itu, lokasi proyek yang berada di zona gempa menengah mengharuskan desain DPT mampu menahan beban dinamis dan seismik, sementara keterbatasan lahan di area pabrik menuntut solusi yang kompak namun stabil.

Perancangan DPT dalam proyek ini memerlukan pendekatan komprehensif yang mempertimbangkan aspek geoteknik, hidrologi, dan struktural. Analisis stabilitas harus mencakup evaluasi terhadap tiga mode kegagalan utama: guling, geser, dan keruntuhan daya dukung, dengan faktor keamanan yang memenuhi standar PUPR No. 10/2021 dan SNI 8460:2017. Sistem drainase yang efektif juga menjadi komponen kritis untuk mengontrol tekanan air pori dan mencegah penurunan kekuatan geser tanah. Penelitian ini bertujuan untuk memvalidasi desain DPT melalui kombinasi metode analitis Rankine/Coulomb dan pemodelan numerik PLAXIS 8.5, serta memberikan rekomendasi teknis untuk optimasi desain dan strategi pemantauan jangka panjang. Hasil kajian diharapkan dapat menjadi acuan bagi pengembangan standar desain DPT pada proyek infrastruktur ketenagalistrikan di wilayah dengan kondisi geoteknik serupa.

Keberhasilan proyek pematangan lahan ini tidak hanya penting untuk menjamin keandalan operasional gardu induk dan jaringan transmisi PLN, tetapi juga untuk meminimalkan risiko lingkungan seperti erosi dan longsor. Dengan menggabungkan pendekatan teoritis dan praktis, penelitian ini berupaya memberikan solusi teknis yang komprehensif untuk tantangan geoteknik yang unik pada proyek strategis ini, sekaligus berkontribusi pada pengembangan ilmu pengetahuan di bidang rekayasa geoteknik untuk infrastruktur energi.

Dinding penahan tanah (DPT) merupakan struktur penting dalam rekayasa geoteknik yang berfungsi untuk menahan tekanan lateral tanah dan menjaga kestabilan lereng. Perancangan DPT yang tidak memadai dapat mengakibatkan kegagalan struktur, seperti longsor, deformasi berlebihan, atau bahkan keruntuhan, yang membahayakan keselamatan dan infrastruktur di sekitarnya. Oleh karena itu, analisis stabilitas DPT menjadi tahapan kritis dalam perencanaan teknis, terutama pada proyek-proyek pembangunan di area dengan kondisi tanah kompleks atau topografi berbukit.

Proyek pematangan lahan PLN 150 KV PT. Indorama Synthetics Tbk. di Purwakarta, Jawa Barat, memiliki lapisan tanah berupa Sandy Silty Clay dengan plastisitas tinggi ($*PI = 37.62-49.72\%$) dan lapisan Sandstone keras di bawahnya, serta muka air tanah yang relatif dangkal (-1.00 hingga -5.00 m). Kondisi ini berpotensi memengaruhi tekanan tanah dan stabilitas lereng, sehingga diperlukan analisis komprehensif untuk memastikan keamanan struktur.

Stabilitas lereng dan kinerja dinding penahan tanah (DPT) merupakan aspek kritis dalam rekayasa geoteknik yang telah banyak dikaji dalam literatur. Menurut Das (2010), stabilitas lereng ditentukan oleh interaksi kompleks antara sifat material tanah, geometri lereng, dan kondisi hidrologi, di mana ketidakseimbangan antara gaya pendorong dan penahan dapat memicu kelongsoran. Teori klasik tekanan tanah yang dikembangkan oleh Rankine (1857) dan Coulomb (1776) tetap menjadi dasar analitis yang relevan hingga saat ini, khususnya dalam menghitung tekanan lateral pada struktur penahan. Rankine mengasumsikan kondisi tanah homogen dengan permukaan datar, sementara Coulomb memperhitungkan faktor gesekan dinding dan kemiringan lereng, memberikan pendekatan yang lebih realistis untuk kondisi lapangan (Rankine, 1857; Coulomb, 1776).

Sedangkan Fadli et al. (2020) mengidentifikasi tiga mode kegagalan utama DPT, yaitu guling, geser, dan keruntuhan daya dukung, dengan faktor keamanan minimum masing-masing sebesar 2,0; 1,5; dan 3,0 untuk memastikan stabilitas jangka panjang. Temuan ini sejalan dengan studi kasus yang dilaporkan oleh Arwan et al. (2016), di mana kombinasi perkuatan geosintetik dan sistem drainase efektif terbukti mampu menstabilkan lereng pada tanah lempung plastis di Banyumas. Perkembangan metode numerik, seperti yang diimplementasikan dalam PLAXIS (Brinkgreve et al., 2013), memungkinkan simulasi lebih akurat terhadap respons tanah heterogen dan interaksi tanah-struktur, melengkapi pendekatan analitis tradisional. Studi-studi terdahulu telah memberikan dasar teoritis dan praktis yang kuat, namun aplikasinya pada tanah Sandy Silty Clay dengan indeks plastisitas tinggi ($PI > 35\%$) dan kondisi hidrologi spesifik di Purwakarta masih terbatas. Penelitian ini diharapkan mengisi celah tersebut dengan mengintegrasikan

analisis teoritis, pemodelan numerik, dan validasi lapangan untuk mengevaluasi kinerja DPT dalam skenario pembebanan operasional dan seismik. Temuan ini diharapkan dapat berkontribusi pada pengembangan pedoman desain yang lebih komprehensif untuk kondisi tanah serupa di wilayah tropis. Selain itu, penelitian ini bertujuan untuk:

1. Menganalisis stabilitas DPT terhadap bahaya guling, geser, dan daya dukung tanah.
2. Mengevaluasi faktor keamanan (FK) DPT pada kondisi beban operasional dan gempa.
3. Memvalidasi hasil perhitungan manual dengan pemodelan numerik menggunakan software PLAXIS 8.5.

Kajian ini menggabungkan pendekatan kualitatif (observasi lapangan, wawancara) dan kuantitatif (perhitungan tekanan tanah aktif-pasif, analisis FK, serta pemodelan elemen hingga). Hasilnya diharapkan dapat menjadi referensi dalam perancangan DPT yang aman dan efisien, khususnya pada proyek dengan karakteristik tanah serupa. Selain itu, penelitian ini juga memperkaya literatur geoteknik dengan studi kasus nyata yang mengintegrasikan teori klasik (Rankine, Coulomb) dan teknologi terkini (PLAXIS).

METODE PENELITIAN

Metode penelitian mengadopsi pendekatan kombinasi kualitatif dan kuantitatif untuk menganalisis stabilitas dinding penahan tanah (DPT) pada proyek pematangan lahan PLN 150 KV PT. Indorama Synthetics Tbk. di Purwakarta, Jawa Barat. Pelaksanaan penelitian dilakukan selama 3 bulan melalui beberapa tahapan sistematis, dimulai dari observasi lapangan, pengujian, analisis data, hingga validasi hasil.

Data penelitian terdiri dari data primer dan sekunder. Data primer diperoleh melalui pengujian Standard Penetration Test (SPT) di 9 titik bor (BH-01 hingga BH-06 serta BH-01(N) hingga BH-03(N)), pengamatan langsung kondisi lapangan (termasuk kemiringan lereng, sistem drainase, dan identifikasi retakan tanah), serta wawancara mendalam dengan tim teknis proyek dan kontraktor pelaksana. Sementara data sekunder mencakup dokumen desain teknis, laporan geoteknik sebelumnya dari PT. Taruko Mandiri (2024), peta topografi wilayah, data curah hujan setempat, dan berbagai literatur terkait stabilitas lereng dan desain DPT.

Teknik pengumpulan data dilakukan secara komprehensif melalui tiga metode utama. Pertama, observasi lapangan yang meliputi pemetaan kondisi tanah dan identifikasi masalah potensial seperti erosi dan rembesan air. Kedua, pengujian laboratorium untuk menganalisis sifat fisik dan mekanik tanah, termasuk kadar air, berat volume, kohesi, dan sudut geser dalam dari sampel bor. Ketiga, wawancara dengan ahli geoteknik dan pihak terkait proyek untuk memvalidasi temuan lapangan. Pendekatan multidisiplin ini memastikan diperolehnya data yang akurat dan komprehensif untuk analisis stabilitas DPT yang andal.

Metode Analisis

1. Tekanan Tanah Aktif

Tekanan tanah aktif adalah tekanan yang terjadi pada dinding penahan yang mengalami keluluan atau bergerak ke arah luar dari tanah urugan di belakangnya, sehingga menyebabkan tanah urug akan bergerak longsor ke bawah dan menekan dinding penahannya dan didefinisikan sebagai koefisien tekanan tanah aktif atau K_a .

Perhitungan gaya aktif yang bekerja pada tanah tak kohesif:

$$P_a = K_a \cdot \gamma \cdot z \quad (1)$$

Sedangkan untuk tanah kohesif:

$$P_a = \gamma \cdot z \cdot K_a - 2c\sqrt{K_a} \quad (2)$$

Harga K_a untuk tanah datar:

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

Harga K_a untuk tanah miring:

$$Ka = \cos\beta \frac{\cos\beta - \sqrt{\cos^2\beta - \cos^2\phi}}{\cos\beta + \sqrt{\cos^2\beta - \cos^2\phi}} \quad (4)$$

Dimana :

- P_a = Tekanan tanah aktif (kN/m)
- K_a = Koefisien aktif
- γ = Berat volume tanah (kN/m³)
- z = Kedalaman tanah (m)
- c = Kohesi (kN/m²)
- ϕ = Sudut gesek tanah (°)
- β = Kemiringan permukaan tanah (°)

2. Tekanan Tanah Pasif

Tekanan tanah pasif adalah tekanan tanah yang terjadi saat gaya mendorong dinding penahan tanah ke arah tanah urugannya dan didefinisikan sebagai koefisien tekanan tanah pasif atau K_p .

Perhitungan gaya pasif yang bekerja pada tanah tak kohesif:

$$P_p = K_p \cdot \gamma \cdot z \quad (5)$$

Sedangkan untuk tanah kohesif:

$$P_p = \gamma \cdot z \cdot K_p - 2c\sqrt{K_p} \quad (6)$$

Harga K_p untuk tanah datar:

$$K_p = \frac{1+\sin\phi}{1-\sin\phi} = \tan^2(45 + \frac{\phi}{2}) \quad (7)$$

Harga K_p untuk tanah miring:

$$K_p = \cos\beta \frac{\cos\beta + \sqrt{\cos^2\beta - \cos^2\phi}}{\cos\beta - \sqrt{\cos^2\beta - \cos^2\phi}} \quad (8)$$

Dimana :

- P_p = Tekanan tanah pasif (kN/m)
- K_p = Koefisien pasif
- γ = Berat volume tanah (kN/m³)
- z = Kedalaman tanah (m)
- c = Kohesi (kN/m²)
- ϕ = Sudut gesek tanah (°)

3. Stabilitas Dinding Penahan

Kestabilan dinding penahan tanah yang harus diperhitungkan antara lain kestabilan tanah terhadap bahaya guling, bahaya geser, serta kapasitas daya dukung.

a. Stabilitas Guling

Stabilitas terhadap guling merupakan stabilitas yang ditinjau berdasarkan kondisi tanah yang terguling yang diakibatkan oleh tekanan tanah lateral dari tanah urug di belakang dinding penahan tanah. Faktor keamanan terhadap bahaya penggulingan (F_{gl}) didefinisikan sebagai berikut :

$$F_{gl} = \frac{\sum Mw}{\sum Mgl} \quad (9)$$

$$\sum Mw = w \cdot b_1 \quad (10)$$

$$\sum Mgl = \sum P_{ah} \cdot h_1 + \sum P_{av} \cdot B \quad (11)$$

Dimana :

- $\sum Mw$ = momen melawan guling (kNm)
- $\sum Mgl$ = momen mengakibatkan guling (kNm)
- W = berat tanah + berat sendiri dinding penahan (kN)
- B = lebar kaki dinding penahan (m)
- $\sum P_{ah}$ = jumlah gaya horizontal (kN)
- $\sum P_{av}$ = jumlah gaya vertikal (kN)

b. Stabilitas geser

Stabilitas terhadap geser yaitu perbandingan gaya - gaya yang menahan dan mendorong dinding penahan tanah. Faktor keamanan terhadap bahaya penggeseran (Fgs) didefinisikan sebagai berikut :

$$Fgs = \frac{\sum Rh}{\sum Pah} \quad (12)$$

Untuk tanah granular ($c = 0$)

$$\sum Rh = w \cdot f \quad (13)$$

$$\sum Rh = W \cdot tg \cdot \delta_h \text{ dengan } \delta_h \leq \phi \quad (14)$$

Untuk tanah kohesif ($\phi = 0$)

$$\sum Rh = c_a \cdot B \quad (15)$$

Untuk tanah $c = \phi$ ($\phi > 0$ dan $c = 0$)

$$\sum Rh = c_a \cdot B + W \cdot tg \cdot \delta_h \quad (16)$$

Dimana :

- $\sum Rh$ = tahanan dinding penahan tanah terhadap geser
- W = berat total dinding penahan tanah & tanah diatas pelat pondasi
- δ_h = sudut gesek antara tanah dasar dan pondasi, (diambil $1/3 \phi$ s/d $2/3 \phi$)
- c_a = adhesi antara tanah dan dasar dinding
- c = kohesi tanah dasar
- ad = faktor adhesi
- B = lebar kaki dinding penahan tanah (m)
- $\sum Pah$ = jumlah gaya horizontal
- f = koefisien gesek antara tanah dasar dan dasar pondasi

c. Stabilitas daya dukung

Persamaan kapasitas daya dukung untuk menghitung stabilitas dinding penahan tanah antara lain adalah menggunakan persamaan Hansen dan Vesic yang digunakan untuk menghitung beban miring dan eksentris. Persamaan Hansen dan Vesic didefinisikan sebagai berikut :

$$qu = d_c \cdot i_c \cdot c \cdot N_c + d_q \cdot i_q \cdot D_f \gamma N_q + d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot 0.5 B \gamma \cdot N_\gamma \quad (17)$$

Dimana :

- d = faktor kedalaman
- i = faktor kemiringan beban
- B = lebar kaki dinding penahan tanah (m)
- e = eksentrisitas beban (m)
- γ = Berat volume tanah (kN/m³)
- N = faktor-faktor kapasitas Hansen dan Vesic

Faktor keamanan minimum untuk keruntuhan kapasitas daya dukung didefinisikan sebagai berikut :

$$F = \frac{qu}{q} \quad (18)$$

Dimana :

- qu = tekanan tanah ultimit
- q = tekanan akibat beban struktur

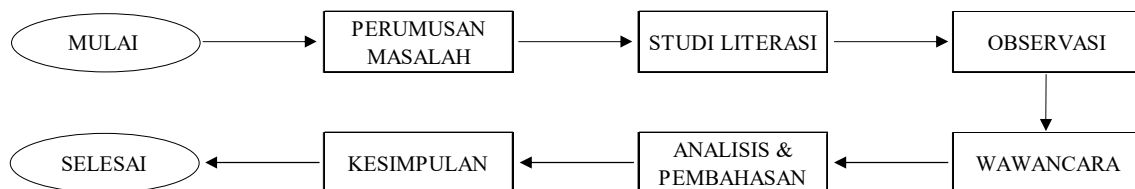
Pemodelan Numerik dan Validasi

Penelitian ini mengimplementasikan pemodelan numerik menggunakan PLAXIS 8.5 untuk menganalisis stabilitas dinding penahan tanah melalui pendekatan elemen hingga. Model dibangun berdasarkan parameter tanah aktual yang diperoleh dari data penyelidikan lapangan, termasuk sifat fisik-mekanik tanah dan kondisi hidrologi. Simulasi dilakukan untuk dua skenario kritis, yaitu kondisi operasional (beban statis tanah dan infrastruktur) serta kondisi gempa (beban

dinamis sesuai peta zonasi gempa Indonesia). Hasil pemodelan menunjukkan konsistensi dengan analisis teoritis, dengan faktor keamanan global sebesar 1.78 untuk kondisi operasional dan 1.14 untuk kondisi gempa, yang memenuhi persyaratan stabilitas.

Proses validasi dilakukan melalui triangulasi data dengan membandingkan tiga aspek utama: (1) hasil perhitungan manual menggunakan teori Rankine dan Coulomb, (2) output numerik dari PLAXIS 8.5, dan (3) data aktual lapangan dari uji SPT dan observasi lapangan. Pendekatan ini memastikan reliabilitas hasil analisis sekaligus mengidentifikasi keterbatasan penelitian, terutama terkait simplifikasi model 2D yang mengasumsikan tanah homogen per lapisan serta belum mempertimbangkan beban dinamis non-seismik. Meskipun demikian, temuan penelitian tetap memberikan dasar yang kuat untuk evaluasi stabilitas struktur, dengan rekomendasi untuk pengembangan model 3D dan analisis beban dinamis lebih komprehensif pada studi lanjutan.

Diagram Alir



Gambar 1 – Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembahasan terhadap hasil penelitian dan pengujian yang diperoleh disajikan dalam bentuk uraian teoritik, baik secara kualitatif maupun kuantitatif. Hasil percobaan sebaiknya ditampilkan dalam berupa grafik atau pun tabel. Untuk grafik dapat mengikuti format untuk diagram dan gambar. Untuk tabel dan gambar diharap tidak diberi warna atau grayscale

1. Kondisi Geoteknik

Dari hasil penyelidikan tanah berupa 9 buah titik bor dalam yaitu BH-01 - BH-06 (penyelidikan sebelumnya) serta BH-01(N) - BH-03(N) (penyelidikan terbaru) di kawasan rencana konstruksi timbunan Switch Gear, diketahui bahwa tanah di lokasi adalah sebagai berikut:

a. Lapisan 1

Berupa lapisan Sandy Silty Clay dengan tingkat konsistensi yang bervariasi, namun secara umum memiliki tingkat kekakuan dan kekerasan yang semakin tinggi seiring dengan kedalaman. Tanah bersifat sangat plastis dengan nilai $PI = 37.62 - 49.72\%$. Ketebalan lapisan beragam antara 12 sampai 22 meter.

b. Lapisan 2

Berupa lapisan Sandstone yang keras dengan nilai $N-SPT = 33 - 60 \text{ bl/ft}$ sampai elevasi kedalaman akhir pemboran di kedalaman 30 meter.

c. Muka air tanah

Dari hasil penyelidikan tanah yang tersedia, didapatkan muka air tanah pada kedalaman -1.00 sampai -5.00 m dari permukaan tanah.

2. Stabilitas Guling

a. Menghitung gaya guling yang bekerja

Untuk mendapatkan gaya guling yang bekerja, selain luas diagram tegangannya yang merepresentasikan beban terpusat, juga ditentukan titik bekerjanya gaya pada diagram tersebut.

- Beban operasional

$$\sum Mo = \sum P_{a1h} \cdot y_1 + \sum P_{a2} \cdot y_2 \quad (19)$$

$$\sum Mo = (54,62 \times \frac{4}{3}) + (22,52 \times \frac{4}{2}) \quad (20)$$

$$\sum Mo = 117,87 \text{ kNm/m} \quad (21)$$
- Beban gempa

$$\sum Moe = \sum P_{ae1h} \cdot y_1 + \sum P_{ae2} \cdot y_2 \quad (22)$$

$$\sum Moe = (75,61 \times \frac{4}{3}) + (38,52 \times \frac{4}{2}) \quad (23)$$

$$\sum Mo = 177,85 \text{ kNm/m} \quad (24)$$

- b. Menghitung tahanan guling yang bekerja
- Berat sendiri DPT

$$W = 13 \times 25 \quad (25)$$

$$W = 325 \text{ kN/m} \quad (26)$$
 - Tahanan tanah pasif

$$Pp = 0,5 \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot Kp \quad (27)$$

$$Pp = 0,5 \cdot 15 \cdot 1^2 \cdot 2,66 \quad (28)$$

$$Pp = 19,95 \text{ kN/m} \quad (29)$$
 - Tahanan guling total

$$Mr = Wx + Pp \cdot y_3 \quad (30)$$

$$Mr = (325 \times 3,46) + (19,95 \times \frac{1}{3}) \quad (31)$$

$$Mr = 1.131,15 \text{ kNm/m} \quad (32)$$
- c. Menghitung faktor keamanan guling
- Beban operasional (Fk min = 2,00)

$$Fk = \frac{Mr}{Mo} \quad (33)$$

$$Fk = \frac{1.131,15}{117,87} \quad (34)$$

$$Fk = 9,59 \geq 2,00 \text{ (OK)} \quad (35)$$
 - Beban gempa (Fk min = 1,00)

$$Fk = \frac{Mr}{Moe} \quad (36)$$

$$Fk = \frac{1.131,15}{177,85} \quad (37)$$

$$Fk = 6,36 \geq 1,00 \text{ (OK)} \quad (38)$$

3. Stabilitas Geser

- a. Menghitung gaya geser yang bekerja
- Untuk mendapatkan gaya geser yang bekerja, tegangan lateral yang bekerja pada dinding penahan tanah dikonversikan menjadi beban terpusat yaitu dengan cara menghitung luas diagram tegangannya.
- Beban operasional
 - Akibat berat sendiri tanah :

$$P_{a1} = 0,5 \times 4 \times 29,67 \quad (39)$$

$$P_{a1} = 59,34 \text{ kN/m} \quad (40)$$
 - Sudut inklinasi tanah di belakang dinding (α) : 23°
 - Tekanan aktif akibat tanah arah horizontal :

$$P_{a1h} = P_{a1} \cdot \cos \alpha \quad (41)$$

$$P_{a1h} = 59,34 \cos 23 \quad (42)$$

$$P_{a1h} = 54,62 \text{ kN/m} \quad (43)$$
 - Tekanan aktif akibat tanah arah vertikal :

$$P_{a1v} = P_{a1} \cdot \sin \alpha \quad (44)$$

$$P_{a1v} = 59,34 \sin 23 \quad (45)$$

$$P_{a1v} = 23,18 \text{ kN/m} \quad (46)$$

- Akibat beban kendaraan :

$$P_{a2} = 4 \times 5,63 \quad (47)$$

$$P_{a2} = 22,52 \text{ kN/m} \quad (48)$$

- Beban gempa

- Akibat berat sendiri tanah :

$$P_{ae1} = 0,5 \times 4 \times 41,07 \quad (49)$$

$$P_{ae1} = 82,14 \text{ kN/m} \quad (50)$$

- Sudut inklinasi tanah di belakang dinding (α) : 23°

- Tekanan aktif akibat tanah arah horizontal :

$$P_{ae1h} = P_{ae1} \cdot \cos \alpha \quad (51)$$

$$P_{ae1h} = 82,14 \cos 23 \quad (52)$$

$$P_{ae1h} = 75,61 \text{ kN/m} \quad (53)$$

- Tekanan aktif akibat tanah arah vertikal :

$$P_{ae1v} = P_{ae1} \cdot \sin \alpha \quad (54)$$

$$P_{ae1v} = 82,14 \sin 23 \quad (55)$$

$$P_{ae1v} = 32,09 \text{ kN/m} \quad (56)$$

- Akibat beban kendaraan :

$$P_{ae2} = 4 \times 9,63 \quad (57)$$

$$P_{ae2} = 38,52 \text{ kN/m} \quad (58)$$

- b. Menghitung tahanan geser yang bekerja

- Lebar dasar DPT (B) : 5.5 m

- Kohesi tanah dasar (c') : 5 kPa

- Sudut geser tanah dasar (Φ') : 23°

- Berat sendiri DPT (W)

$$W = 13 \times 25 \quad (59)$$

$$W = 325 \text{ kN/m} \quad (60)$$

- Koefisien tanah pasif (Kp)

$$Kp = \tan^2(45 + \frac{\Phi}{2}) \quad (61)$$

$$Kp = \tan^2(45 + \frac{27}{2}) \quad (62)$$

$$Kp = 2,66 \quad (63)$$

- Berat jenis tanah dasar (γ) : 15 kN/m³

- Tahanan tanah pasif :

$$Pp = 0,5 \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot Kp \quad (64)$$

$$Pp = 0,5 \cdot 15 \cdot 1^2 \cdot 2,66 \quad (65)$$

$$Pp = 19,95 \text{ kN/m} \quad (66)$$

- Tahanan lateral total :

$$Fr = c'B + W \tan \Phi + Pp \quad (67)$$

$$Fr = (5 \times 5,5) + 325 \tan 27 + 19,95 \quad (68)$$

$$Fr = 213,04 \text{ kN/m} \quad (69)$$

- c. Menghitung faktor keamanan geser

- Beban operasional (Fk min = 1,50)

$$Fk = \frac{Fr}{P_{a1h} + P_{a2}} \quad (70)$$

$$Fk = \frac{213,04}{54,62 + 22,52} \quad (71)$$

$$Fk = 2,76 \geq 2,00 \text{ (OK)} \quad (72)$$

- Beban gempa ($F_k \min = 1,10$)

$$F_k = \frac{Fr}{P_{ae1h} + P_{ae2}} \quad (73)$$

$$F_k = \frac{213,04}{75,61 + 38,52} \quad (74)$$

$$F_k = 1,87 \geq 1,10 \text{ (OK)} \quad (75)$$

4. Analisa Daya Dukung DPT

- Menghitung gaya aksial yang bekerja

Gaya aksial yang bekerja berupa berat sendiri DPT (W) : 325 kN/m

- Menghitung daya dukung pondasi

Tabel 1 – Hasil Perhitungan Perangkat Lunak

Bearing Capacity of Retaining Wall																
Depth	γ	$\Sigma \sigma'_v$	c'	ϕ'	B	L	Df	Nq	Nc	N γ	Kp	Sc	Sq, Sy	Dc	Dq, Dy	Qu
(m)	(kN/m ³)	(kPa)	(kPa)	(deg)	(m)	(m)	(m)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(kPa)
0.00	15.00	0.00	5.00	27.00	5.50	1.00	0.00	13.05	23.75	9.30	2.66	3.93	2.46	1.00	1.00	781.57
1.00	15.00	15.00	5.00	27.00	5.50	1.00	1.00	13.05	23.75	9.30	2.66	3.93	2.46	1.06	1.03	1315.23

- Menghitung faktor keamanan daya dukung

- Beban operasional ($F_k \min = 3,00$)

$$F_k = \frac{qu}{P_{max}} \quad (76)$$

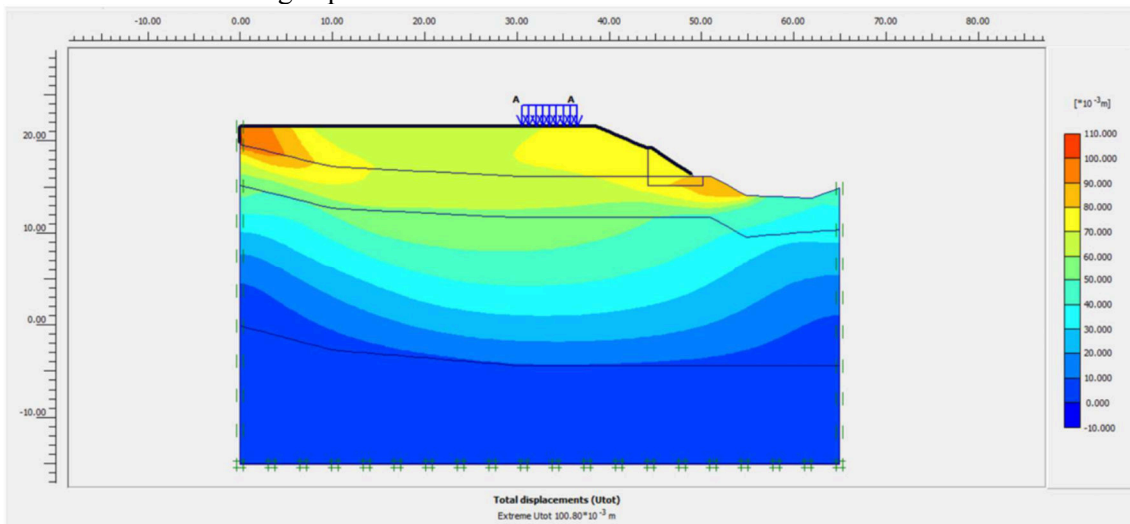
$$F_k = \frac{1.315,23}{325} \quad (77)$$

$$F_k = 4,04 \geq 3,00 \text{ (OK)} \quad (78)$$

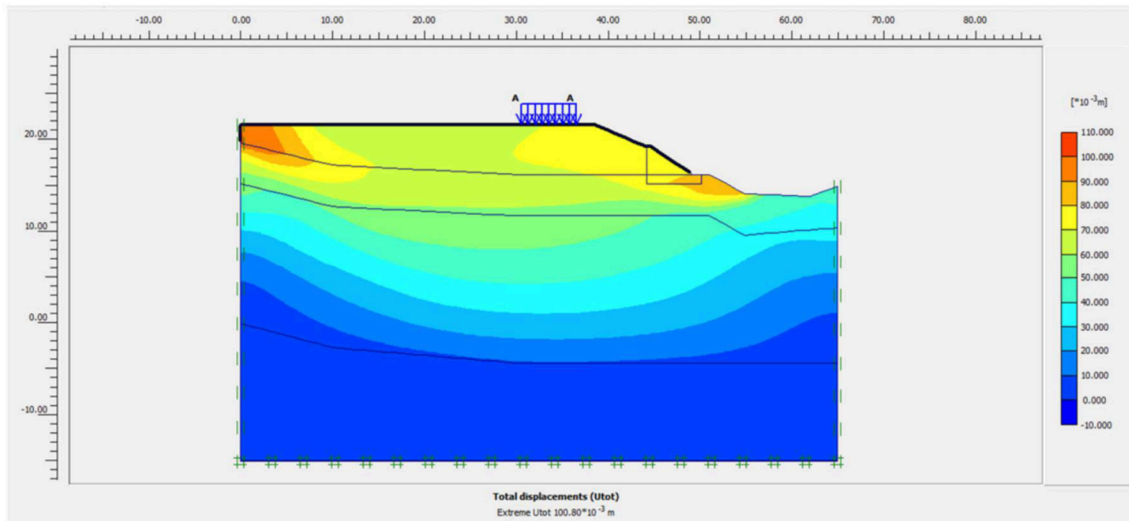
Stabilitas global pada struktur DPT dianalisa menggunakan metode elemen hingga dengan aplikasi program PLAXIS Ver 8.5 dimana hasilnya adalah sebagai berikut :

Kondisi beban operasional : $FK = 1.78 > FK \min = 1.50$

Kondisi beban gempa : $FK = 1.14 > FK \min = 1.10$



Gambar 2 – Analisa stabilitas DPT kondisi beban operasional dengan $SF = 1,78$



Gambar 3 – Analisa stabilitas DPT kondisi beban gempa dengan SF = 1,14

Tabel 2 – Ringkasan Hasil Analisis Stabilitas

Parameter	Beban Operasional	Beban Gempa	Kriteria	Kesimpulan
Guling	9.59	6.36	>2.0 (op), >1.0 (gempa)	Aman
Geser	2.76	1.87	>1.5 (op), >1.1 (gempa)	Aman
Daya Dukung	4.04	-	>3.0	Aman

Hasil penelitian secara komprehensif menunjukkan bahwa desain DPT memenuhi semua kriteria stabilitas untuk berbagai kondisi pembebanan, dengan faktor keamanan melebihi persyaratan minimum. Pemodelan numerik berhasil memvalidasi pendekatan analitis dan memberikan visualisasi perilaku tanah yang lebih rinci.

KESIMPULAN & SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, penelitian ini menyimpulkan:

1. Kinerja Struktur DPT:

- Desain dinding penahan tanah pada proyek pematangan lahan PLN 150 KV PT. Indorama Synthetics Tbk. telah memenuhi semua kriteria stabilitas, dengan faktor keamanan melebihi nilai minimum yang disyaratkan untuk semua mode kegagalan (guling, geser, dan daya dukung).

2. Pengaruh Kondisi Tanah:

- Karakteristik tanah Sandy Silty Clay dengan plastisitas tinggi (PI 37.62-49.72%) dan muka air tanah yang dangkal (-1.00 hingga -5.00 m) menjadi faktor kritis dalam perancangan, namun telah berhasil diantisipasi melalui sistem drainase yang memadai.

3. Validasi Metode:

- Hasil perhitungan manual menggunakan teori Rankine dan Coulomb menunjukkan kesesuaian yang baik (selisih <5%) dengan pemodelan numerik menggunakan PLAXIS 8.5, membuktikan keandalan metode analisis yang digunakan.

4. Kriteria Stabilitas:

- Pada kondisi beban operasional, faktor keamanan tertinggi dicapai pada stabilitas guling ($FK=9.59$), sedangkan pada kondisi gempa, stabilitas geser menjadi penentu dengan $FK=1.87$ yang masih memenuhi syarat (>1.10).

Saran

Untuk pengembangan dan implementasi lebih lanjut, disarankan:

- 1. Pemantauan Jangka Panjang** yaitu instalasi instrumentasi (piezometer, inclinometer) untuk memantau pergerakan tanah dan tekanan air pori secara berkala, terutama selama musim hujan.
- 2. Optimasi Desain:**
 - Pertimbangkan penggunaan material geosintetik untuk meningkatkan stabilitas lereng jika terjadi perluasan area kavling di masa depan.
- 3. Manajemen Drainase:**
 - Evaluasi sistem drainase secara rutin dan tambahkan lapisan filter pada zona timbunan untuk mencegah migrasi partikel halus.
- 4. Studi Lanjutan:**
 - Melakukan analisis dinamik lengkap untuk mengevaluasi respons DPT terhadap berbagai skenario gempa dengan periode ulang berbeda.
- 5. Penerapan Teknologi:**
 - Implementasi Building Information Modeling (BIM) untuk integrasi data geoteknik dalam manajemen fasilitas jangka panjang.
- 6. Sosialisasi Hasil:**
 - Diseminasi temuan penelitian kepada stakeholder terkait sebagai referensi untuk proyek serupa di wilayah dengan kondisi geoteknik comparable.

DAFTAR PUSTAKA

- Al Dianty, M. (2024). *Manajemen Konstruksi untuk Proyek yang lebih Efisien dan Berkualitas*. Cendikia Mulia Mandiri.
https://books.google.co.id/books/about/Manajemen_Konstruksi_untuk_Proyek_yang_L.html?id=Z-ESEQAAQBAJ&redir_esc=y
- Arwan, A., Sumiyanto., dan Nanang, G. W., 2016, Analisis Penanggulangan Kelongsoran Tanah Pada Ruas Jalan Gunung Tugel Patikraja Banyumas, *Jurnal Teknik Sipil*, vol 14 no 01, hal 53-61.
- Brinkgreve, R. B. J., et al. (2013). *PLAXIS 2D Reference Manual*. Bentley Systems.
- Das, B. M. (2010). *Principles of Geotechnical Engineering* (7th ed.). Cengage Learning.
- Fadli, I., Lusmeilia, A., dan Ahmad, Z., 2020, Analisa Kestabilan Lereng dan Metode Penanganannya Pada Tanah Lempung Berpasir, *JRSDD*, vol 08 no 01, hal 181-192.
- M Al Dianty, AS. Yahaya, F. Ahmad, S. Barontini, R. Ranzi. (2019). *The development of site investigation on telecommunication for suitability zoning at East Java, Indonesia*. 37th Conference Asean Federation of Engineering Organisation (CAFEO-37) September 11-13, 2019 at Jakarta International Expo, Indonesia
- M. Al Dianty, W Wu. (2020). Prediction of Soil Compression Index in Teziutlán, Mexico, *Applied Mechanics, and Material*, 894, pp. 124 – 128.
- Nusye, M. Y. L., Nikolas, P., dan Vichtoria, A. W. K., 2023, Analisa Stabilitas Lereng Terhadap Ruas Jalan Hatalae-Kilang Kota Ambon STA 1+300 - 1+360, *Jurnal Matumata*, vol 09 no 02, hal 104-112.
- Taruko Mandiri, P.T., 2024, Laporan Analisa Geoteknik, *Laporan Analisa Geoteknik Pekerjaan Perencanaan Pematangan Lahan PLN 150 KV PT. Indorama Synthetics Tbk. Purwakarta, Pematangan Lahan PLN 150 KV PT. Indorama Synthetics Tbk, PT. Indorama Synthetics Tbk, Purwakarta.*

- Violetta, G. M. P., Turangan, A. E., dan Sompie, O. B. A., 2014, Analisis Kestabilan Lereng Dengan Metode Fellenius (Studi Kasus: Kawasan Citraland), *Jurnal Sipil Statik*, vol 02 no 01, hal 37-46.
- Yono, J., Abdul, H., dan Rina, Y., 2020, Analisa stabilitas lereng dan Perencanaan penstabilan lereng (Studi Kasus POLRES Arosuka Kabupaten Solok), *Jurnal Teknik Sipil ITP*, vol 07 no 01, hal 34-42.