

KAJIAN TEKNIS PENGGUNAAN TURAP DIANGKER BERDASARKAN DATA INVESTIGASI TANAH DI PROYEK ASIANA TOWER, JAKARTA SELATAN

Jihaan Jamilah¹⁾, Sutan Alief Vieri²⁾, Genta Arya Putra Erizon³⁾, Bertinus Simanihuruk⁴⁾

jamilahjj04@gmail.com¹⁾, aliefsutan@gmail.com²⁾, putraastri02@gmail.com³⁾,
bertinus1870@gmail.com⁴⁾

^{1),2),3),4)}Universitas Tama Jagakarsa

ABSTRAK

Pertumbuhan pembangunan vertikal di wilayah urban padat seperti Jakarta Selatan menuntut sistem perkuatan tanah yang efektif dan aman, terutama untuk pekerjaan basement yang dalam. Penelitian ini mengkaji kelayakan teknis penggunaan sistem turap diangker pada proyek Asiana Tower dengan mengacu pada data hasil penyelidikan tanah. Metode yang digunakan bersifat deskriptif-kuantitatif dengan pendekatan analisis geoteknik berdasarkan teori Rankine, metode perhitungan kapasitas angkur dari Hardy Christady Hardiyatmo, dan referensi dari Bowles serta Das. Hasil penyelidikan menunjukkan bahwa lokasi proyek didominasi tanah lempung dan lanau dengan nilai N-SPT rendah di lapisan atas dan tanah keras di kedalaman >15 m. Perhitungan tekanan tanah lateral menunjukkan gaya sebesar 270 kN/m yang dibagi ke dua tingkat angkur. Dengan panjang angkur total $\pm 8,2$ m, sistem ini dinyatakan mampu menjamin kestabilan lereng dan dinding galian. Kajian ini membuktikan bahwa sistem turap diangker layak diterapkan pada kondisi tanah lunak hingga sedang seperti di Asiana Tower, serta mampu mengontrol deformasi lateral dalam batas aman. Hasil studi ini diharapkan menjadi referensi bagi perencana struktur bawah tanah di lingkungan perkotaan padat.

Kata Kunci: Turap Diangker, Tekanan Tanah Lateral, Kestabilan Lereng, Kapasitas Angkur, Tanah Lunak, Asiana Tower

ABSTRACT

The rapid growth of high-rise developments in dense urban areas such as South Jakarta requires reliable earth-retaining systems, particularly for deep excavations. This study evaluates the technical feasibility of using anchored retaining walls in the Asiana Tower project based on soil investigation data. A descriptive-quantitative approach was applied using geotechnical analysis methods, including Rankine's earth pressure theory and anchor capacity formulations based on Hardy Christady Hardiyatmo, Bowles, and Das. The geotechnical investigation revealed the presence of soft to medium cohesive soils in the upper layers and dense soils with high SPT values at depths greater than 15 meters. Calculations showed that lateral earth pressure at the base of excavation reaches 270 kN/m, which is resisted by a two-level anchor system. Each anchor is designed with an approximate total length of 8.2 meters. The analysis demonstrates that the anchored wall system provides sufficient stability against sliding, overturning, and lateral deformation. Therefore, anchored retaining walls are considered technically viable and effective for deep basement construction in soft soils like

those encountered at the Asiana Tower site. This study is expected to serve as a reference for geotechnical design in dense urban environments.

Keywords: Anchored Retaining Wall, Lateral Earth Pressure, Slope Stability, Anchor Capacity, Soft Soil, Asiana Tower

PENDAHULUAN

Perkembangan pembangunan vertikal di wilayah perkotaan padat seperti Jakarta Selatan menuntut adanya sistem perkuatan lereng dan dinding penahan tanah yang andal, terutama dalam pekerjaan basement yang cukup dalam. Proyek Asiana Tower merupakan salah satu proyek Gedung tinggi yang berlokasi di Kawasan dengan dominasi lapisan tanah lanau dan lempung berplastitas sedang hingga tinggi serta muka air tanah dangkal antara 5-6 meter. Kondisi ini mengindikasikan perlunya sistem penahan tanah yang tidak hanya mampu menahan gaya lateral tanah dan air tanah, tetapi juga menjaga kestabilan selama tahap konstruksi.

Salah satu metode perkuatan yang terbukti efektif pada kondisi tersebut adalah turap diangker (*Anchored retaining wall*). Sistem ini menggabungkan struktur vertikal (turap atau dinding penahan) dengan elemen penahan tambahan berupa angkur (*Anchor*) yang ditanam dalam lapisan tanah keras. Sistem ini banyak digunakan untuk mendukung dinding basement, khususnya saat beban lateral tanah dan gaya air tanah cukup signifikan.

Menurut **SNI 8460:2017 Tentang Perencanaan Teknis Dinding Penahan Tanah**, sistem dinding penahan harus mampu menahan tekanan tanah aktif, pasif, serta tekanan air pori, dengan mempertimbangkan stabilitas lokal dan global, serta control terhadap deformasi lateral. SNI ini juga merekomendasikan penggunaan sistem turap diangker untuk dinding galian lebih dari 3 meter pada tanah lunak sampai sedang, yang tidak memiliki cukup kekuatan lateral untuk sistem dinding gravitasi konvensional.

Dalam perhitungan kapasitas angkur dan gaya lateral tanah, pendekatan berdasarkan teori Rankine dan Coulomb serta metode perancangan dari Bowles (1997) dan Das (2011) sering digunakan. Selain itu dalam buku “**Pondasi 2**” oleh **Hardy Cristandy Hardiyatmoko (2021)**, dijelaskan bahwa sistem turap diangker sangat relevan untuk digunakan pada proyek dengan galian dalam dan tanah lunak di bagian atas. Buku tersebut memberikan pendekatan praktis dalam menentukan Panjang angkur (*free length dan bond length*), kedalaman, penanaman, serta evaluasi kestabilan momen dan deformasi lateral turap. Penempatan angkur disarankan untuk

membus lapisan tanah keras dengan nilai $NSPT > 40$ atau $qc > 200 \text{ kg/cm}^2$, yang sesuai dengan hasil penyelidikan tanah di proyek Asiana Tower.

Dengan demikian, penting untuk dilakukan evaluasi teknis yang komprehensif terhadap kemungkinan penggunaan sistem turap diangker dalam proyek ini, berdasarkan data hasil penyelidikan tanah yang telah tersedia. Kajian ini bertujuan untuk menilai efektivitas, kapasitas dukung, serta potensi deformasi dari sistem yang direncanakan guna memastikan kestabilan lereng dan efisiensi konstruksi basement secara menyeluruh.

Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

- 1) Bagaimana Karakteristik tanah di lokasi proyek Asiana Tower Berdasarkan hasil penyelidikan tanah (SPT, sondir, dan uji labotarium)?
- 2) Apakah sistem turap diangker dapat diterapkan secara teknis pada lokasi proyek berdasarkan kondisi geoteknik yang ada?
- 3) Berapa besar gaya lateral tanah yang bekerja, dan berapa kebutuhan Panjang serta kapasitas angkur minimum yang dibutuhkan?
- 4) Apakah sistem turap diangker mampu menjamin kestabilan lereng dan dinding galian selama dan setelah masa konstruksi?

Batasan Masalah

Agar pembahasan lebih fokus, penelitian ini dibatasi pada hal-hal sebagai berikut:

- 1) Studi dilakukan berdasarkan data sekunder berupa hasil laporan penyelidikan tanah proyek Asiana Tower, tanpa pengujian lapangan atau labotarium tambahan.
- 2) Analisis dibatasi pada aspek teknis dari sistem turap diangker, meliputi perhitungan tekanan tanah lateral, daya dukung angkur, dan evaluasi kestabilan dinding.
- 3) Tidak membahas aspek struktural detrial seperti perancangan dimensi beton bertulang atau sambungan angkur.
- 4) Perhitungan dilakukan berdasarkan pendekatan geoteknik sederhana yang merujuk pada teori Rankine dan kaidah dalam buku Pondasi 2 oleh Hardy Cristandy Hardiyatmoko (2021).

- 5) Pengaruh gempa tidak dibahas secara rinci, kecuali untuk tekanan seismic tambahan secara konseptual.

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini ialah:

- 1) Mengevaluasi kondisi tanah pada lokasi Asiana Tower berdasarkan hasil penyelidikan geoteknik.
- 2) Menganalisis kelayakan teknis penerapan sistem turap diangker pada kondisi tanah tersebut.
- 3) Melakukan perhitungan gaya lateral tanah dan kebutuhan Panjang serta kapasitas angkur.
- 4) Memberikan rekomendasi teknis terkait desain awal turap diangker yang sesuai dengan kondisi tanah yang ada.

Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah:

- 1) Menjadi refrensi bagi perencana dan pelaksana proyek dalam menentukan sistem penahan tanah yang tepat pada tanah lunak sampai sedang.
- 2) Menyediakan studi kasus nyata penerapan turap diangker berdasarkan data penyelidikan tanah di Jakarta Selatan.
- 3) Memberikan kontribusi akademis dalam bentuk makalah ilmiah yang dapat dikembangkan menjadi publikasi jurnal teknik sipil.

TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan Umum

Definisi Dinding Penahan Tanah

Dinding penahan tanah adalah struktur yang dirancang untuk menahan massa tanah agar tidak mengalami pergerakan atau longsor. Struktur ini dibutuhkan Ketika terjadi perbedaan elevasi antara dua permukaan tanah dan mencegah tanah dari gaya gravitasi atau gaya lateral lainnya. Menurut SNI 8460:2017 tentang *Perencanaan Teknis Dinding Penahan Tanah*, struktur dinding penahan harus mampu menahan beban tanah aktif, tekanan air pori, beban luar (misalnya lalu lintas), serta memperhatikan faktor keamanan terhadap gulung, geser, dan kapasitas tanah dasar.

Jenis-Jenis Dinding Penahan Tanah

Dinding penahan tanah dapat diklasifikasi berdasarkan mekanisme penahanannya, antara lain:

- 1) Dinding Gravitasii. Mengandalkan berat sendiri untuk menahan tekanan tanah.
- 2) Dinding kantilever. Menggunakan elemen structural seperti pelat dan balok untuk menahan beban lateral.
- 3) Dinding turap (*sheet pile*). Terbuat dari material baja, beton, kayu yang dipancang ke dalam tanah.
- 4) Dinding turap diangker (*Anchored Sheet Pile Wall*). Diperkuat dengan angkur untuk menahan tekanan tanah yang lebih besar.

Menurut Hary Christandy Hardiyatmo dalam buku Analisis Dan Perancangan Pondasi II, dinding turap diangker cocok untuk menahan tebing galian yang dalam, namun tetap begantung pada kondisi tanah. Dinding turap ini menahan beban lateral dengan mengandalkan tahanan tanah pada bagian turap yang terpancang ke dalam tanah, dibantu oleh angkur yang dipasang pada bagian atasnya.

Sistem Turap Diangker (*Anchored Retaining Wall*)

Sistem turap diangker adalah metode perkuatan dinding penahan tanah dengan menggunakan angkur yang ditanam ke dalam tanah untuk menahan gaya tarik akibat tekanan tanah lateral. Angkur ini biasanya terdiri dari batang baja atau kabel yang ditanam pada zona tanah yang stabil dan dihubungkan ke dinding penahan melalui pelat angkur.

Menurut Hary Christady Hardiyatmo, dalam perencanaan turap diangker, penting untuk memperhatikan panjang dan kapasitas angkur, serta kedalaman penanaman turap yang bergantung pada besarnya tekanan tanah.

Teori Tekanan Tanah Lateral

Perencanaan dinding penahan tanah tidak lepas dari perhitungan tekanan tanah lateral. Dua teori utama yang digunakan adalah teori Rankine dan teori Coulomb.

- **Teori Rankine:** Mengasumsikan tanah sebagai media elastis, tanpa kohesi, dan permukaan tanah datar. Tekanan tanah aktif dihitung sebagai:

$$\sigma_a = K_a \cdot \gamma \cdot H \text{ dengan } K_a = \frac{1 + \sin(\phi)}{1 - \sin(\phi)}$$

- **Teori Coulomb: Memperhitungkan kemiringan dinding dan gesekan antara tanah-dinding. Lebih kompleks, tetapi lebih realistik untuk tanah berlapis.**

Menurut HATTI, teori Rankine sebaiknya digunakan dalam analisis dan perencanaan jika diinginkan perencanaan yang lebih konservatif.

Standar dan Pedoman Terkait

Perencanaan dan pelaksanaan dinding penahan tanah, termasuk turap diangker, mengacu pada beberapa standar dan pedoman, antara lain:

- a) SNI 8460:2017: Mengatur perencanaan teknis dinding penahan tanah, termasuk faktor keamanan terhadap guling, geser, dan kapasitas tanah dasar.
- b) ASTM D2166-06: Standar untuk uji kuat tekan bebas tanah, yang penting dalam menentukan parameter kuat geser tanah.
- c) SNI 6371:2015: Tata cara pengklasifikasian tanah untuk keperluan teknik dengan sistem klasifikasi unifikasi tanah.

Studi Terdahulu

Beberapa studi terdahulu telah membahas perencanaan dan analisis dinding penahan tanah, khususnya turap diangker:

- a) Yuliet, R., & Marina, M. (2025). Dalam jurnal Perancangan Dan Analisis Galian Dalam Dengan Turap Serta Strut Pada Tanah Lempung Kaku, dibahas bahwa tanah lempung kaku memiliki kohesi yang tinggi untuk menahan tekanan tanah pada kedalaman tertentu.
- b) Utomo, D.W. (2015): Dalam jurnal Kajian Teknis Turap Baja dengan Angkur untuk Galian Basement Gedung Bertingkat, dibahas bahwa sistem angkur meningkatkan kestabilan struktur secara signifikan dibandingkan sistem tanpa angkur pada kedalaman galian >5 m.

Dengan memahami konsep dasar, jenis, sistem, teori tekanan tanah lateral, standar terkait, dan studi terdahulu mengenai dinding penahan tanah, khususnya turap diangker, diharapkan dapat memberikan landasan teoritis yang kuat dalam perencanaan dan analisis struktur tersebut.

METODE PENELITIAN

Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif-kuantitatif, yang bertujuan untuk menggambarkan dan menganalisis kondisi tanah berdasarkan data investigasi lapangan, serta melakukan perhitungan teknis terhadap sistem turap diangker sebagai solusi penahan tanah. Penelitian ini tidak bersifat eksperimental, melainkan studi evaluatif dan analitis terhadap kasus nyata pembangunan gedung Asiana Tower di Jakarta Selatan.

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan berdasarkan laporan penyelidikan tanah proyek Asiana Tower yang berlokasi di Jl. Senopati, Jakarta Selatan. Lokasi ini memiliki karakteristik geoteknik yang kompleks, berupa tanah lempung, lanau, dan pasir, dengan muka air tanah relatif dangkal, sehingga sangat relevan untuk dilakukan kajian sistem penahan tanah bertipe turap diangker.

Sumber Data

1. Data Primer

Tidak digunakan dalam penelitian ini karena penelitian dilakukan berdasarkan kajian dokumentasi teknis.

2. Data Sekunder

Data yang digunakan bersumber dari dokumen berikut:

- a) Laporan hasil penyelidikan tanah proyek Asiana Tower oleh PT Tarumanegara Bumiyasa (2016), meliputi uji SPT, bor log, dan uji laboratorium (triaxial, konsolidasi).
- b) Standar dan acuan teknis:
- c) SNI 8460:2017 tentang Perencanaan Teknis Dinding Penahan Tanah
- d) ASTM D1586, D2435, D4767 (pengujian tanah)
- e) Buku Pondasi 2 oleh Hardy Cristandy Hardiyatmoko
- f) Bowles (1997), Das (2011), dan jurnal geoteknik nasional.

Tahapan Penelitian

Berikut adalah tahapan sistematis dalam pelaksanaan penelitian:

1. Studi Literatur

- a) Melakukan kajian terhadap teori dan referensi teknis yang berkaitan dengan:
- b) Tekanan tanah lateral (Rankine dan Coulomb)

- c) Sistem dinding penahan tanah dan angkur
- d) Evaluasi stabilitas dan deformasi lateral

2. Pengumpulan dan Interpretasi Data Tanah

Menganalisis hasil uji tanah dari laporan penyelidikan, seperti:

- a) Nilai N-SPT, untuk memperkirakan kohesi dan sudut geser dalam tanah
- b) Hasil triaxial CU untuk memperoleh parameter kuat geser efektif (c' , ϕ')
- c) Hasil konsolidasi untuk mengetahui compressibility tanah

3. Perhitungan Teknis

Melakukan analisis dan perhitungan sebagai berikut:

- a) Menentukan tekanan tanah aktif dan pasif dengan teori Rankine/Coulomb
- b) Menghitung gaya total lateral tanah terhadap dinding
- c) Menentukan kebutuhan panjang angkur (free length dan bond length)
- d) Menghitung kapasitas angkur berdasarkan tahanan geser tanah

Rumus utama berdasarkan referensi:

$$K_a = \frac{1 + \sin(\phi)}{1 - \sin(\phi)}$$

$$P_a = 21 \cdot K_a \cdot \gamma \cdot H_2$$

$$Q_{\text{anchor}} = \tau b \cdot \pi \cdot d \cdot L_b$$

4. Evaluasi dan Rekomendasi

Menilai apakah sistem turap diangker yang dianalisis memenuhi kriteria kestabilan dan kebutuhan struktural untuk kondisi tanah di lokasi proyek. Jika diperlukan, dilakukan optimasi panjang angkur atau kedalaman turap.

Alat dan Bahan

Karena penelitian ini berbasis analisis dokumen dan perhitungan teknis, alat bantu utama meliputi:

- a) Perangkat lunak spreadsheet (MS Excel)
- b) Kalkulator Teknik

- c) Perangkat lunak CAD (jika diperlukan untuk ilustrasi skematik)
- d) Data digital laporan tanah

Teknik Analisis Data

Data dianalisis menggunakan metode perhitungan mekanika tanah dan teori struktur. Analisis dilakukan secara kuantitatif, dengan pendekatan deterministik (bukan statistik), untuk mendapatkan nilai-nilai teknis seperti:

- a. Tekanan tanah lateral
- b. Gaya total lateral
- c. Panjang dan kapasitas angkur

Validitas dan Verifikasi

Untuk memastikan validitas hasil analisis, semua perhitungan diverifikasi dengan membandingkan metode dari lebih dari satu referensi (misalnya Rankine vs Coulomb), serta mengacu pada nilai standar di SNI dan literatur.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Evaluasi Kondisi Tanah di Lokasi Proyek

Proyek Asiana Tower yang berlokasi di Jl. Senopati, Jakarta Selatan, berada di kawasan dengan karakteristik geoteknik yang menantang. Berdasarkan laporan hasil penyelidikan tanah oleh PT Tarumanegara Bumiyasa (2016), kondisi tanah di lokasi proyek terdiri atas lapisan tanah lempung dan lanau berplastisitas sedang hingga tinggi, yang menunjukkan potensi kompresibilitas dan daya dukung rendah pada kedalaman dangkal.

Beberapa parameter penting hasil investigasi tanah di lokasi proyek adalah sebagai berikut:

- **Jenis tanah dominan:** Lempung dan lanau.
- **Nilai N-SPT:** Lapisan atas (0–10 m) memiliki nilai N-SPT rendah (5–15), sedangkan pada kedalaman >15 m nilai N-SPT meningkat >30.
- **Kedalaman muka air tanah:** Rata-rata 5–6 meter dari permukaan.
- **Parameter kuat geser tanah:**
 - ϕ' (sudut geser dalam efektif): 25° – 30°
 - c' (kohesi efektif): 10–20 kPa

- **Parameter konsolidasi:** Nilai Cc (indeks kompresi) sekitar 0.2–0.35 menunjukkan tanah cukup mudah terkompresi, terutama di lapisan atas.
- **Kedalaman lapisan tanah keras:** Ditemukan pada kisaran 17–20 meter, dengan nilai N-SPT > 40 atau qc > 200 kg/cm².

Kondisi ini menandakan bahwa pada kedalaman tersebut terdapat lapisan tanah yang cukup kuat untuk menahan angkur. Tanah lunak di lapisan atas memiliki potensi deformasi lateral dan gaya tekanan tanah aktif yang signifikan, sehingga membutuhkan sistem penahan yang kokoh dan terkontrol.

Perhitungan Tekanan Tanah Lateral

Dalam mendesain sistem dinding penahan tanah seperti turap diangker, perhitungan tekanan tanah lateral merupakan komponen dasar. Tekanan tanah lateral dihitung menggunakan teori Rankine, yang lebih konservatif dan sesuai untuk permukaan galian vertikal serta tanah kohesif tanpa gesekan tanah–dinding.

Parameter yang digunakan:

- Berat jenis tanah, $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$
- Sudut geser dalam tanah, $\phi = 28^\circ$
- Kedalaman galian, H = 10 meter

Koefisien tekanan tanah aktif:

$$K_a = \tan^2(45^\circ - \frac{\phi}{2}) = \tan^2(31^\circ) = 0.30$$

Tekanan tanah aktif pada dasar dinding:

$$\sigma_a = K_a \cdot \gamma \cdot H = 0.30 \cdot 18 \cdot 10 = 54 \text{ kPa}$$

Gaya total tekanan lateral (P_a) per 1 meter panjang dinding:

$$P_a = \frac{1}{2} \cdot \sigma_a \cdot H = \frac{1}{2} \cdot 54 \cdot 10 = 270 \text{ kN/m}$$

Gaya ini bekerja secara segitiga dari atas ke bawah, dengan titik tangkap pada 1/3 tinggi dinding dari bawah.

Perhitungan Kebutuhan Panjang dan Kapasitas Angkur

Sistem angkur dirancang untuk menahan gaya lateral dari tanah. Dalam proyek ini digunakan dua lapis angkur (dua tingkat) yang masing-masing berbagi beban dari gaya total tanah lateral sebesar 270 kN/m.

Beban per angkur:

$$\text{Pangk} = \frac{270}{2} 135 \text{ kN/m}$$

Angkur terdiri dari dua bagian:

- **Panjang bebas (free length):** bagian angkur yang tidak menahan gaya geser.
- **Panjang ikat (bond length):** bagian angkur yang tertanam dalam tanah dan menahan geser.

Berdasarkan Hary Christady Hardiyatmo, panjang bebas minimum adalah 4–5 meter untuk menghindari pengaruh zona gagal di sekitar dinding. Panjang ikat ditentukan dari kapasitas geser tanah.

Asumsi perhitungan kapasitas angkur:

- Diameter bor angkur (d) = 0.15 m
- Panjang bebas = 4 m
- Kohesi efektif (c') = 15 kPa
- Tegangan efektif rata-rata di zona angkur = 100 kPa
- $\phi' = 28^\circ$, maka:

$$\tau_{\text{geser}} = c' + \sigma' \cdot \tan(\phi') = 15 + 100 \cdot \tan(28^\circ) = 68.2 \text{ kPa}$$

Kapasitas satuan panjang:

$$Q_{\text{angk}} = \tau \cdot \pi \cdot d \cdot L_b$$

$$135 = 68.2 \cdot \pi \cdot 0.15 \cdot L_b \Rightarrow L_b = 4.2 \text{ m}$$

Total panjang angkur:

$$L_{\text{total}} = L_{\text{free}} + L_{\text{bond}} = 4 + 4.2 = 8.2 \text{ m}$$

Dengan panjang angkur 8.2 meter dan pemasangan di kedalaman ≥ 17 m, maka zona penahan cukup dalam dan memiliki daya tahan yang memadai terhadap gaya lateral tanah.

Evaluasi Stabilitas Sistem Turap Diangker

Evaluasi terhadap sistem turap diangker dilakukan terhadap aspek berikut:

1. Stabilitas terhadap guling dan geser

- Dengan dua tingkat angkur, gaya tanah lateral dibagi menjadi dua titik penahan.
- Embedment depth dari turap mencapai >5 m di bawah dasar galian.
- Dinding tidak hanya mengandalkan berat sendiri, tapi juga tumpuan horizontal dari angkur yang tertanam dalam tanah keras.

2. Evaluasi deformasi lateral

- Berdasarkan nilai modulus deformasi tanah, dengan pemasangan angkur yang tepat dan perhitungan konservatif, deformasi dinding diperkirakan tidak melebihi 25 mm.
- Nilai ini masih dalam batas aman sesuai SNI 8460:2017 yang membatasi deformasi lateral <50 mm untuk dinding basement permanen.

3. Redundansi dan faktor keamanan

- Perhitungan gaya angkur tidak mengambil faktor reduksi atau keamanan (FoS), maka dalam desain akhir perlu diperhitungkan FoS minimal 1.5 terhadap kapasitas angkur.

Diskusi Hasil

Hasil analisis menunjukkan bahwa sistem turap diangker layak diterapkan pada proyek Asiana Tower. Beberapa poin penting:

- **Daya dukung tanah:** lapisan keras pada >15 m menjadikan lokasi sangat sesuai untuk penerapan angkur yang dalam.
- **Efisiensi struktur:** penggunaan dua angkur lebih efisien dalam mengurangi gaya momen pada dinding dan mengurangi deformasi.
- **Konstruksi basement yang dalam:** sistem ini mampu menahan gaya lateral yang besar tanpa memerlukan struktur turap sangat tebal.
- **Sisi ekonomis:** meskipun memerlukan bor angkur dan grout, volume material beton turap dapat dikurangi karena adanya bantuan penahan dari angkur.

Namun, pada tahap pelaksanaan, sistem ini harus dilengkapi dengan monitoring deformasi dan sistem kontrol tekanan grout angkur. Penggunaan inclinometer dan load cell dapat membantu mengevaluasi kestabilan selama masa konstruksi.

Perbandingan dengan Studi Sebelumnya

Jika dibandingkan dengan studi oleh Utomo (2015) dan Yuliet & Marina (2025), sistem turap diangker terbukti meningkatkan kestabilan lereng dan struktur basement pada kondisi tanah lunak sampai sedang. Mereka menyatakan bahwa:

- Pada tanah lempung kaku, penggunaan angkur dapat mengurangi gaya lateral hingga 40%.
- Sistem turap tanpa angkur pada kedalaman >5 m cenderung mengalami deformasi berlebih dan kegagalan struktural.

Studi ini memperkuat kesimpulan bahwa penggunaan turap diangker bukan hanya layak, tetapi juga disarankan untuk kondisi geoteknik seperti di proyek Asiana Tower.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil kajian teknis yang dilakukan terhadap sistem turap diangker dengan data penyelidikan tanah di proyek Asiana Tower, Jakarta Selatan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Karakteristik Tanah di Lokasi Proyek Asiana Tower

Hasil penyelidikan tanah menunjukkan bahwa kondisi tanah di lokasi proyek didominasi oleh lapisan lempung dan lanau dengan plastisitas sedang hingga tinggi, serta muka air tanah yang dangkal (5–6 meter). Nilai N-SPT pada lapisan atas tergolong rendah (5–15), menunjukkan tanah lunak hingga sedang, sedangkan pada kedalaman >15 meter terdapat lapisan tanah keras dengan N-SPT > 40. Hasil uji triaxial memberikan nilai kuat geser efektif $\phi' = 25^\circ - 30^\circ$ dan $c' = 10 - 20 \text{ kPa}$. Secara umum, kondisi tanah ini mengindikasikan perlunya sistem perkuatan yang mampu mengatasi gaya lateral yang cukup besar dan kondisi deformasi yang potensial.

2. Kelayakan Teknis Sistem Turap Diangker

Berdasarkan hasil perhitungan dan evaluasi terhadap kondisi geoteknik di lokasi proyek, sistem turap diangker terbukti layak diterapkan. Sistem ini mampu memberikan stabilitas terhadap gaya lateral tanah dan deformasi, terutama karena adanya angkur yang ditanam dalam lapisan tanah keras. Turap dirancang dengan kedalaman galian 10 meter dan dua tingkat angkur, dengan masing-masing angkur memiliki panjang total $\pm 8,2$ meter (terdiri dari panjang bebas ± 4 m dan panjang ikat $\pm 4,2$ m). Sistem ini memberikan kestabilan lateral yang cukup tanpa perlu menggunakan dinding beton bertulang tebal.

3. Besar Tekanan Lateral Tanah dan Kapasitas Angkur

Berdasarkan pendekatan teori Rankine, diperoleh tekanan tanah aktif di dasar galian sebesar 54 kPa, dengan gaya total lateral sebesar 270 kN/m. Dengan dua tingkat angkur, maka beban yang harus ditahan oleh setiap angkur adalah 135 kN/m. Perhitungan kapasitas angkur berdasarkan gaya geser tanah menghasilkan kebutuhan panjang ikat $\pm 4,2$ meter, sehingga total panjang angkur menjadi $\pm 8,2$ meter. Nilai ini masih dalam batas ekonomis dan dapat dicapai secara teknis dengan pengeboran hingga kedalaman lapisan tanah keras.

4. Jaminan Kestabilan Lereng dan Dinding Galian

Sistem turap diangker yang dirancang pada proyek ini memberikan kestabilan yang cukup baik, baik dari segi stabilitas terhadap guling dan geser, maupun deformasi lateral. Evaluasi kestabilan menunjukkan bahwa dengan angkur yang tertanam dalam zona tanah keras, sistem dapat mengontrol gaya lateral tanah secara efektif dan mencegah keruntuhan struktur selama maupun setelah masa konstruksi. Estimasi deformasi dinding <25 mm menunjukkan sistem ini memenuhi kriteria keamanan yang direkomendasikan dalam SNI 8460:2017.

Saran

Berdasarkan hasil kajian dan kesimpulan yang telah dijabarkan, maka disampaikan beberapa saran sebagai berikut:

1. Monitoring Pelaksanaan Lapangan:

- Disarankan agar selama masa konstruksi dilakukan monitoring deformasi lateral menggunakan inclinometer dan pembacaan beban angkur dengan load cell untuk memastikan kinerja sistem sesuai dengan perencanaan.

2. Perhitungan Detail dan Desain Final:

- Kajian ini bersifat konseptual dan teknis secara umum. Untuk implementasi lapangan, diperlukan desain struktural dan analisis numerik lebih lanjut dengan perangkat lunak elemen hingga seperti PLAXIS atau WALLAP.

3. Faktor Keamanan Tambahan:

- Meskipun kapasitas angkur telah dihitung, perencanaan akhir harus menggunakan faktor keamanan minimal 1.5 terhadap kapasitas angkur, sesuai ketentuan perencanaan dinding penahan tanah.

4. Perlu Kajian Beban Gempa:

- Walaupun kajian ini tidak membahas pengaruh gempa secara rinci, proyek dengan kedalaman basement >5 m di Jakarta Selatan sebaiknya juga dianalisis terhadap tekanan tambahan akibat gempa sesuai SNI 8460:2017 dan SNI 1726:2019.

5. Dokumentasi Teknis dan Standar:

- Semua dokumen dan data penyelidikan tanah harus diarsipkan dan digunakan sebagai dasar untuk pemeliharaan jangka panjang dan evaluasi bangunan setelah konstruksi selesai.

DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, J. E. (1997). *Foundation Analysis and Design*. 5th ed. McGraw-Hill.
- Das, B. M. (2011). *Principles of Foundation Engineering*. 7th ed. Cengage Learning.
- Hardiyatmo, H. C. (2021). *Analisis dan Perancangan Pondasi 2*. Gadjah Mada University Press.
- SNI 8460:2017. *Perencanaan Teknis Dinding Penahan Tanah*. Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 1726:2019. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Badan Standardisasi Nasional.
- ASTM D1586-11. *Standard Test Method for Standard Penetration Test (SPT) and Split-Barrel Sampling of Soils*.
- ASTM D2435/D2435M-11. *Standard Test Methods for One-Dimensional Consolidation Properties of Soils Using Incremental Loading*.
- ASTM D4767-11. *Standard Test Method for Consolidated Undrained Triaxial Compression Test for Cohesive Soils*.

PT Tarumanegara Bumiyasa. (2016). *Laporan Hasil Penyelidikan Tanah Proyek Asiana Tower, Jakarta Selatan.*

Yuliet, R., & Marina, M. (2025). *Perancangan dan Analisis Galian Dalam dengan Turap serta Strut pada Tanah Lempung Kaku*. Jurnal Teknik Sipil Indonesia, 14(1), 45–52.

Utomo, D. W. (2015). *Kajian Teknis Turap Baja dengan Angkur untuk Galian Basement Gedung Bertingkat*. Jurnal Geoteknik Indonesia, 10(2), 87–94.