

ANALISIS PENDAHULUAN KELAYAKAN METODE TURAP KANTILEVER UNTUK GALIAN DALAM BERDASARKAN INVESTIGASI TANAH PROYEK ASIANA TOWER

Filzah Nur Wahidah¹⁾, Muhamad Rizky Tripiyana²⁾, Andi Ramsuar Matapasa³⁾, Panderio

Lumbantoruan⁴⁾, Bertinus Simanihuruk⁵⁾

filzahwahidah96587@gmail.com¹⁾, mrizkytri@gmail.com²⁾, andiramsuarm26@gmail.com³⁾,
lpanderio@gmail.com⁴⁾, bsimanihuruk@gmail.com⁵⁾

^{1),2),3),4),5)} Universitas Tama Jagakarsa

ABSTRAK

Pembangunan struktur basement di kawasan urban padat seperti Jakarta Selatan memerlukan sistem penahan tanah yang andal dan sesuai dengan kondisi geoteknik setempat. Studi ini bertujuan untuk mengevaluasi kelayakan awal penggunaan metode turap kantilever sebagai sistem penahan tanah pada proyek pembangunan Asiana Tower di Jl. Senopati Dalam, Jakarta Selatan. Data yang digunakan berasal dari hasil penyelidikan tanah oleh PT Tarumanegara BumiYasa, meliputi uji SPT, CPT, serta uji laboratorium geoteknik. Evaluasi dilakukan secara deskriptif terhadap parameter tanah, muka air tanah, kedalaman galian, dan kriteria teknis desain dinding turap kantilever. Hasil analisis menunjukkan bahwa lapisan tanah atas didominasi oleh lempung dan lanau lunak dengan nilai kohesi dan sudut geser rendah, serta muka air tanah yang dangkal. Kondisi ini menyebabkan tekanan lateral yang tinggi dan tahanan pasif yang rendah, sehingga sistem turap kantilever dinilai tidak layak diterapkan secara mandiri untuk galian basement sedalam 6–9 meter. Studi ini merekomendasikan penggunaan sistem penahan tanah alternatif seperti anchored wall, strutting, atau diaphragm wall untuk menjamin stabilitas dan keamanan konstruksi. Hasil kajian ini diharapkan menjadi acuan dalam perencanaan sistem penahan tanah pada proyek serupa di kawasan dengan karakteristik geoteknik yang sebanding.

Kata Kunci: Turap Kantilever, Sistem Penahan Tanah, Geoteknik, Galian Dalam, Asiana Tower

ABSTRACT

The construction of basement structures in dense urban areas such as South Jakarta requires a reliable retaining system that is suited to local geotechnical conditions. This study aims to evaluate the initial feasibility of using the cantilever sheet pile method as a retaining system for the Asiana Tower construction project on Jl. Senopati Dalam, South Jakarta. The data used are derived from the results of soil investigations by PT Tarumanegara BumiYasa, including SPT and CPT tests, as well as geotechnical laboratory tests. The evaluation was conducted descriptively regarding soil parameters, groundwater levels, excavation depths, and technical criteria for the cantilever sheet pile design. The analysis results indicate that the topsoil is dominated by soft clay and silt with low cohesion and friction angles, and a shallow water

table. These conditions cause high lateral pressure and low passive resistance, so the cantilever sheet pile system is considered unsuitable for independent application for basement excavations with a depth of 6–9 meters. This study recommends the use of alternative retaining systems such as anchored walls, strutting, or diaphragm walls to ensure construction stability and safety. The results of this study are expected to serve as a reference in the planning of retaining systems for similar projects in areas with comparable geotechnical characteristics.

Keywords: *Cantilever Sheet Pile, Earth Retaining System, Geotechnics, Deep Excavation, Asiana Tower*

PENDAHULUAN

Pembangunan infrastruktur vertikal di kawasan urban padat, khususnya Jakarta Selatan, menghadirkan tantangan geoteknik tersendiri, terutama pada tahap pembangunan struktur bawah tanah seperti basement. Dalam konteks ruang kota yang terbatas, pemilihan sistem penahan tanah yang efisien dan aman menjadi krusial, baik dari aspek teknis maupun ekonomis.

Salah satu sistem penahan tanah yang banyak digunakan adalah dinding turap kantilever (cantilever retaining wall). Sistem ini merupakan struktur penahan tanah yang bergantung pada kekakuan dan berat sendiri dari dinding untuk menahan tekanan lateral tanah, tanpa menggunakan sistem perkuatan eksternal seperti strutting atau tieback. Namun, efektivitas metode ini sangat ditentukan oleh kondisi geoteknik setempat, seperti jenis tanah, kedalaman muka air tanah, kedalaman galian, serta parameter kekuatan tanah (kohesi, sudut geser dalam, dan densitas).

Asiana Tower, sebuah proyek bangunan bertingkat yang berlokasi di Jl. Senopati Dalam, Jakarta Selatan, dirancang dengan struktur basement yang memerlukan sistem penahan tanah pada galian dalam. Berdasarkan hasil penyelidikan tanah oleh PT Tarumanegara BumiYasa, diketahui bahwa kondisi tanah di lokasi proyek memiliki variasi lapisan mulai dari lempung kelempungan, lanau tersementasi, hingga pasir padat pada kedalaman tertentu, dengan muka air tanah yang relatif dangkal pada kisaran 5 hingga 6,5 meter dari permukaan.

Dengan tersedianya data lapangan dan laboratorium yang komprehensif, kajian ini dilakukan sebagai studi pendahuluan untuk mengevaluasi kelayakan penggunaan sistem turap kantilever sebagai solusi penahan tanah pada proyek ini. Studi ini penting untuk mendukung pengambilan keputusan teknis yang tepat dalam perencanaan sistem dinding penahan, serta untuk menghindari penerapan sistem yang tidak sesuai dengan kondisi tanah aktual.

Rumusan Masalah

Penelitian ini dirancang untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan berikut:

1. Bagaimana karakteristik tanah di lokasi proyek Asiana Tower berdasarkan data penyelidikan geoteknik?
2. Apakah kondisi geoteknik yang ada memungkinkan penerapan metode dinding turap kantilever secara aman dan efisien untuk galian basement?

Tujuan Penelitian

Tujuan utama dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis kondisi tanah di lokasi proyek berdasarkan hasil uji sondir, bor, SPT, dan uji laboratorium.
2. Mengevaluasi secara kualitatif kelayakan awal metode dinding turap kantilever sebagai sistem penahan tanah untuk galian dalam di lokasi proyek.

Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan:

1. Dasar pertimbangan awal bagi perencana struktur dan geoteknik dalam memilih sistem penahan tanah yang tepat.
2. Informasi praktis yang berguna dalam perencanaan proyek sejenis di wilayah dengan karakteristik geoteknik serupa.
3. Landasan untuk studi lanjutan yang lebih mendalam terhadap desain sistem dinding penahan berbasis kondisi tanah lokal.

Batasan Penelitian

Penelitian ini dibatasi oleh ruang lingkup sebagai berikut:

1. Data geoteknik yang digunakan bersumber dari dokumen hasil penyelidikan tanah Proyek Asiana Tower (PT Tarumanegara BumiYasa, 2016).
2. Analisis dilakukan pada aspek kelayakan awal secara deskriptif dan evaluatif, tanpa melibatkan perhitungan rinci dimensi struktur atau simulasi numerik.
3. Studi ini tidak mencakup perbandingan dengan metode penahan tanah lain seperti secant pile wall, tieback wall, atau soil nailing.

TINJAUAN PUSTAKA

Sistem Penahan Tanah pada Galian Dalam

Galian dalam pada proyek konstruksi bawah tanah seperti basement gedung bertingkat membutuhkan sistem penahan tanah yang mampu menahan tekanan lateral yang timbul akibat gaya aktif tanah dan tekanan air pori. Kegagalan dalam sistem penahan tanah dapat mengakibatkan longsor galian, kerusakan struktur di sekitarnya, atau bahkan kecelakaan konstruksi yang serius. Oleh karena itu, pemilihan jenis sistem penahan tanah harus mempertimbangkan faktor teknis, ekonomis, dan keselamatan.

Secara umum, sistem penahan tanah dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

- **Dinding turap kantilever (cantilever retaining wall):** sistem ini tidak menggunakan perkuatan eksternal. Stabilitasnya hanya bergantung pada berat dan kekakuan struktur serta tahanan tanah pasif pada bagian yang tertanam.
- **Dinding bertumpu dengan tieback (anchored retaining wall):** menggunakan angkur untuk mengurangi momen lentur pada dinding.
- **Dinding dengan perkuatan internal (strutting system):** cocok untuk area sempit karena memanfaatkan batang tekan horizontal (strut) di dalam galian.
- **Soil nailing dan sistem mekanis lainnya:** digunakan dalam kondisi tanah tertentu, biasanya dilengkapi dengan shotcrete.

Pemilihan sistem penahan tanah harus berdasarkan evaluasi menyeluruh terhadap parameter tanah, tinggi galian, kondisi muka air tanah, dan lingkungan sekitar lokasi.

Prinsip Dasar Dinding Turap Kantilever

Dinding turap kantilever adalah jenis dinding penahan tanah bebas yang dirancang untuk menahan tekanan tanah lateral dengan memanfaatkan kekakuan dinding dan tahanan pasif dari tanah di bawah titik rotasi. Dinding ini bekerja sebagai balok vertikal yang dijepit di bagian bawah dan bebas di bagian atas, dan secara struktural bekerja menahan beban lateral serta momen lentur besar di dasar galian.

Mekanisme kerja dinding turap kantilever:

- **Tekanan tanah aktif (P_a)** bekerja pada sisi dinding yang berhadapan dengan galian dan dihitung dengan teori Rankine atau Coulomb.

- **Tekanan tanah pasif (P_p)** bekerja pada bagian bawah (embedded depth) sebagai tahanan terhadap rotasi dan translasi dinding.
- **Titik rotasi** biasanya berada pada bagian bawah dinding, sedikit di atas dasar embedment.

Kriteria Desain Utama:

- Stabilitas terhadap rotasi dan geser harus dipenuhi.
- Rasio kedalaman embedment terhadap tinggi galian umumnya minimal 1:1 sampai 1:1.5 tergantung pada kekuatan tanah.
- Batasan deformasi lateral dinding dan pergerakan tanah di belakang dinding harus diperhitungkan.
- Pengaruh muka air tanah sangat penting karena dapat meningkatkan tekanan efektif dan mengurangi daya tahanan tanah pasif.

Menurut Das (2010), sistem turap kantilever optimal digunakan pada kedalaman galian maksimum 6 meter, khususnya bila tanah pendukung memiliki nilai kohesi tinggi dan densitas yang baik.

Faktor-Faktor Geoteknik yang Mempengaruhi Kelayakan Turap Kantilever

Efektivitas sistem turap kantilever tidak hanya bergantung pada dimensi struktur, tetapi sangat ditentukan oleh kondisi tanah dan lingkungan. Adapun faktor-faktor yang harus dipertimbangkan adalah:

a. Tipe dan Parameter Tanah

Jenis tanah sangat menentukan apakah tekanan aktif dapat dikontrol dan apakah tahanan pasif memadai. Tanah granular seperti pasir padat memberikan tahanan pasif yang tinggi. Sebaliknya, lanau dan lempung lunak memiliki kekuatan geser rendah sehingga menghasilkan tekanan lateral tinggi dan tahanan pasif yang rendah.

Parameter penting:

- **Cohesion (c) dan sudut geser dalam (ϕ):** diperoleh dari uji triaxial atau direct shear.
- **Berat isi tanah (γ):** mempengaruhi tekanan aktif dan pasif.
- **Modulus elastisitas (E):** berhubungan dengan deformasi lateral.

b) Kondisi Muka Air Tanah

Air tanah memperbesar tekanan lateral karena meningkatkan tekanan pori. Jika muka air tanah dangkal, maka tekanan aktif meningkat sementara daya dukung pasif berkurang. Hal ini membuat turap kantilever sulit digunakan tanpa sistem dewatering atau perkuatan tambahan.

c) Kedalaman Galian

Kedalaman galian mempengaruhi besar momen lentur dan gaya geser yang harus ditahan oleh dinding. Pada galian >6 m, turap kantilever menjadi tidak ekonomis karena memerlukan dimensi dan material yang sangat besar.

d) Lapisan Keras di Dasar Galian

Adanya lapisan keras pada kedalaman tertentu dapat memberikan dukungan lateral tambahan. Dalam konteks proyek Asiana Tower, lapisan keras ditemukan pada kedalaman sekitar 5,5–8 meter dengan nilai NSPT > 40 dan $q_c > 200$ kg/cm².

Studi Terkait

Beberapa studi sebelumnya mendukung pentingnya evaluasi kelayakan metode turap kantilever berdasarkan kondisi tanah, antara lain:

- **Azizi & Prakoso (2015):** Meneliti aplikasi turap kantilever di Jakarta Barat. Mereka menemukan bahwa lapisan lempung lunak dan air tanah tinggi menyebabkan turap tidak stabil tanpa strut atau tieback.
- **Wahyudi et al. (2018):** Menggunakan model numerik untuk menunjukkan bahwa turap kantilever dapat digunakan pada kedalaman galian <5 m dengan tanah granular.
- **Putra (2020):** Melakukan komparasi antara turap kantilever dan tied-back wall pada proyek basement 2 lantai. Hasil menunjukkan turap kantilever lebih sesuai pada tanah berpasir dan lapisan keras dangkal.

Penelitian-penelitian ini menekankan perlunya analisis kelayakan awal berdasarkan data tanah sebelum menentukan sistem penahan yang digunakan.

Kerangka Pemikiran

Kerangka berpikir penelitian ini mengacu pada prinsip bahwa sistem penahan tanah harus disesuaikan dengan karakteristik tanah yang ada di lokasi proyek. Evaluasi dilakukan dengan membandingkan kondisi tanah aktual dari hasil penyelidikan proyek Asiana Tower dengan kriteria teknis minimum untuk penerapan sistem turap kantilever.

Jika hasil evaluasi menunjukkan bahwa parameter tanah tidak mencukupi misalnya karena kohesi rendah, muka air tanah tinggi, atau kedalaman galian terlalu dalam maka metode turap kantilever dianggap tidak layak digunakan, dan sistem alternatif harus dipertimbangkan.

METODE PENELITIAN

Jenis dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini merupakan studi deskriptif evaluatif dengan pendekatan kuantitatif-kualitatif. Studi dilakukan berdasarkan data sekunder hasil penyelidikan tanah proyek Asiana Tower. Evaluasi kelayakan metode turap kantilever dilakukan dengan menganalisis kondisi tanah secara geoteknik, kemudian dibandingkan terhadap persyaratan teknis penerapan sistem tersebut.

Lokasi dan Sumber Data

Lokasi penelitian berada di proyek pembangunan Asiana Tower yang terletak di Jl. Senopati Dalam, Jakarta Selatan. Data yang digunakan diperoleh dari dokumen resmi berjudul **“Laporan Penyelidikan Tanah Proyek Asiana Tower”** yang disusun oleh PT Tarumanegara BumiYasa pada Maret 2016. Dokumen tersebut memuat data hasil uji lapangan dan laboratorium geoteknik.

Data dan Parameter yang Digunakan

Data yang digunakan dalam kajian ini meliputi:

1. Data Uji Lapangan

- **SPT (Standard Penetration Test):** digunakan untuk menentukan nilai N-SPT dan mengidentifikasi konsistensi tanah di berbagai kedalaman.
- **Sondir (Cone Penetration Test/CPT):** menghasilkan nilai qc (cone resistance) dan fs (sleeve friction), yang digunakan untuk menentukan karakteristik kekuatan tanah.
- **Muka air tanah:** diperoleh dari pengamatan langsung selama pengujian bor, berada pada kedalaman 5,18 hingga 6,50 meter.

2. Data Uji Laboratorium

- **Uji Atterberg (LL, PL, PI):** untuk mengetahui plastisitas dan jenis tanah (lempung, lanau).
- **Berat isi tanah (γ) dan angka pori (e):** digunakan dalam analisis tekanan tanah.
- **Uji Triaxial (CU):** menghasilkan parameter kekuatan geser, yaitu kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ).
- **Uji Konsolidasi:** menghasilkan indeks kompresi (C_c), swelling (C_s), dan tegangan pra-konsolidasi (P_c).

Data diolah untuk membentuk profil tanah vertikal dan membandingkan parameter tanah terhadap batasan teknis untuk penerapan turap kantilever.

Prosedur Evaluasi Kelayakan Turap Kantilever

Langkah-langkah evaluasi dilakukan sebagai berikut:

1. Interpretasi Profil Tanah:

- Menyusun penampang tanah dari data borlog, CPT, dan SPT.
- Mengidentifikasi jenis lapisan dominan (lanau, lempung, pasir, fill material).
- Menentukan kedalaman lapisan keras ($NSPT > 40$, $q_c > 200 \text{ kg/cm}^2$).

2. Analisis Kondisi Muka Air Tanah:

- Menilai apakah muka air tanah mempengaruhi tekanan efektif lateral.
- Menentukan perlunya sistem dewatering jika digunakan turap kantilever.

3. Evaluasi Parameter Kekuatan Tanah:

- Menggunakan hasil triaxial CU untuk memperoleh nilai c dan ϕ .
- Menentukan kecenderungan tanah untuk memberikan tekanan lateral besar.

4. Penilaian terhadap Syarat Teknis Turap Kantilever:

- Membandingkan kedalaman galian rencana (asumsi 2–3 basement) dengan kedalaman lapisan keras.
- Menilai apakah kondisi tanah atas cukup kuat untuk sistem dinding bebas (tanpa anchor).
- Mengkaji kemungkinan deformasi dinding dan risiko keruntuhan.

5. Pengambilan Kesimpulan Awal:

- Jika kondisi tanah lunak mendominasi lapisan atas dan muka air tanah tinggi, maka turap kantilever tidak direkomendasikan.
- Jika ditemukan lapisan keras dangkal, dan nilai ϕ tanah signifikan (misalnya $\phi > 30^\circ$), maka sistem masih dapat dipertimbangkan dengan desain konservatif.

Alat Bantu dan Standar Acuan

Penelitian ini menggunakan beberapa standar dan pustaka teknis sebagai referensi utama:

- **ASTM D1586** (SPT), **ASTM D3441** (CPT), **ASTM D4767** (Triaxial CU)
- **SNI 8460:2017** tentang perencanaan sistem penahan tanah.
- Buku teks seperti:
 - Bowles, J. E. (1996). *Foundation Analysis and Design*.
 - Das, B. M. (2010). *Principles of Geotechnical Engineering*.

Analisis grafik dilakukan secara manual dan semi-kuantitatif berdasarkan profil tanah dan data tabel. Tidak digunakan perangkat lunak numerik khusus dalam kajian ini, karena fokus studi adalah evaluasi pendahuluan terhadap kelayakan sistem.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Profil Tanah di Lokasi Proyek

Berdasarkan dokumen Laporan Penyelidikan Tanah Proyek Asiana Tower, diketahui bahwa penyelidikan dilakukan pada beberapa titik bor (BH-01 hingga BH-04) serta titik CPT (CPT-01 hingga CPT-07). Dari data bor dan CPT tersebut, diperoleh informasi berikut:

1. Lapisan Tanah

Urutan lapisan tanah dominan yang ditemukan di lokasi proyek adalah sebagai berikut:

- **Lapisan 1:** Tanah urug dan lanau kelepungan berwarna abu-abu kecoklatan, konsistensi lunak hingga agak kaku, dengan nilai NSPT < 10 dan nilai $q_c < 50$ kg/cm², pada kedalaman ± 0 –3 meter.
- **Lapisan 2:** Lanau dan lempung dengan plastisitas rendah hingga sedang, kandungan air tinggi, nilai NSPT berkisar 10–20, ditemukan pada kedalaman 3–5,5 meter.

- **Lapisan 3:** Pasir sangat padat tersementasi dan lanau pasiran keras, pada kedalaman >5,5 meter. Nilai NSPT > 40 dan nilai $q_c > 200 \text{ kg/cm}^2$, menunjukkan lapisan tanah keras yang cocok sebagai pendukung utama pondasi atau titik embedment turap.

2. Muka Air Tanah

Kedalaman muka air tanah bervariasi antara 5,18 hingga 6,50 meter dari permukaan tanah. Hal ini berarti sebagian besar lapisan tanah lunak berada dalam kondisi jenuh atau mendekati jenuh.

Parameter Kekuatan Tanah

Berdasarkan hasil uji laboratorium triaxial CU dan data CPT, diperoleh parameter kekuatan geser tanah berikut:

- **Lapisan atas (0–3 m):**
 - Kohesi tak terdrainase (C_u): 15–25 kPa
 - Sudut geser dalam (ϕ): 15° – 20°
 - Berat isi basah (γ): $\pm 18,5 \text{ kN/m}^3$
- **Lapisan menengah (3–5,5 m):**
 - C_u : 30–45 kPa
 - ϕ : 20° – 25°
 - γ : $\pm 19 \text{ kN/m}^3$
- **Lapisan keras (>5,5 m):**
 - C_u : >75 kPa
 - ϕ : > 30°
 - NSPT > 40
 - $q_c > 200 \text{ kg/cm}^2$

Kebutuhan Sistem Penahan Tanah

Rencana pembangunan struktur basement 2–3 lantai (perkiraan kedalaman galian: ± 6 –9 meter) menuntut sistem penahan tanah yang mampu menahan tekanan lateral tanah aktif dan air tanah. Dalam hal ini, metode turap kantilever menjadi salah satu pilihan karena tidak memerlukan ruang tambahan untuk tieback atau strut.

Namun, penerapannya sangat bergantung pada:

- Kekuatan tanah belakang (untuk menahan tekanan aktif),
- Tahanan tanah di bagian embedment (untuk melawan tekanan pasif dan momen),
- Kondisi muka air tanah,
- Batas deformasi yang dapat ditoleransi.

Evaluasi Kelayakan Turap Kantilever

1. Kelebihan

- Tersedianya lapisan keras pada kedalaman ± 6 meter yang dapat berfungsi sebagai pendukung embedment.
- Nilai ϕ pada lapisan dalam $> 30^\circ$ menunjukkan potensi tanah granular yang kuat.

2. Kekurangan / Risiko

- Lapisan atas hingga 5 meter didominasi oleh tanah lempung lanauan lunak dengan ϕ rendah dan Cu kecil, yang menghasilkan tekanan aktif tinggi dan tahanan pasif rendah.
- Muka air tanah berada dekat atau sejajar dengan dasar galian basement, meningkatkan tekanan efektif lateral dan memperburuk stabilitas.
- Dengan kedalaman galian 6–9 meter, dinding turap akan mengalami momen lentur besar, sementara bagian bawah dinding harus tertanam cukup dalam ke lapisan keras (minimal 1,5x tinggi galian) agar stabil.
- Risiko deformasi lateral besar yang dapat mengganggu struktur sekitar, terutama jika tidak digunakan tieback atau strut.

Interpretasi Teknik

Berdasarkan analisis kualitatif terhadap kondisi tanah dan prinsip kerja turap kantilever, maka hasil evaluasi dapat dirangkum sebagai berikut:

Parameter Evaluasi	Nilai di Lokasi	Implikasi terhadap Turap Kantilever
Kedalaman galian rencana	$\pm 6-9$ m	Melebihi batas efisiensi umum turap kantilever
Muka air tanah	5,2–6,5 m	Memberikan tekanan tambahan, menurunkan stabilitas

Lapisan keras	Mulai dari 5,5–6 m	Cukup baik untuk pondasi, tetapi butuh kedalaman embedment besar
Nilai NSPT & qc	<10 di atas, >40 di bawah	Tanah atas lemah, risiko deformasi tinggi
Parameter ϕ dan Cu	$\phi < 25^\circ$ di atas	Tidak mendukung turap bebas

Rekomendasi

Berdasarkan evaluasi di atas, maka disimpulkan bahwa:

- Penggunaan sistem turap kantilever tidak direkomendasikan sebagai satu-satunya sistem penahan tanah pada galian basement proyek Asiana Tower.
- Sistem ini hanya layak digunakan pada galian <5 m dan dengan kondisi tanah granular padat sejak permukaan.
- Untuk galian sedalam 6–9 meter dengan tanah lunak dan muka air tanah dangkal, disarankan menggunakan:
 - Turap dengan tieback atau
 - Turap dengan sistem strutting bertingkat
 - Diaphragm wall bila lingkungan sangat sensitif terhadap deformasi

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis terhadap data penyelidikan tanah di lokasi proyek Asiana Tower, serta tinjauan terhadap prinsip-prinsip teknis sistem dinding turap kantilever, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Karakteristik tanah di lokasi proyek didominasi oleh lapisan lanau dan lempung dengan konsistensi lunak hingga agak kaku pada kedalaman 0–5,5 meter, yang memiliki nilai NSPT rendah (<10–20) dan nilai sudut geser dalam (ϕ) relatif kecil (<25°). Lapisan keras baru ditemukan pada kedalaman sekitar 5,5–8,5 meter dengan nilai NSPT > 40 dan cone resistance (q_c) > 200 kg/cm². Muka air tanah berada pada kisaran 5,18 hingga 6,50 meter, yang berarti sebagian besar lapisan atas dalam kondisi jenuh.

2. Kondisi geoteknik tersebut tidak memenuhi syarat ideal untuk penerapan metode dinding turap kantilever, terutama pada galian dengan kedalaman >6 meter. Tekanan tanah aktif yang tinggi dari tanah lunak jenuh serta kedalaman embedment yang dibutuhkan untuk mencapai tahanan pasif yang memadai menjadikan sistem ini tidak efisien secara teknis maupun ekonomis.
3. Dengan mempertimbangkan risiko deformasi lateral besar, muka air tanah tinggi, dan ketebalan lapisan lunak, maka metode dinding turap kantilever tidak direkomendasikan untuk digunakan sebagai satu-satunya sistem penahan tanah pada proyek Asiana Tower.

Saran

Berdasarkan kesimpulan yang diperoleh, saran yang dapat diberikan dalam rangka mendukung keberhasilan teknis perencanaan sistem penahan tanah adalah:

1. Perencana struktur bawah sebaiknya memilih sistem penahan tanah alternatif seperti:
 - Dinding turap dengan sistem tieback (anchored wall),
 - Dinding turap dengan sistem strutting bertingkat,
 - Atau sistem diaphragm wall jika dibutuhkan kendali deformasi lateral yang ketat di lingkungan sensitif.
2. Penggunaan turap kantilever hanya dapat dipertimbangkan pada bagian galian dengan kedalaman <5 meter, atau pada kondisi tanah granular padat sejak permukaan, yang tidak ditemukan pada proyek ini.
3. Analisis numerik lanjutan (misalnya dengan PLAXIS atau program geoteknik lainnya) sangat disarankan untuk memodelkan deformasi dan stabilitas sistem dinding penahan sesuai kedalaman rencana basement.
4. Studi ini diharapkan menjadi dasar evaluasi awal dalam pemilihan sistem penahan tanah yang tepat, serta menjadi referensi untuk proyek serupa di kawasan dengan kondisi geoteknik yang sebanding.

DAFTAR PUSTAKA

- Hardiyatmo, H. C. (2002). *Fondasi 2* (Edisi pertama). Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- ASTM D1586-11. (2011). *Standard Test Method for Standard Penetration Test (SPT) and Split-Barrel Sampling of Soils*. ASTM International.

- ASTM D4767-11. (2011). *Standard Test Method for Consolidated Undrained Triaxial Compression Test for Cohesive Soils*. ASTM International.
- ASTM D3441-16. (2016). *Standard Test Method for Mechanical Cone Penetration Tests of Soil*. ASTM International.
- SNI 8460:2017. *Tata cara perencanaan sistem penahan tanah dengan perkuatan*. Badan Standardisasi Nasional (BSN), Jakarta.
- Azizi, A., & Prakoso, W. H. (2015). *Studi Evaluasi Kinerja Turap Kantilever di Wilayah Urban Jakarta Barat*. Jurnal Teknik Sipil Universitas Indonesia, 22(2), 112–120.
- Wahyudi, A., Santoso, H. R., & Indarto, S. (2018). *Pemodelan Numerik Dinding Penahan Turap Kantilever untuk Galian Sedang*. Jurnal Geoteknik, 14(1), 45–53.
- Putra, F. A. (2020). *Analisis Perbandingan Sistem Dinding Penahan Turap Kantilever dan Tieback pada Proyek Basement Gedung Perkantoran*. Jurnal Rekayasa Sipil, 9(3), 197–204.