

Analisis Pemanfaatan Barisan Tiang Bor Sebagai Konstruksi Penahan Tanah Pada Lokasi yang Sempit dan Padat

Analysis of The Soldier Bore Piles As Soil Retaining Construction in Narrow and Crowded Location

Annisa Maria Hidayati^{1,*}, Abdul Hakam², Elizar³

¹ Teknik Sipil, Universitas Udayana, Jl. Raya Kampus UNUD, Denpasar, Bali

² Teknik Sipil, Universitas Andalas, Jl. Limau Manis, Padang, Sumatera Barat

³ Teknik Sipil, Universitas Islam Riau, Jl. Kaharuddin Nasution 113, Pekanbaru, Riau

* Penulis korespondensi: anissamh@yahoo.com

Tel.: +62-818-352-929

Diterima: 31 Agustus, 2020; Direvisi: 28 Oktober, 2020; Disetujui: 28 Oktober, 2020.

DOI: 10.252999/saintis2020.vol20(02).5527

Abstrak

Peningkatan sektor wisata di Bukittinggi memberi dampak terhadap peningkatan kebutuhan akan penginapan sebagai tempat tinggal sementara para wisatawan. Pada kondisi lain, wilayah Kota Bukittinggi cenderung memiliki lahan yang terbatas dan sudah dipadati dengan bangunan. Bagian lain pembangunan hotel di Kota Bukittinggi memerlukan fasilitas parkir, karena keterbatasan wilayah parkir di Kota yang sempit ini maka pembangunan gedung dengan memanfaatkan basement kedalam tanah menjadi alternatif pilihan. Sementara stabilitas bangunan yang telah memadati lokasi rencana pembangunan gedung baru menjadi kendala yang harus dihadapi. Kerusakan struktur tanah dapat terjadi baik secara langsung seperti penurunan daya dukung tanah dan keruntuhan dinding penahan tanah, sedangkan secara tidak langsung dapat terjadi seperti adanya kerusakan bangunan akibat getaran yang disalurkan dari tanah ke struktur bangunan. Berdasarkan latar belakang tersebut maka perlu dilakukan penelitian tentang pemanfaatan tiang bor sebagai konstruksi penahan tanah pada lokasi yang sempit dan padat Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui angka aman pada stabilitas tanah dengan pemanfaatan barisan tiang bor. Metoda penelitian dengan menggunakan barisan pondasi bor sebagai penahan tanah. Berdasarkan analisis dengan parameter geoteknik tanah di lokasi, maka diperlukan dua lapis barisan tiang bor dengan diameter 50 cm untuk kedalaman yang berbeda. Lapisan pertama dari elevasi muka tanah asli hingga elevasi kedalaman 15m dan lapisan kedua dari elevasi dasar basement kedua hingga kedalaman 18m. Berdasarkan analisis maka diperoleh faktor keamanan 1,2 untuk galian hingga kedalaman 4 m. Untuk kedalaman galian yang lebih dari nilai faktor keamanan berkurang hingga mendekati nilai 1,0 sehingga diperlukan penanganannya modifikasi dalam pemanfaatan barisan tiang bor ini.

Kata Kunci: *Tiang, bor, Penahan, Tanah, Stabilitas, Lereng*

Abstract

The increase of the tourism in Bukittinggi has an impact on the increasing need for lodging as temporary residence for tourists. In other condition, restrictions on artificial tall buildings area are limited of regulations. Meanwhile, restrictions on the construction of tall buildings in an area are limited regulations. In Bukittinggi, West Sumatra, the construction of high buildings is a less than the "Clock Tower". Meantime, the construction of hotels in the city of Bukittinggi requires parking facilities. Building construction is using basement into the ground becomes an alternative choice. However, the stability has been packed with the location of building construction plans is an obstacle that must be faced. Damage to the soil structure can directly, bearing capacity of the soil and the retaining wall is collapse. Damage of buildings by vibrations transmitted from the ground to the building structure. Soil retaining construction is a civil building that has a function of ground motion barrier that caused by pressure forces on the ground and water. Methods using sheet pile are also considered, but due to environmental disturbance these methods are not used. As a suitable choice, a row of drill foundation is used as a buffer. Based on the analysis of the soil geotechnical parameters at the site, two layers of bored pillars with a diameter of 50 cm are needed for different depths. The first layer from the original ground level elevation to 15m depth elevation and the second layer from the second basement base elevation to 18m depth.

Keywords: *Pile, Bore, Retaining, Soil, Stability, Slope*

PENDAHULUAN

Hal yang dianggap biasa bahwa pemerintah mempunyai regulasi untuk menentukan batas ketinggian bangunan yang ada di daerahnya. Sebagai contoh di Kota Wisata Bukittinggi, terdapat peraturan untuk membatasi ketinggian bangunan hingga tiga lantai saja. Awal mulanya pembatasan

ini dilakukan untuk memberikan kebebasan pandangan terhadap Bangunan Bersejarah "Jam Gadang" yang mempunyai tinggi 26 meter. Namun dalam pelaksanaannya, berbagai interpretasi yang keliru terhadap pembatasan tersebut seperti ketakutan runtuhnya bangunan tinggi akibat gempa. Sehingga dalam pengurusan Izin Mendirikan Bangunan menjadi urusan yang multi tafsir di sektor-sektor yang terkait.

Sejalan dengan peningkatan sektor wisata di Bukittinggi, maka meningkat pula kebutuhan untuk menyediakan hotel untuk yang mampu menampung wisatawan dalam jumlah yang banyak. Di sisi lain, wilayah Kota Bukittinggi yang akan dikembangkan sudah dipadati dengan bangunan. Selain itu fasilitas jalan yang tersedia tidak mampu lagi menampung kendaraan untuk parkir di tepi jalan. Oleh sebab itu maka pilihan untuk membangun bangunan baru kearah vertikal menjadi keniscayaan. Kebutuhan kamar hunian juga harus diperhitungkan untuk mampu mengembalikan investasi dalam waktu yang direncanakan. Maka dari itu perlu disediakan fasilitas parkir yang cukup pula untuk menampung kendaraan calon penghuni. Sementara batasan jumlah tingkat untuk bangunan baru dengan alasan kebebasan pandangan Jam Gadang hanya 6 lantai, yaitu dengan memperkirakan perbedaan elevasi antar lantai sebesar 4 m. Sejalan dengan pembatasan ketinggian bangunan tersebut, maka pengembangan gedung yang memerlukan jumlah lantai lebih harus beralih dengan memanfaatkan basement ke bawah tanah.

Suatu konstruksi atau bangunan dapat berdiri dengan kokoh bila ditunjang dengan daya dukung tanah yang memenuhi syarat keamanan. Beban dari suatu konstruksi akan diteruskan ke tanah melalui pondasi bangunan. Apabila beban yang diteruskan oleh pondasi ke tanah tidak melampaui kekuatan (daya dukung) tanah maka tanah tersebut maka bangunan tersebut aman terhadap daya dukung tanahnya. Namun apabila kekuatan tanah dilampaui, maka penurunan yang berlebihan atau keruntuhan dari tanah akan terjadi. Oleh karena itu sebelum membangun suatu konstruksi perlu direncanakan suatu pondasi disertai dengan evaluasi daya dukung tanah dasar pondasinya [1].

Tanah dapat diartikan sebagai sisa endapan (residual), Tanah sisa endapan biasanya mengandung pecahan batuan bersudut dengan ukuran bervariasi dalam zona bidang antara tanah dan batuan. Tanah sisa endapan memiliki mutu yang rendah sehingga setiap struktur tanah harus diuji sesuai dengan standart daya dukung tanah [2]. Kerusakan pada struktur tanah yang diakibatkan langsung oleh gempa seperti penurunan daya dukung tanah dan keruntuhan pada dinding penahan tanah. Sedangkan yang diakibatkan secara tidak langsung seperti kerusakan bangunan akibat getaran yang disalurkan dari tanah ke struktur, sehingga struktur perlu direncanakan dan dianalisis terhadap gempa yang memungkinkan dapat terjadi pada masa yang akan datang [3].

Dinding penahan tanah (*Retaining Wall*) adalah bangunan yang berfungsi menstabilkan tanah pada kondisi tanah tertentu khususnya untuk areal lereng alam dan lereng buatan serta lereng akibat urugan tanah. Ketika kondisi tanah terganggu akibat beberapa hal tertentu, seperti beban gempa, mesin yang menghasilkan getaran,

peledakan, air tanah dan lain-lain yang dapat menurunkan sifat fisik dan sifat mekanik dari parameter tanah, akan terjadi kerusakan struktur dan membahayakan jiwa manusia. Untuk meminimalisir kondisi tersebut, maka harus didesain kestabilan dari struktur dinding penahan tanah tersebut agar mampu menahan beban dari tanah dan pengaruh beban luar [4]

Salah satu penyebab terjadi keruntuhan pada dinding penahan tanah adalah kelongsoran yang merupakan suatu upaya massa batuan mengalami gangguan akibat pemotongan tebing, sehingga perlu dilakukan analisis kestabilan massa batuan pada lokasi-lokasi yang mengalami pemotongan massa batuan di area lokasi yang memiliki resiko tinggi terhadap kelongsoran [5].

Konstruksi penahan tanah merupakan salah satu bangunan sipil yang memiliki fungsi sebagai penahan gerakan tanah yang diakibatkan oleh gaya tekanan lateral pada tanah maupun air [2]. Gaya-gaya yang bekerja pada konstruksi penahan tanah antara lain gaya akibat berat sendiri, momen guling, gaya lateral baik tanah pasif maupun aktif, gaya slip dan gaya angkat (*uplift*). Penurunan yang besar dan tidak merata akan memberi dampak terhadap kerusakan pada srtuktur atas bangunan konstruksi jalan [6].

Setiap lokasi memiliki nilai penurunan tanah yang berbeda-beda, hal ini dipengaruhi oleh daya dukung tanah pada masing-masing lokasi. Semakin kecil daya dukung tanah maka semakin besar terjadi penurunan tanah. Sementara untuk beban struktur bangunan, semakin besar beban yang didukung pondasi maka penurunan yang terjadi semakin besar [7]. Pemberian beban pada tanah akan memberi dampak terhadap peningkatan tegangan yang bekerja pada tanah [8]. Untuk itu faktor keamanan digunakan sebagai identifikasi stabilitas lereng dan memberikan definisi sebagai perbandingan antara kuat geser tanah dan tegangan geser yang bekerja pada masa tanah. Pada umumnya nilai faktor keamanan $FK \geq 2,5$ adalah desain normal untuk memberikan factor keamanan dalam analisis stabilitas lereng [9].

Stabilitas lereng umumnya digunakan untuk mereduksi gaya-gaya yang menggerakkan, menambah tahanan geser tanah atau keduanya. Gaya-gaya yang menggerakkan dapat direduksi dengan cara [10] :

1. Menggali material pada zona tidak stabil
2. Mengurangi tekanan air pori dengan mengalirkan air pada zona tidak stabil.
3. Pembuatan struktur untuk stabilisasi.

Gerakan tanah merupakan proses perpindahan massa tanah atau batuan dengan arah tegak, mendatar dan miring pada kedudukan semula karena pengaruh air, gravitasi dan beban luar. Untuk mempermudah identifikasi tipe gerak tanah dan membantu dalam menentukan penyebab dan cara penanggulangannya maka perlu dilakukan analisa klasifikasi tanah berdasarkan pada material

yang bergerak dan jenis gerakan seperti aliran cepat, ablesan, runtunan dan longsoran [11].

Penggunaan dinding penahan tanah umumnya digunakan pada suatu wilayah khusus seperti jalan yang dibangun dekat dengan berbatasan sungai, danau dan rawa. Tanah yang digunakan dibelakang dinding penahan tanah disebut tanah urugan (*backfill*). Penggunaan dinding penahan tanah dalam perencanaan, disamping mempertimbangkan aspek ekonomi juga mempertimbangkan aspek teknis seperti sifat-sifat tanah asli, kondisi tanah urugan, kondisi lingkungan setempat dan kondisi lapangan [12]. Selain itu, fenomena kelongsoran dengan diawali dengan adanya rembesan air tanah dari luar dinding penahan tanah selama proses dewatering dapat juga terjadi erosi pada butiran pasir lepas yang halus atas lapisan tanah lempung. Erosi ekstra ini terjadi karena adanya rembesan air dari dewatering yang dibuang melalui gorong-gorong saluran drainase. Hal ini akan berpengaruh terhadap biaya dan waktu dalam proses pelaksanaan struktur dinding penahan tanah [13].

Pembangunan basement merupakan salah satu solusi dengan terbatasnya lahan terutama pada wilayah kota. Basement terletak dibawah tanah maka dalam perencanaan dinding basement ada yang didesain untuk menahan tanah dan ada yang tidak didesain untuk menahan tanah. Jika dinding tersebut tidak didesain untuk menahan tanah maka dalam pelaksanaan dibangun dinding struktural penahan tanah secara permanen [14].

Dalam proses perencanaan basement, hal yang harus diperhatikan adalah permasalahan pada metode konstruksi galian tanah dan interaksi tanah terhadap struktur. Permasalahan dalam pekerjaan galian tanah menjadi suatu perhatian khusus terutama jika dilakukan pada wilayah yang padat penduduk sehingga resiko terhadap galian tanah sangat besar. Pekerjaan galian basement dapat dilakukan dengan beberapa metode, hal ini tergantung pada jenis tanah, geometri galian, dan kondisi lapangan dan bangunan sekitar lokasi pembangunan. Salah satu adalah dengan menggunakan metode elemen hingga (*finite element method*), Permasalahan kestabilan tanah memerlukan solusi yang baik sehingga dapat mengamankan perumahan sekitar bangunan tersebut [4]. Metode elemen hingga (*finite element method*) merupakan salah satu metode yang digunakan untuk menghitung tegangan dan perpindahan pada material. Konsep dasar metode elemen hingga adalah membagi suatu sistem struktur menjadi elemen-elemen kecil yang disebut elemen hingga (*finite element*). Tiap elemen-elemen tersebut secara eksplisit menggambarkan reaksi dari material yang ada di dalamnya. Analisis kestabilan lereng menggunakan metode elemen hingga akan memberikan gambaran mengenai besarnya perpindahan pada tiap titik simpul dan besarnya tegangan pada tiap elemen [15].

Bangunan direncanakan berdasarkan penentuan beban layan (*service load*) dan untuk mendapatkan nilai banding yang sesuai dari kekuatan bahan dengan beban. Untuk menentukan kestabilan lereng, dikenal istilah faktor keamanan (*safety factor*), yang merupakan perbandingan antara gaya-gaya yang menahan, terhadap gaya-gaya yang menggerakkan tanah tersebut. Bila Faktor Keamanan lebih tinggi dari satu, umumnya lereng tersebut dianggap stabil. Kemantapan suatu lereng dinyatakan dengan "Faktor Keamanan (FK)", yang merupakan perbandingan antara besarnya gaya penahan dengan gaya penggerak longsoran [2].

Longsoran suatu lereng pada perbukitan umumnya terjadi melalui suatu bidang tertentu yang disebut dengan bidang gelincir (*slip surface*). kestabilan lereng tergantung pada gaya penggerak dan gaya penahan yang bekerja pada bidang gelincir tersebut. Gaya penahan (*resisting force*) adalah gaya yang menahan agar tidak terjadi longsoran, sedangkan gaya penggerak (*driving force*) adalah gaya yang menyebabkan terjadinya longsoran. Perbandingan antara gaya-gaya penahan terhadap gaya-gaya yang menggerakkan tanah inilah yang disebut dengan Faktor Keamanan (FK) lereng. Dengan demikian, diperlukan suatu nilai faktor keamanan minimum dengan suatu nilai tertentu yang disarankan sebagai batas faktor keamanan terendah yang masih aman sehingga lereng dapat dinyatakan stabil atau tidak. Sehingga pada penelitian ini, faktor keamanan minimum yang digunakan adalah $FK \geq$ (sama dengan atau lebih besar) dari 1.25, sesuai prosedur dari [2], Dengan ketentuan:

$FK \geq 1,25$: Lereng Aman.

$FK = 1,07 - 1.25$: Lereng Tidak Aman.

$FK < 1,07$: Lereng kritis.

Dinding penahan tanah dari tiang bor (*bored pile*) beton sudah digunakan secara luas karena secara struktur lebih kaku, cepat dikerjakan dan rendahnya getaran tanah ketika pemasangan menjadi keuntungan dinding penahan tanah dari tiang bor (*bored pile*). Ada beberapa macam susunan dinding dari tiang bor (*bored pile*), hal ini dipengaruhi oleh kondisi tanah dasar yaitu tanah non kohesi atau tanah lunak yang memerlukan struktur dinding penahan yang dibuat sangat rapat dengan tanah yang ditahan sehingga mengurangi rongga antara tanah dinding penahan. Kondisi air tanah juga harus diperhatikan, karena semakin dalam lokasi air tanah dari struktur dinding penahan, semakin efektif fungsi struktur dinding penahan tanah yang dibangun [16].

Pondasi tiang bor adalah pondasi yang dipasang kedalam tanah dengan cara mengebor tanah terlebih dahulu, baru kemudian diisi dengan tulangan dan dicor beton. Kemajuan-kemajuan telah diperoleh terhadap informasi mengenai perilaku pondasi tiang bor dengan adanya instrumentasi pada tiang bor yang diuji. Pondasi tiang bor mempunyai karakteristik khusus karena

cara pelaksanaannya yang dapat mengakibatkan perbedaan perilakunya di bawah pembebanan dibandingkan dengan tiang pancang. Kedalaman dan diameter dari tiang bor dapat divariasikan dengan mudah, maka jenis pondasi ini dapat dipakai untuk beban ringan maupun untuk struktur berat seperti bangunan bertingkat tinggi dan jembatan. Pemakaian tiang bor semakin luas, diantaranya [17]:

- a. Pondasi jembatan
- b. Pondasi menara tinggi.
- c. Pondasi fasilitas dok
- d. Pondasi bangunan ringan pada tanah lunak
- e. Sebagai barisan tiang atau soldier piles untuk meningkatkan stabilitas lereng atau sebagai dinding penahan tanah.
- f. Pondasi bangunan tinggi dan struktur yang membutuhkan gaya lateral yang cukup besar, dan lain-lain.

Pada sisi lain, perencanaan pondasi tiang pancang, yang menjadi permasalahan penting dan harus diperhatikan adalah besar daya dukung tanah yang mampu memikul beban kerja yang bekerja pada pondasi, dimana daya dukung yang dimiliki harus lebih besar dari beban yang akan dipikul oleh pondasi tersebut. Selain daya dukung yang memadai hal lain yang harus diperhatikan dalam perencanaan pondasi adalah mengenai penurunan pondasi tersebut, sebab pondasi tetap akan mengalami penurunan akibat beban yang dipikulnya sehingga menyebabkan pemampatan pada tanah dibawah pondasi tersebut.

Tiang pancang, struktur yang terbuat dari tiang, dan struktur seperti tiang berguna dan struktur yang dapat diterapkan berjenis elemen untuk mendukung penggalian dan pemotongan dalam lereng, dan untuk mempertahankan lereng merayap atau geser, yang tidak jarang terjadi di daerah seismik. Hal ini tergantung pada sistem statis dan dimensi strukturnya. Pada tiang yang menerima beban ringan dapat digunakan pondasi tiang tunggal untuk memikul beban kolom atau beban struktur, namun pada umumnya cenderung digunakan kelompok tiang. Dalam sistem kelompok tiang, baik pada ujung maupun pada keliling tiang memungkinkan terjadi tumpang tindih pada wilayah yang mengalami tegangan akibat beban kerja struktur [18],

METODOLOGI

Metodologi merupakan tahapan-tahapan yang dilakukan dalam penelitian secara sistematis untuk menyelesaikan permasalahan. Tahapan penelitian sebagai berikut ini.

1. Permasalahan dan Lokasi Penelitian

Dalam studi ini, gedung hotel yang akan dibangun berada di area yang telah dipadati oleh bangunan rumah dan pertokoan (Gambar 1). Selain itu sebagaimana daerah lainnya di Kota Bukittinggi, topografi lokasi pembangunan relatif memiliki perbedaan ketinggian hingga belasan meter.

Sehingga pembangunan gedung baru selalu dihadapi dengan permasalahan stabilitas lereng di sekitar bangunan. Permasalahan kestabilan lereng ini memerlukan solusi yang baik sehingga dapat mengamankan perumahan dan bangunan yang telah memadati lokasi rencana. Tampak dan denah lokasi rencana seperti ditunjukkan pada Gambar 1.

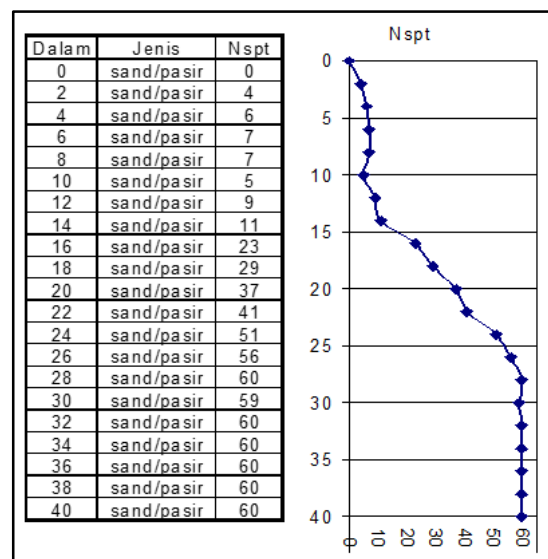


Gambar 1. Tampak dan Denah Lokasi Rencana

Gambar 1 Menunjukkan tampak dan denah lokasi rencana yang padat dengan perumahan dan topografi lokasi pembangunan relative memiliki perbedaan *contour* tanah.

2. Pengumpulan Data

Berdasarkan hasil pengujian lapangan dengan menggunakan penetrasi standar, maka lapisan tanah di lokasi didominasi oleh tanah kepasiran. Hasil pengujian penetrasi standar ditampilkan pada Gambar. 2.



Gambar 2. Hasil Pengujian Penetrasi Standart

Gambar 2 dapat dilihat bahwa hasil pengujian penetrasi standart pada kedalaman 0 – 40 meter merupakan lapisan tanah kepasiran. Sementara itu, hasil pengujian laboratorium terhadap sampel asli ditampilkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Nilai Rata-Rata Parameter Tanah

Nilai Parameter		Satuan
Simbol	Rata-rata	
γ	1.46	t/m ³
c	0.06	kg/cm ²
ϕ	33.1	°

Tabel 1 merupakan nilai rata-rata hasil pengujian di laboratorium dengan nilai berat jenis tanah (γ) sebesar 1,46, nilai kohesi tanah (c) sebesar 0,06 dan sudut geser dalam (ϕ) sebesar 33,1 hal ini menunjukkan klasifikasi tanah kepasiran.

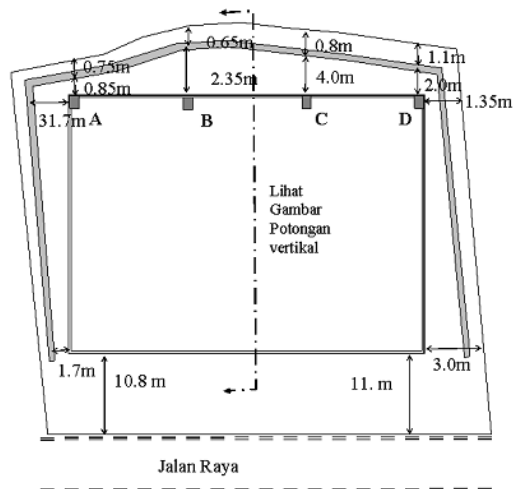
3. Analisa dan Pembahasan

Untuk menentukan kestabilan lereng melalui pendekatan Faktor Keamanan berdasarkan data tanah pada lokasi penelitian.

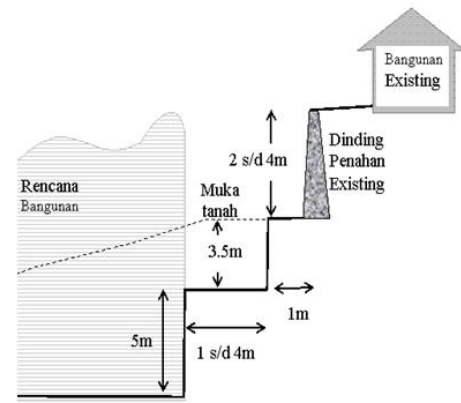
Metoda yang dipertimbangkan untuk digunakan sebagai metode pencegahan kelongsoran di lokasi rencana gedung antara lain adalah *sheet pile, bracing, dinding penahan tanah* dan tiang bor. Selanjutnya dalam tulisan ini dijelaskan beberapa hal dalam penyelesaian masalah yang dihadapi terkait dengan stabilitas galian di lokasi rencana pembangunan hotel tersebut diatas, baik yang ditemui dalam proses perencanaan hingga tahapan pelaksanaan pembangunan di lapangan. Uraian dalam tulisan ini diharapkan dapat memberikan tukar pengalaman dalam permasalahan geoteknik, terutama terkait stabilitas konstruksi penahan tanah dan kestabilan lereng dan galian.

HASIL DAN DISKUSI

Untuk mendapatkan gambaran mengenai permasalahan yang dihadapi, sketsa tapak rencana bangunan dan potongan dari bagian muka ke belakang ditampilkan seperti pada Gambar 3



a. Denah Bangunan

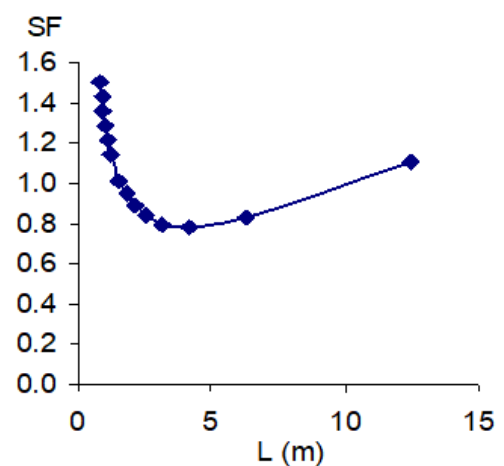


b. Potongan Vertikal

Gambar 3. Rencana Denah dan Potongan Vertikal

Gambar 3 menampilkan denah bangunan dan potongan vertikal tebing yang memiliki ketinggian sebesar 10,5 m, hal ini memiliki kemungkinan terjadi kelongsoran. Pada Gambar (a) dapat dilihat bahwa denah lokasi pembangunan berada pada pinggir jalan raya yang dapat berdampak pada masalah lingkungan transportasi ketika terjadi kelongsoran tanah tebing.

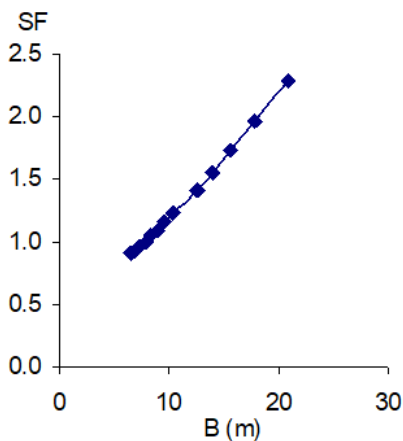
Dalam menentukan kestabilan lereng dikenal istilah Faktor Keamanan (*Safety Factor*), yang merupakan perbandingan antara gaya-gaya yang menahan terhadap gaya-gaya yang menggerakkan tanah tersebut. Kemantapan suatu lereng dinyatakan dengan Faktor Keamanan (*SF*) yang merupakan perbandingan antara besarnya gaya penahan dengan gaya penggerak longsoran [4]. Berdasarkan data tanah yang ada, maka analisis kestabilan lereng tanpa penahan memberikan nilai faktor keamanan mempunyai nilai kurang dari satu seperti dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Faktor Keamanan (SF)

Gambar 4. Menunjukkan nilai ini terindikasi bahwa untuk membuat galian pada lokasi, harus dilakukan dengan membuat konstruksi penahan longsoran.

Sementara untuk mendapatkan potongan lereng yang stabil, diperlukan panjang dasar lereng hingga 10 m seperti ditunjukkan pada Gambar 5



Gambar 5. Pengaruh Lebar Lereng dan SF

Gambar 5 dapat dilihat bahwa semakin tinggi lebar lereng maka semakin tinggi nilai SF. Hal ini tentunya tidak sesuai dengan rencana, karena batas dasar lereng akan berada pada lokasi rencana bangunan sejauh 5 hingga 8 m.

Untuk mendapatkan solusi yang sesuai dengan keadaan di lokasi, beberapa metoda penstabilan lereng dan galian telah dipertimbangkan. Pada awalnya opsi untuk menggunakan dinding penahan tanah gravity dan kantilever dipertimbangkan. Kemudian, metoda untuk mencegah kelongsoran akibat galian dengan menggunakan *sheet pile* atau tracing juga dipertimbangkan, namun mengingat kendala yang dihadapi saat pelaksanaan maka metoda ini diputuskan untuk tidak digunakan. Kendala-kendala yang dihadapi dalam pekerjaan ini seperti berikut ini.

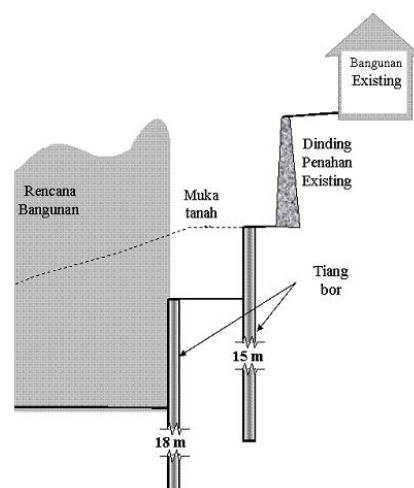
1. Berdasarkan analisis stabilitas dinding penahan tanah, dinding penahan jenis gravity dengan tinggi 12 m dan lebar tapak 3,5 m telah memberikan angka keamanan geser dan guling lebih dari 1,2, sedangkan untuk dinding penahan tanah tipe kantilever dengan dimensi yang sama juga menghasilkan faktor keamanan lebih dari 1,2 juga. Sebenarnya dinding kantilever memberikan hasil yang baik yaitu dapat memberikan ruang dan konstruksi yang bersih, sehingga dapat digunakan untuk keperluan tambahan pada gedung, namun penggunaan dinding penahan tidak menjadi pilihan dikarenakan untuk membuatnya diperlukan galian sedalam dengan ketinggian. Untuk itu konstruksi ini memerlukan pengamanan galian yang sama dengan rencana pembuatan bangunan itu sendiri. Aplikasi *sheet pile* dengan berbagai bahan sudah cukup banyak digunakan [5]. Penggunaan *sheet pile* sebagai penahan galian memerlukan penempatan alat pemancangan dan dapat menimbulkan gangguan saat masa konstruksi. Hal ini menjadi kendala yang harus dihindari pada lokasi

rencana yang sempit dan padat penduduk. Mengingat lokasi yang sempit. Maka penempatan peralatan pemancang *sheet pile* akan memberikan kesulitan tersendiri.

2. Kendala kedua adalah gangguan terhadap lingkungan sekitarnya saat pemancangan. Getaran yang terjadi akan sulit ditoleransi lingkungan disekitar lokasi. Untuk itu maka *sheet pile* tidak menjadi pilihan dalam pekerjaan ini. Sedangkan kendala untuk penggunaan bracing untuk menahan galian adalah sempitnya lokasi penggalian dan gangguan terhadap lokasi rencana gedung. Selain itu juga pengadaan material baja yang akan digunakan tidak menjadi pilihan yang menyenangkan bagi pemilik bangunan.

Selanjutnya, pilihan jatuh pada penggunaan barisan tiang bor. Analisis untuk mendapatkan stabilitas tiang bor [6] dan teknologi pelaksanaannya telah banyak dipublikasikan [7]. Pada studi ini, pertama dicoba untuk menggunakan satu barisan tiang bor dengan kedalaman 15 m. Berdasarkan analisis maka diperoleh faktor keamanan 1,2 untuk galian hingga kedalaman 4 m. Untuk kedalaman galian yang lebih dari nilai faktor keamanan berkurang hingga mendekati nilai 1,0 sehingga diperlukan penanganan modifikasi dalam pemanfaatan barisan tiang bor ini.

Kemudian dicoba dengan membuat dua lapis barisan tiang bor untuk menahan tanah. Lapisan pertama dibuat dari elevasi muka tanah asli hingga elevasi kedalaman 15 m dan lapisan kedua dari elevasi dasar *basement* hingga kedalaman 18 m. Faktor keamanan dari kombinasi dua lapisan tiang bor ini adalah 1,5. Metoda ini selanjutnya digunakan sebagai konstruksi pengamanan galian dan sekaligus sebagai konstruksi permanen untuk dinding *basement*, seperti dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Potongan Dua Baris Tiang Bor

Gambar 6 menunjukkan potongan dua baris tiang bor yang memiliki kedalaman yang berbeda yaitu 18 m dan 15 m, pada bagian atas tiang bor

kedalamam 15 m terdapat dinding penahan existing yang berfungsi sebagai penahan tanah untuk bangunan existing. Kondisi lapangan pada saat konstruksi seperti dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Kondisi Lapangan

Gambar 7 menampilkan kondisi lapangan pada saat pembangunan, pada bagian atas tebing terdapat perumahan yang memiliki kemungkinan terjadi kelongsoran. Selain masalah teknis pembangunan, penggunaan tiang bor lebih diterima karena memberikan gangguan yang minimal dibandingkan dengan jenis-jenis konstruksi sebelumnya.

KESIMPULAN

Dengan adanya pembatasan Ketinggian Bangunan di Kota Bukittinggi Sumatera barat, maka untuk memenuhi kebutuhan fasilitas gedung akibat sempitnya lahan parkir, maka perlu pembuatan basement sebagai kelengkapan konstruksi gedung. Berikutnya, stabilitas galian untuk pelaksanaan pekerjaan dan stabilitas basement perlu dianalisis dengan mempertimbangkan permasalahan yang mungkin timbul selama masa konstruksi. Beberapa konstruksi penstabilan galian telah dipertimbangkan untuk digunakan seperti: dinding penahan tanah. Berdasarkan studi kasus ini, maka dapat disimpulkan bahwa konstruksi tiang bor lebih cocok digunakan dibandingkan dengan jenis konstruksi yang lain. Keunggulan tiang bor antara lain adalah kurangnya gangguan terhadap lingkungan disekitarnya pada tahap pelaksanaan. Selain itu, konstruksi ini juga tidak memerlukan konstruksi pembantu sementara serta dapat digunakan secara langsung.

REFERENSI

- [1] Martini, "Pengaruh Tingkat Kepadatan Tanah Terhadap Daya Dukung Tanah," *SMARTek*, vol. 7, no. 2, pp. 69–81, 2009.
- [2] Joseph E. Bowles, *Analisis dan Desain Pondasi*, 4th ed. Jakarta: Erlangga, 1991.
- [3] Oscar Fithrah Nur and Abdul Hakam, "Analisa Stabilitas Dinding Penahan Tanah (Retaining Wall) Akibat Beban Dinamis Dengan Simulasi Numerik," *J. Rekayasa Sipil*, vol. 6, no. 2, pp. 41–54, 2010.
- [4] Melania Kalalo, Jack H. Ticoth, and Agnes T. Mandagi, "Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah (Studi Kasus: Sekitar Areal PT. Trakindo, Desa Maumbi, Kabupaten Minahasa Utara)," *J. Sipil Statik*, vol. 5, no. 5, pp. 285–294, 2017.
- [5] Titi Hayati and Rudi Iskandar, "Perbandingan Nilai Daya Dukung dan Penurunan Pondasi Tiang Pancang Berdiameter 60 Cm Pada Titik Bore Hole I Dengan Metode Analitis dan Metode Elemen Hingga (Studi Kasus: Proyek Skyview Apartemen Setiabudi)," *J. Tek. Sipil USU*, vol. 5, no. 1, 2016.
- [6] Suyono Sosrodarsono and Kazuto Nakazawa, *Mekanika Tanah & Teknik Pondasi*, 3rd ed. Jakarta: PT. Pradnya Paramita, 1984.
- [7] Ferra Fahriani and Yayuk Apriyanti, "Analisis Daya Dukung Tanah dan Penurunan Pondasi Pada Daerah Pesisir Pantai Utara Kabupaten Bangka," *J. Fropil*, vol. 3, no. 2, pp. 89–95, 2015.
- [8] F Syarif, M Kurniawan, and Elizar, "Soil Deformation Analysis by Using Plaxis 2D that Cause by Vibration of Pilling Hammer," *Int. Conf. Earth Sci. Energy*, vol. 1, no. 1, pp. 1–8, 2020.
- [9] Rizki Ramadhan, Munirwansyah, and Munira Sungkar, "Faktor Keamanan Stabilitas Lereng pada Kondisi Eksisting dan Setelah Diperkuat Dinding Penahan Tanah Tipe Counterfort dengan Program Plaxis," *J. Ilm. Tek. Sipil dan Tek. Kim.*, vol. 5, no. 1, pp. 1–11, 2020.
- [10] Aan Fauzi, Sukobar, Dicky Imam Wahyudi, and R.A. Triaswati Moeljono, "Analisa Stabilitas Lereng dan Alternatif Penanganannya Studi Kasus Proyek Pekerjaan Kanal Utama Row 80 Kawasan Industri JIPE-Gresik," *J. Apl. Tek. Sipil*, vol. 17, no. 2, pp. 59–62, 2019.
- [11] Apri Luriyanto, Iqbal Maulana, Sri Prabandiyani R.W., and Indrastono Dwi Atmanto, "Analisis Stabilitas Lereng dan Alternatif Penanganannya: Studi Kasus Longsoran Pada Ruas Jalan Pringsurat KM. MGL. 22+631 – 22+655 Kabupaten Temanggung," *J. KARYA Tek. SIPIL*, vol. 3, no. 4, pp. 861–889, 2014.
- [12] I Nengah Sinarta and I Wayan Ariyana Basoka, "Keruntuhan Dinding Penahan Tanah dan Mitigasi Lereng di Dusun Bantas, Desa Songan B, Kecamatan Kintamani," *J. Manaj. Aset Infrastruktur Fasilitas*, vol. 3, no. 1, pp. 2615–1839, 2019.
- [13] Elizar, "Correlation Model of Construction Waste Cause Factors to Cost and Time in Infrastructure Project," *Atl. Press; Third Int. Conf. Sustain. Innov.*, vol. 187, no. 1, pp. 44–48, 2019.

- [14] Suwandi and T. Rahayu, "Evaluasi Penggunaan Dinding Penahan Tanah Pada Tanah Berkohesi Rendah Terhadap Penambahan Soldier Pile," *Konstruksia*, vol. 6, no. 1, pp. 103–112, 2014.
- [15] Satrio Wibowo, M. Rinaldi, M. Ammar Azzam, Zufialdi Zakaria, and Irvan Sophian, "Kajian Kestabilan Lereng Batuan Menggunakan Klasifikasi Massa Batuan, Metode Elemen Hingga, dan Analisis Batuan Jatuh," *Padjadjaran Geosci.*, vol. 2, no. 5, pp. 364–375, 2018.
- [16] I G. N. P. Dharmayasa and I G.L.B. Eratodi, "Analisis Dinding Penahan Tanah Dengan Pondasi Tiang Bor (Studi Kasus Tower PLN SUTT 150KV No. 71 di Jalan Gatot Subroto Barat Denpasar)," *Din. Rekayasa*, vol. 12, no. 2, pp. 71–78, 2016.
- [17] Isnaniati, "Pengaruh Penggunaan Tiang Bor dan Tiang Pancang Terhadap Besarnya Penurunan Konsolidasi Pada Tanah Lempung," *Pros. Semin. Nas. III Tek. Sipil 2013 Univ. Muhammadiyah Surakarta*, vol. 3, no. 1, pp. 331–338, 2013.
- [18] Dietmar Adam, Roman Markiewicz, Boštjan Pulko, Zdenka Popović, and Janko Logar, "Piles as Retainings Structures In Slopes - Case Histories ," *Pros. 25 Prague Geotech. Lect.*, vol. 25, no. 1, pp. 12–14, 2017.