

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Terowongan adalah suatu lorong tertutup yang menghubungkan dua sisi terbuka seperti terowongan saluran air, terowongan jalan raya, terowongan jalan kereta api dan lain-lain atau menghubungkan satu sisi terbuka seperti terowongan pada pekerjaan tambang (Arif, Irwandy. 2016). Terowongan adalah sebuah tembusan di bawah permukaan tanah atau gunung. Terowongan umumnya tertutup di seluruh sisi kecuali di kedua ujungnya yang terbuka pada lingkungan luar. Beberapa ahli Teknik sipil mendefinisikan terowongan sebagai sebuah tembusan di bawah permukaan yang memiliki panjang minimal 0,1 mil (0,1609 km), dan yang lebih pendek dari itu lebih pantas disebut *underpass*. Terowongan memiliki fungsi dan tujuan masing-masing yaitu sebagai jalan, pertambangan, pengelak aliran air dan penyedia air baku pada bendungan (Simbolon et al., n.d.).

Pada pembangunan terowongan sering dijumpai masalah yang tidak biasa terjadi pada rancangan bangunan biasa. Faktor-faktor geologi menjadi hal yang sangat penting dalam perancangan suatu galian bawah tanah atau terowongan karena berkaitan dengan kekuatan batuan. Pembangunan terowongan memerlukan data sifat-sifat tanah dan batuan, serta metode konstruksi terowongan yang optimal untuk kondisi tanah dan batuan. Metode yang umum digunakan dalam konstruksi terowongan adalah *Cut and Cover System*, *Pipe Jacking System (Micro Tunneling)*, *Tunneling Bor Machine (TBM)*, *New Austrian Tunneling Method (NATM)* dan sistem terowongan pipa terendam. Terowongan pada umumnya dibuat menembus berbagai jenis tanah, termasuk tanah liat, pasir, dan batuan lunak. Material ini cenderung runtuh selama proses penggalian, maka diperlukan dinding dan atap yang kuat untuk melindunginya seiring dengan proses penggalian. Perisai biasanya digunakan untuk mencegah ekskavator runtuh. Metode konstruksi yang paling umum saat ini adalah *Tunnel Boring Machine (TBM)* untuk pemasangan perisai.

TBM adalah mesin bor terowongan yang menggali terowongan melingkar dengan penampang besar. Di dalam mesin TBM terdapat bagian yang berputar dan membuat terowongan melalui tanah. Beberapa keuntungan menggunakan alat TBM untuk membuat terowongan adalah proses pengeboran relatif cepat dan dinding terowongan bersih. Apalagi penggunaan alat ini juga sangat cocok digunakan di perkotaan. Namun kekurangan dari penggunaan *Tunnel Boring Machines* (TBM) adalah biaya awal yang sangat tinggi, sehingga biasanya hanya digunakan pada proyek skala besar. Metode ini dapat diselesaikan dengan lebih efisien dan cepat, sehingga sangat cocok untuk proyek dengan penampang terowongan yang besar dan panjang.

Metode NATM pada dasarnya telah dikembangkan di Austria dengan memanfaatkan penyediaan lapisan primer fleksibel dalam bentuk *shotcrete*, *wire mesh*, *rock bolts*, *lattice girder*. Dalam kasus massa batuan yang lebih lemah, penggunaan *forepole*/atap pipa juga dibuat untuk mendukung *crowns* terowongan yang pada urutannya menyebabkan kelebihan dan juga guna memastikan keamanan selama eksekusi. Aspek utama dari metode ini adalah desain yang dinamis berdasarkan klasifikasi massa batuan serta deformasi yang diamati

Dalam perancangan sebuah galian bawah tanah diharapkan mampu memberikan penilaian massa batuan secara cermat. Tujuan dasar setiap rancangan untuk galian di bawah tanah harus menggunakan massa batuan itu sendiri sebagai material struktur utamanya. Selama penggalian terjadinya gangguan pada dinding terowongan sehingga perlu penambahan beton atau penyangga.

Metode penggalian merupakan suatu tipe konstruksi yang ditentukan pada metode NATM ini, Dalam penggalian terowongan terdapat tipe yang umum digunakan, tetapi tipe penggalian terowongan yang dipilih disesuaikan oleh keadaan tanah sekitar dengan segala pertimbangan dan analisisnya. Metode *full face* adalah suatu cara dimana seluruh penampang terowongan digali secara bersamaan. Metode "*Heading*" and "*Bench*" adalah cara penggalian dimana bagian atas penampang terowongan digali terlebih dahulu sebelum bagian bawah penampangnya (Faisal et al., n.d.).

Kestabilan terowongan terutama oleh dua faktor yaitu batuan dan tanah. Dalam proses penggalian terowongan, sering didapati adanya deformasi dan tegangan pada tanah di sekitar bukaan terowongan karena proses penggalian (Hulwani et al., 2022). Sehingga penting untuk menganalisis deformasi dan tegangan pada bukaan terowongan berdasarkan kondisi massa tanah/batuan menurut berbagai tipe atau tahapan penggalian. Untuk menganalisis deformasi dan tegangan dititik bukaan terowongan dapat dilakukan menggunakan bantuan program metode elemen hingga seperti Plaxis 3D.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian latar belakang penelitian yang rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Seberapa besar pengaruh tipe penggalian Terowongan terhadap deformasi dan tegangan disekitar terowongan dengan kondisi tanah lunak?
2. Bagaimana tipe penggalian Terowongan yang paling sesuai pada kondisi tanah lunak?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan penelitian yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk melihat pengaruh tipe penggalian terowongan terhadap deformasi dan tegangan di sekitar galian terowongan pada tanah lunak.
2. Untuk menentukan tipe penggalian terowongan yang paling sesuai pada kondisi tanah lunak.

## **1.4 Manfaat Penelitian**

Dengan dilakukannya penelitian ini dapat diambil beberapa manfaat yang dapat diperoleh sebagai berikut:

1. Mengetahui seberapa besar pengaruh deformasi dan tegangan pada penggalian terowongan di lokasi pembangunan terowongan Bendungam Rukoh.

2. Mengetahui tipe penggalian yang sesuai dengan kondisi geologi massa batuan dalam pembangunan bendungan pada terowongan Bendungan Rukoh yang dapat bermanfaat kepada pemangku kepentingan terkait atau sebagai referensi untuk para peneliti selanjutnya.

### **1.5 Ruang Lingkup dan Batasan Penelitian**

Ruang lingkup ini adalah pemodelan tipe penggalian terowongan. Dengan batasan masalah berikut:

1. Analisis terhadap deformasi dan tegangan terowongan didasarkan pada data sekunder berupa data SPT dan lab.
2. Analisis penggalian terowongan hanya berfokus pada tipe penggalian *Twin Sidewall Drif*, *Single Sidewall Drif and Crown*, *Bench and Invert*.
3. Analisis tahapan penggalian yang cocok untuk kondisi tanah lunak.
4. Tidak memperhitungkan faktor gempa.
5. Analisis penggalian terowongan hanya berfokus pada tipe penggalian tidak dengan sistem penyangga.
6. Analisis penggalian berfokus pada kombinasi sistem peyangga jenis rockbolt (tipe D25, panjang 2 m), dan wiremesh menggunakan tipe *chailink mesh* dan *weld mesh* dengan ketebalan 5 mm.
7. Kedalaman muka air tanah pada situasi ini hanya menganalisis pada satu titik penggalian terowongan berdasarkan massa batuan terburuk pada hasil pengujian tanah.
8. Penelitian ini tidak membahas tentang kemiringan lereng.
9. Penelitian ini dilakukan dengan metode penggalian *New Austrian Tunneling Method* (NATM).

### **1.6 Metode Penelitian**

Penelitian ini menggunakan metode analisis dan studi pustaka, dimana dalam melakukan studi pustaka yang berasal dari *textbook* jurnal, dan catatan kuliah sebagai bahan acuan agar dapat melaksanakan tugas dengan baik sesuai tahapannya, penelitian ini melibatkan penggunaan Program PLAXIS 3D untuk

pemodelan tanah/batuan pada desain *headrace tunnel*, pengumpulan data sekunder berupa peta geologi daerah setempat, data uji laboratorium dan lapangan, serta data rancangan terowongan, sifat fisik, mekanika batuan, serta perilaku massa batuan sepanjang terowongan dan metode ini meliputi persiapan data, pengolahan, perhitungan data, analisis tahapan penggalian pada terowongan. Pemodelan ini dibuat dengan tiga pemodelan yaitu tipe *Twin Sidewall Drift*, *Single Sidewall Drift* dan *Crown, Bench And Invert* dan menggunakan sistem penyangga jenis *rockbolt* dan *wiremesh* disetiap tipe galian tersebut. Setelah melakukan pemodelan maka output yang dihasilkan adalah tegangan dan deformasi, setelah itu maka dapat disimpulkan serta hasil.

### **1.7 Hasil penelitian**

Hasil analisis pemodelan 3 tipe galian metode NATM pada terowongan dikondisi tanah lunak menggunakan program Plaxis 3D menunjukkan bahwa terowongan suplesi Bendungan Rukoh menunjukkan angka deformasi dan tegangan dengan menggunakan sistem penyangga jenis *rockbolt* dan *wiremesh* pada tiga jenis tipe galian seperti *Twin sidewall drift* mengalami deformasi sebesar 0,04799 meter dan tegangan yang didapat sebesar 69,07 MPa dengan *Safety Factor* yang dihasilkan sebesar 1,1478, jenis tipe galian *Single sidewall drift* mengalami deformasi sebesar 0,02317 meter dan tegangan yang didapat sebesar 28,72 MPa dengan *Safety Factor* yang dihasilkan sebesar 1,864, dan jenis tipe galian *Crown, Bench And Invert* mengalami deformasi sebesar 0,07398 meter dan tegangan yang didapat sebesar 86,14 MPa dengan *Safety Factor* yang dihasilkan sebesar 1,374. Jadi dapat disimpulkan bahwa pada saat tipe galian *Single sidewall drift* dimodelkan mengalami penurunan deformasi dan tegangan, sehingga tipe galian ini dapat dipergunakan sebagai tipe galian pada terowongan di kondisi tanah lunak.