

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tunnel/Terowongan

Terowongan adalah struktur bawah tanah yang mempunyai panjang lebih lebar dari penampang galiannya, dan mempunyai gradien memanjang kurang dari 15%. 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 (1609 m) dan yang lebih pendek dari itu dinamakan *underpass* (Rahardjo, 2004).

Secara umum terowongan adalah suatu konstruksi yang dibangun dibawah permukaan tanah dengan menggunakan metode atau cara penggalian tertentu tanpa mengganggu permukaan tanah di atasnya.

2.1.1. Terowongan Berdasarkan Kegunaan

Terowongan berdasarkan kegunaannya menurut (Astawa, 1988), dibagi menjadi dua bagian, yakni :

1. Terowongan lalu-lintas (*Traffic-tunnel*)

Traffic tunnel Merupakan terowongan yang pada umumnya digunakan sebagai media mobilitas dari tempat satu ke tempat lainnya. Adapun jenis terowongan ini antara lain: terowongan kereta api, terowongan jalan raya, terowongan pejalan kaki, terowongan bawah laut, dan terowongan kereta api bawah tanah.



Gambar 2.1 Terowongan Lalu Lintas (Pixabay.com)

a. Terowongan kereta api

Terowongan kereta api merupakan terowongan yang dibangun untuk lalu lintas kereta api maupun kereta cepat dan transportasi massal yang menggunakan jalur rail.

b. Terowongan jalan raya

Terowongan jalan raya merupakan terowongan yang dibangun untuk kendaraan bermotor karena pesatnya pertambahan trafik lalu-lintas jalan raya bersamaan dengan berkembangnya industri kendaraan bermotor.

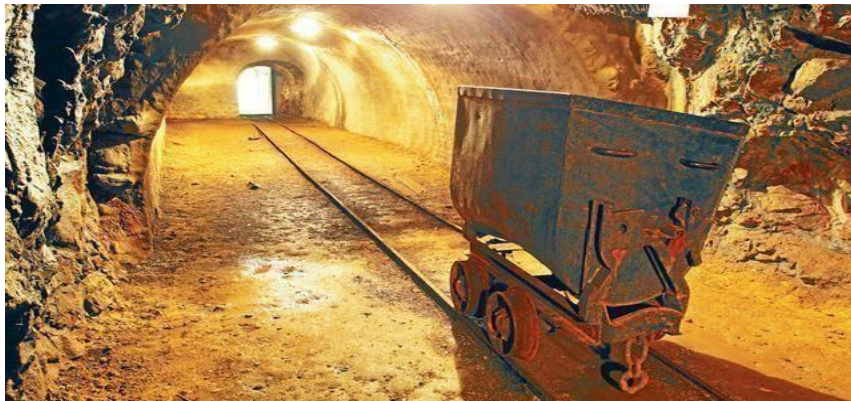
c. Terowongan pejalan kaki

Terowongan pejalan kaki termasuk dalam grup terowongan jalan (*road tunnel*) tetapi penampangnya lebih kecil, jari-jari belokannya pendek dan kemiringannya besar (lebih besar dari 10%). Terowongan ini biasanya digunakan dibawah jalan raya yang ramai atau dibawah sungai dan kanal sebagai tempat menyebrang bagi pejalan kaki.

d. Terowongan navigasi

Terowongan navigasi dibuat untuk kepentingan lalu-lintas air di kanal-kanal dan sungai-sungai yang menghubungkan satu kanal atau sungai ke kanal lainnya. Disamping itu juga dibuat untuk menembus daerah pegunungan untuk memperpendek jarak dan memperlancar lalu-lintas air.

e. Terowongan transportasi ditambang bawah tanah. Terowongan ini dibuat sebagai jalan masuk kedalam tambang bawah tanah yang digunakan untuk lalu-lintas para pekerja tambang, mengangkut peralatan tambang, mengangkut batuan dan bijih hasil penambangan. Terowongan ini dibuat dengan menggunakan teknik serupa seperti jenis terowongan lainnya, namun harganya lebih murah untuk dibangun.



Gambar 2.2 Terowongan Tambang Emas (Surabaya.liputan6.com)

2. Terowongan angkutan

Terowongan angkutan adalah jenis terowongan yang biasanya bukan merupakan akses untuk khalayak umum seperti terowongan lalu lintas. Adapun jenis dari terowongan ini adalah terowongan stasiun pembangkit listrik air, penyedia air, saluran air kotor,

a. Terowongan stasiun pembangkit listrik air

Air dialihkan atau dialirkan dari sungai atau reservoir untuk digunakan sebagai pembangkit listrik disebuah stasiun pembangkit yang letaknya lebih rendah. Terowongan ini dapat dikategorikan pada satu grup utama berdasarkan kegunaannya.

b. Terowongan penyedia air

Terowongan ini hampir sama dengan terowongan stasiun pembangkit listrik air, perbedaannya hanya pada fungsi kedua terowongan tersebut. Fungsi dari terowongan penyedia air adalah menyalurkan air dari mata air ketempat penyimpanan air didalam kota atau membelokkan air ketempat penyimpanan tersebut.

c. Terowongan saluran air kotor

Terowongan ini dibuat untuk membuang air kotor dari kota atau pusat industri ke tempat pembuangan yang sudah disediakan.

d. Terowongan saluran umum

Terowongan saluran umum adalah terowongan yang digunakan untuk kepentingan umum. Terowongan ini biasanya dibuat di daerah perkotaan untuk menyalurkan kabel listrik dan telepon, pipa gas dan air, dan juga

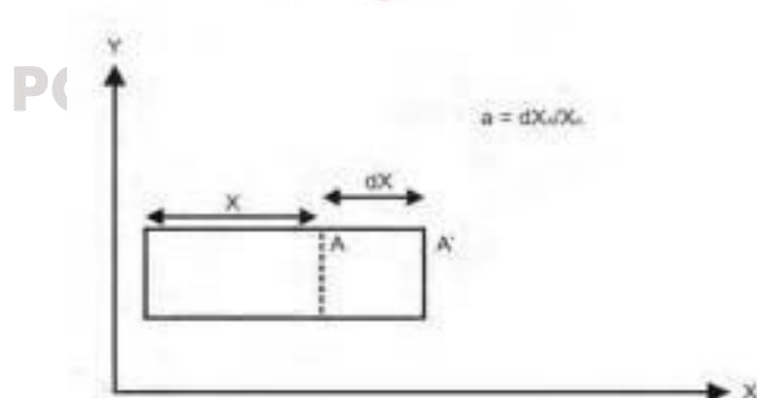
pipa-pipa lainnya yang penting, dibuat dibawah saluran air, jalan raya, jalan kereta api, blok bangunan untuk memudahkan inspeksi secara kontinyu, pemeliharaan dan perbaikan sewaktu-waktu kalau ada kerusakan.

2.2 Deformasi

Deformasi adalah perubahan bentuk, posisi, dan dimensi dari suatu benda (Kuang, 1996). Berdasarkan jenisnya deformasi yang terjadi pada suatu benda dapat dikelompokkan menjadi empat jenis, yakni:

- Translasi materi yang bersifat kaku
Perpindahan posisi materi ini tanpa mengalami perubahan bentuk, sesuai dengan acuan
- Rotasi
Perubahan posisi materi tanpa mengalami perubahan bentuk yang membentuk perubahan sudut terhadap koordinat acuan.
- Regangan normal
Merupakan perbandingan perubahan panjang terhadap panjang asalnya.
- Regangan geser atau regangan menyilang
Merupakan perubahan sudut dalam benda padat ketika terdeformasi.

Berikut adalah salah satu contoh gambar jenis deformasi,



Gambar 2.3 Regangan Normal (Andriyani, 2012)

Menurut (Ginting, 2016), deformasi berdasarkan sifat mekaniknya terbagi dua yakni :

2.2.1 Deformasi Elastis

Elastis adalah kemampuan suatu material untuk berdeformasi tanpa terjadinya perubahan (deformasi) yang permanen setelah beban dihilangkan. Pada *tunnel* dapat diartikan ketika ada beban diatas *tunnel*, maka *tunnel* mengalami deformasi. Namun ketika beban dihilangkan/diangkut maka *tunnel* kembali ke bentuk semula seperti tidak ada beban.

2.2.2 Deformasi Plastis

Plastis adalah kemampuan material untuk berdeformasi permanen akibat pembebanan pada suatu material walaupun beban dihilangkan. Pada *tunnel* dapat diartikan ketika ada beban diatas *tunnel*, maka *tunnel* mengalami deformasi. Namun ketika beban dihilangkan maka *tunnel* menjadi bentuk yang permanen seperti ketika ada beban diatasnya.

2.3 Deformasi Terowongan

Terowongan/tunnel tidak terlepas dari aspek keselamatan, oleh karena itu perlu dilakukan pemantauan dan pengukuran. Menurut (Komalin, 2018) Adapun hal-hal yang perlu diamati dalam pemantauan dan pengukuran tersebut antara lain :

- a. Pergerakan tanah
- b. Struktur sekitar
- c. Perilaku air tanah
- d. Deformasi terowongan

Dimana pengamatan deformasi terowongan bertujuan untuk memastikan terowongan masih layak digunakan atau tidak. Selain itu Zhan, dkk. (2021) menunjukkan curah hujan yang tinggi juga dapat menimbulkan penurunan muka tanah secara sementara akibat beban yang dihasilkan dari air hujan yang turun. Untuk itu dalam penelitian ini akan dilakukan analisa deformasi dinding terowongan berdasarkan besaran curah hujan diwilayah sekitar *tunnel*.

2.4 Total Station

2.4.1 Pengertian Total Station

Total Station merupakan alat yang biasa digunakan dalam kegiatan *surveying*, teknik sipil, dan kontruksi karena *total station* dapat mengukur jarak

maupun sudut yang pada akhirnya akan menghasilkan koordinat X, Y, dan Z suatu titik. *Total station* mempunyai tampilan yang mirip dengan *theodolite digital*, perbedaannya *total station* telah dikombinasikan dengan komponen pengukur jarak secara otomatis. Adapun fungsi dasar dari *total station* adalah menyimpan data pekerjaan dengan skala yang besar. Seperti *theodolite digital*, fungsi dari *total station* dikendalikan oleh mikroprosesor, yang diakses sebagai *keyboard* dan *display*. *Total station* juga biasanya digunakan untuk mengukur jarak horisontal dan vertikal secara mendatar maupun miring (Gill dan Ashwan, 2016).



Gambar 2.4 Pengukuran Menggunakan Total Station (Foto Penelitian 2021)

POLITEKNIK SINAR MAS BERAU COAL

2.4.2 Fungsi Total Station

1. Pengukuran Sudut

Dengan metode electro-optical scanning melalui piringan atau silinder kaca yang memiliki penunjuk skala yang sangat presisi total station dapat melakukan pengukuran sudut. Total station dengan fitur terbaru dapat mengukur sudut dengan nilai ketelitian hingga 0.5 *arc-second*. Sedangkan jenis total station biasa hanya dapat mengukur sudut dengan nilai ketelitian 5 sampai 10 *arc-second*.

2. Pengukuran Koordinat

Titik koordinat tidak dikenal yang terhubung dengan koordinat jelas (X, Y, Z) dapat diperkirakan letaknya menggunakan total station. Sudut dan jarak dapat diukur dari titik total station ke titik tempat survei, sedangkan titik koordinat bisa didapat melalui rumus trigonometri dan triangulasi pada titik survei. Beberapa total station sudah dilengkapi GNSS sehingga memudahkan untuk mengetahui titik koordinat.

3. Pengukuran Jarak

Pengukuran jarak pada total station menggunakan teknologi sinar infra merah yang termodulasi, dimana sinyal ini kemudian dipancarkan oleh alat pemancar kecil yang berada di dalam instrumen optic, lalu akan dipantulkan kembali oleh prisma reflektor yang diletakkan di tempat survei.

Selanjutnya komputer yang ada di dalam total station akan menerjemahkan pola yang terdapat di dalam gelombang sinyal yang dipantulkan. Hasil pengukuran jarak baru bisa diperkirakan setelah beberapa kali pemancaran dan penerimaan frekuensi dari sinar infra merah, setelah itu baru dapat mulai hitung jumlah bulat dari panjang gelombang ke pada setiap frekuensinya.

Total station dengan fitur terbaru dapat mengukur jarak hingga 10 KM.

2.5 Curah Hujan

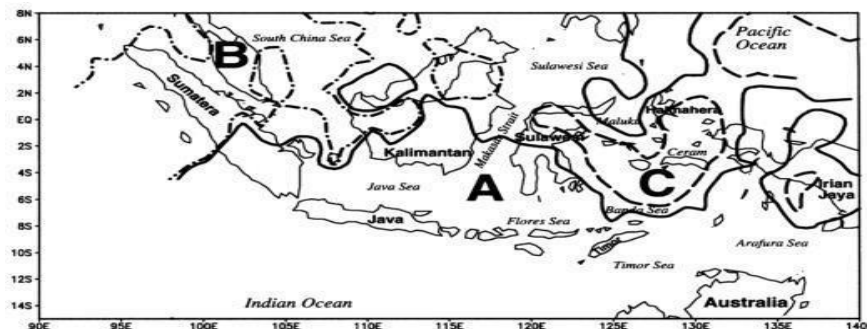
Curah hujan adalah jumlah air yang jatuh di permukaan tanah datar selama periode tertentu yang diukur dengan satuan tinggi milimeter/hari (mm) di atas permukaan horizontal. Indonesia sendiri merupakan negara yang memiliki angka curah hujan yang bervariasi, dikarenakan daerahnya yang berada pada ketinggian dan posisi geografis yang berbeda-beda. Curah hujan satu milimeter artinya dalam luasan satu meter persegi pada tempat yang datar tertampung air setinggi satu milimeter atau tertampung air sebanyak satu liter (Indrabayu dkk, 2012). Data curah hujan dalam penelitian diperoleh dari Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG Kalimantan) dan data curah hujan PT. Berau Coal site BMO1. BMKG adalah badan pemerintah yang dilindungi undang-undang yang bertanggung jawab menyediakan data dan informasi cuaca di wilayah kedaulatan

Indonesia. Adapun jarak Sta. Met. Kelas III Kalimarau dengan *tunnel* Suaran sekitar 30,11 km dan jarak Sta. Hujan BMO1 dengan *tunnel* Suaran sekitar 24,87 km.

Adapun historikal data curah hujan Kabupaten Berau berdasarkan stasiun curah hujan yakni, BMKG Kalimarau memiliki curah hujan rata-rata 4,9 mm – 7,2 mm/tahun berdasarkan data tahun 2018, 2019, dan 2020. Untuk BMO1 memiliki curah hujan rata-rata 5,3 mm – 6,3 mm/tahun berdasarkan data tahun 2018, 2019, dan 2020.

Menurut (Aldrian dan Susanto, 2003), Indonesia memiliki tiga wilayah/*region* iklim A, B, dan C seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.5 dimana *region* A (garis padat) meliputi Indonesia bagian selatan dan Indonesia bagian tengah dari Sumatera bagian selatan sampai Pulau Timor, sebagian Kalimantan, sebagian Sulawesi, dan sebagian Irian Jaya. *Region* B (garis putus-putus pendek) terletak di Barat laut Indonesia dan meliputi bagian utara Sumatera dan bagian barat laut Kalimantan. *Region* C meliputi Maluku dan sebagian Sulawesi (dekat ke wilayah Pasifik barat).

Kabupaten Berau seperti yang terlihat pada gambar masuk di *region* B, dimana wilayah B memiliki dua puncak musim hujan yakni, pada bulan Oktober-November dan pada bulan Maret hingga Mei. Kedua puncak musim hujan tersebut berhubungan dengan pergerakan ke selatan dan utara dari zona konvergensi antar-tropis (ITCZ). Menurut (Wyrski, 1961) perbedaan musim di *region* B karena adanya kemungkinan pengaruh arus permukaan dingin yang datang dari utara dan keluar dari laut Cina Selatan pada bulan Januari-Maret yang menekan jumlah curah hujan.



Gambar 2.5 Tiga Wilayah Iklim di Indonesia Menurut Pola Tahunan Rata-Rata Menggunakan DCM (Aldrian dan Susanto, 2003)