

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gambaran Umum

Indonesia adalah salah satu produsen dan eksportir batubara terbesar di dunia. Sejak tahun 2005, ketika melampaui produksi Australia, Indonesia menjadi eksportir terdepan batubara thermal. Porsi signifikan dari batubara thermal yang diekspor terdiri dari jenis kualitas menengah (antara 5100 dan 6100 cal/gram) dan jenis kualitas rendah (di bawah 5100 cal/gram) yang sebagian besar permintaannya berasal dari Cina dan India.

Batubara merupakan sumber energi terpenting untuk pembangkit energi listrik dan berfungsi sebagai bahan bakar pokok untuk produksi baja dan semen. Namun, batubara juga memiliki karakter negatif yaitu disebut sebagai sumber energi yang paling banyak menimbulkan polusi akibat tingginya kandungan karbon. Sumber energi penting lain seperti gas alam memiliki tingkat polusi yang lebih sedikit namun lebih rentan terhadap fluktuasi harga di pasar dunia. Dengan demikian, semakin banyak industri di dunia yang mulai mengalihkan fokus energi mereka ke batubara. Usaha pertambangan yang ada di Indonesia merupakan salah satu penyumbang devisa terbesar di negara ini.

2.1.1 Kabupaten Berau

Kabupaten Berau adalah salah satu Kabupaten di Provinsi Kalimantan Timur. Ibu kota Kabupaten ini terletak di Tanjung Redeb, Berau. Kabupaten Berau memiliki luas wilayah 34.127,47. km² terdiri dari daratan seluas 22.030,81 km² dan luas laut 12.299,88 km² serta terdiri dari 52 pulau besar dan kecil dengan 13 kecamatan, 10 kelurahan, 96 kampung/desa. Sensus penduduk pada tahun 2020 mencatat penduduk Kabupaten Berau pada bulan September 2020 sebanyak 248,035 jiwa. Dibandingkan dengan hasil sensus sebelumnya, jumlah penduduk Kabupaten Berau terus mengalami peningkatan. Dalam jangka waktu sepuluh tahun sejak tahun 2010, jumlah penduduk Kabupaten Berau mengalami penambahan sekitar 68,956 jiwa atau rata-rata sebanyak 6,896 jiwa setiap tahun (Badan Pusat Statistik, 2020)

2.1.2 PT. Berau Coal

PT. Berau Coal didirikan pada tahun 1983, aktivitas bisnis Berau Coal meliputi eksplorasi, penambangan, dan penjualan batubara dibawah Kontrak Perjanjian Karya Pengusahaan Pertambangan Batubara (PKP2B) generasi pertama dengan Pemerintah Indonesia. PT. Berau Coal adalah salah satu produsen batubara terbesar di Indonesia, dengan total produksi pada tahun 2019 mencapai 32,3 juta ton batubara. Wilayah konsesi PT. Berau Coal mencakup sekitar 118.400 hektar di Provinsi Kalimantan Timur yang menjadikannya sebagai wilayah konsesi batubara tunggal terbesar di Indonesia.

2.2 Definisi Terowongan

Terowongan adalah struktur bawah tanah yang panjangnya berbanding jauh dengan lebar penampang galiannya dan memiliki gradien memanjang (Rahardjo, 2004). Terowongan umumnya tertutup di seluruh sisi dindingnya, kecuali di kedua ujungnya yang terbuka pada bagian lingkungan luar. Terowongan merupakan salah satu rekayasa infrastruktur yang memanfaatkan ruang bawah tanah untuk keperluan transportasi, keairan, penyimpanan barang, energi, pertahanan, bangunan utilitas dan aktivitas lainnya, terutama untuk menghadapi masalah keterbatasan ruang dan lahan di daerah perkotaan yang cenderung sangat padat, akibat banyaknya bangunan gedung dan infrastruktur lainnya.

2.3 Jenis-Jenis Terowongan

Salah satu hal yang harus diperhatikan dalam konstruksi adalah sistem penyangga. Adapun sistem penyangga sendiri merupakan kekuatan utama terowongan dalam menahan beban terowongan. Kasus keruntuhan terowongan akibat kegagalan sistem penyangga telah banyak terjadi di beberapa negara. Diantaranya adalah kerusakan terowongan jalan raya di London yang disebabkan oleh sistem penyangga terowongan yang tidak kuat dalam menahan beban. (Apriyono, 2010). Berikut pembagian jenis *tunnel* berdasarkan material penyusun dan fungsinya.

2.3.1 Berdasarkan Material Penyusun

Rahardjo (2004) menjelaskan jenis terowongan berdasarkan material penyusunnya terbagi menjadi 3, yaitu:

1. Terowongan gali tutup. Terowongan ini dibangun dengan cara menggali satu parit besar, membangun struktur terowongan di dalam parit galian, dan ditimbun kembali dengan material timbunan saat pemasangan struktur telah selesai. Metode ini hanya dapat digunakan apabila terowongan dibangun pada kedalaman tanah yang dangkal dan penggalian dari permukaan tanah yang memungkinkan.
2. Terowongan batuan. Konstruksi pada terowongan jenis ini dikerjakan pada batuan masif dengan cara pengeboran atau peledakan (*drilling and blasting*). Terowongan dengan konstruksi ini umumnya lebih mudah dan lebih kuat dibandingkan dengan terowongan tanah lunak karena batuan memiliki tingkat kekakuan dan kestabilan yang tinggi.



Gambar 2. 1 Terowongan Batuan (ilmubatugeologi.blogspot.com)

3. Terowongan tanah lunak. Merupakan terowongan dengan konstruksi yang dibuat pada lapisan tanah lunak seperti lempung, pasir, atau batuan lunak. Jenis material ini cenderung mudah bergeser atau mengalami peruntuhan saat proses penggalian. Umumnya digunakan pelindung (*shield*) yang kuat untuk melindungi galian tersebut agar tidak runtuh.

2.3.2 Berdasarkan Fungsinya

Szechy (1967) mengklasifikasikan terowongan berdasarkan fungsinya menjadi 3, yaitu:

1. Terowongan lalu lintas. 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. 2 Terowongan Lalu Lintas (www.pixabay.com)

2. Terowongan angkutan. Adalah jenis terowongan yang biasanya bukan merupakan akses untuk khalayak umum seperti terowongan lalu lintas. Adapun jenis dari terowongan ini adalah terowongan eksplorasi, terowongan eksploitasi, dan terowongan darurat.
3. Terowongan tambang, adalah jenis terowongan yang mendukung atau merupakan *support* terhadap jalannya bisnis proses pertambangan. Biasanya meliputi terowongan utama dan akses, terowongan eksplorasi, terowongan eksploitasi, terowongan pelayanan rute, dan terowongan darurat. Secara umum, terowongan dalam pertambangan digunakan sebagai tempat untuk memindahkan hasil galian alam ke tempat lain.

2.4 Total Station

Total station merupakan alat yang sering digunakan dalam *surveying*, teknik sipil, dan konstruksi karena *total station* dapat mengukur jarak maupun sudut. Tampilan *total station* mirip dengan *theodolite* digital, perbedaannya adalah *total station* telah dikombinasikan dengan komponen pengukur jarak secara otomatis. *Total station* dapat mengukur jarak horizontal dan vertikal secara mendatar maupun miring. Fungsi dasar *total station* adalah dapat menyimpan data pekerjaan dengan skala yang besar. Sama seperti *theodolite* digital, semua fungsi dari *total station* dikendalikan oleh mikroprosesor, yang diakses sebagai keyboard dan *display* (Gill dan Ashwan, 2016). Penggunaan *total station* pada umumnya sama dengan penggunaan pada *theodolite* hanya saja perlu mengerti fungsi tombol-tombol tambahan dari *total station* tersebut yang setiap merk berbeda-beda (Wardhana, 2015).



Gambar 2. 3 Total Station (www.plazagps.com)

Total station (TS) merupakan gabungan EDM (*Electronic Distance Meter*), *theodolite*, kalkulator dan media rekaman yang dijadikan satu. *Total station* merupakan alat ukur jarak pendek yang dirancang untuk pengukuran teliti dengan menggunakan sinar 36 inframerah sebagai gelombang pembawa dimana dapat langsung dikoreksi terhadap pengaruh kondisi atmosfer (Fajriyanto, 2009).



Gambar 2. 4 Contoh pengukuran yang menggunakan Total Station (Foto Penelitian, 2021)

Menurut Gill dan Ashwan (2016), *total station* terdiri dari 3 komponen dasar yang dijadikan satu unit integral. Tiga komponen tersebut adalah sebagai berikut:

1. EDM (*Electronic Distance Meter*) atau instrumen pengukur jarak.
2. Komponen pengukuran sudut horisontal.
3. Komponen komputer atau mikroprosesor.

2.4.1 Fungsi Total Station

Total station digunakan untuk melakukan pengukuran dan pengumpulan data, seperti:

1. Pengukuran sudut

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

2. Pengukuran jarak

Pengukuran jarak oleh *total station* ini memanfaatkan teknologi sinyal inframerah yang termodulasi, sinyal ini dipancarkan oleh komponen pemancar kecil yang berada di dalam instrumen optik, lalu akan direfleksikan kembali oleh

prisma reflektor atau objek yang berada pada titik survei. Hasil pengukuran jarak akan dapat diperkirakan setelah beberapa kali melakukan pemancaran dan penerimaan frekuensi inframerah, setelah itu baru dapat mulai dihitung jumlah bulat dari panjang gelombang ke target pada setiap frekuensinya.

3. Pengukuran koordinat

Sebuah titik koordinat tidak dikenal yang terhubung dengan koordinat jelas, dapat diperkirakan letak koordinatnya menggunakan instrumen *total station* sepanjang sebuah garis lurus penglihatan dapat menghubungkan kedua titik tersebut. Sudut dan jarak dapat diukur dari titik *total station* ke titik survei, sedangkan titik koordinat (titik x, y, dan z) dapat diketahui dengan menggunakan rumus perhitungan trigonometri dan triangulasi pada titik survei.

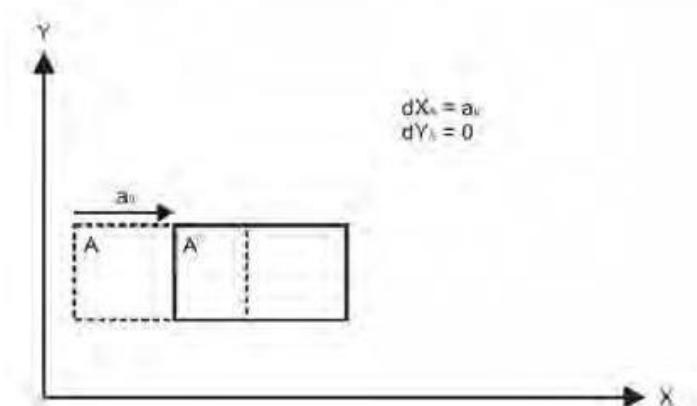
2.5 Deformasi

Deformasi menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) memiliki makna perubahan bentuk atau wujud dari yang baik menjadi kurang baik. Namun secara gramatikal memiliki makna transformasi sebuah benda dari kondisi semula ke kondisi terkini. Pengertian deformasi sendiri adalah perubahan bentuk, posisi, dan dimensi dari suatu benda (Kuang, 1996).

Deformasi dalam mekanika kontinum adalah transformasi sebuah benda dari kondisi semula ke kondisi terkini. Makna dari "kondisi" dapat diartikan sebagai serangkaian posisi dari semua partikel yang ada di dalam benda tersebut. Sebuah deformasi dapat disebabkan oleh gaya eksternal (beban), gaya internal (seperti gravitasi atau gaya elektromagnetik) atau perubahan temperatur di dalam benda (pemuaian).

Deformasi disebabkan beban atau gaya berat materi. Bekerjanya gaya berat pada suatu materi yang disertai pengaruh gaya berat dari materi disekitarnya dalam suatu selang waktu akan mempengaruhi bentuk geometri materi tersebut. (Muafiry, 2015).

Menurut Chen dan Mo (2008) menyebutkan bahwa analisis permasalahan deformasi atau retakan pada terowongan dilakukan pada dua kondisi yaitu kondisi tahap konstruksi dan pada tahap pelayanan. Pada tahap pelayanan, gaya eksternal yang bekerja menyebabkan terjadinya deformasi yang terjadi di dinding *tunnel*.



Gambar 2. 5 Deformasi Translasi Materi (Andriyani, 2012)

Secara garis besar, deformasi dibagi lagi menjadi 2 jenis yaitu deformasi elastis dan deformasi plastis.

2.5.1 Deformasi Elastis

Deformasi elastis adalah bentuk perubahan bentuk atau gaya dari suatu benda yang bersifat sementara. Dalam hal ini apabila suatu benda diberikan sebuah gaya atau tekanan maka akan menyebabkan terjadinya sebuah deformasi. Apabila muatan ditiadakan, maka benda tersebut akan kembali kepada ukuran atau bentuknya yang semula.

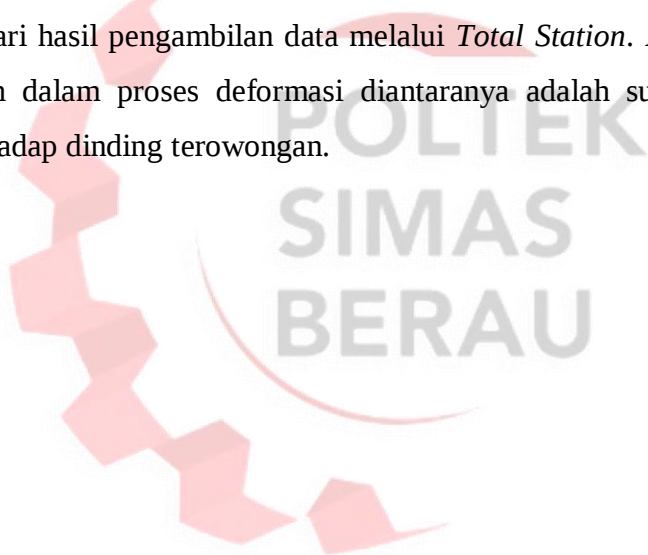
2.5.2 Deformasi Plastis

Berbanding terbalik dengan pengertian ataupun makna dari deformasi elastis, deformasi plastis memiliki makna perubahan bentuk atau gaya dari suatu benda yang bersifat permanen. Sebagai contoh apabila sebuah benda diberikan gaya atau tekanan, maka akan menyebabkan terjadinya deformasi pada benda tersebut. Dan apabila beban tersebut ditiadakan, maka benda tersebut tidak akan kembali pada bentuk dan ukurannya yang semula sebelum diberikan tekanan atau gaya tersebut. Contoh benda atau permukaan yang akan mengalami deformasi plastis ialah benda atau permukaan yang menggunakan bahan keras sebagai material nya. Misalnya semen, cor beton, ataupun aspal.

2.6 Deformasi Terowongan

Dengan meningkatnya pembangunan infrastruktur seperti bangunan terowongan, diperlukan beberapa analisis terhadap perilaku terowongan dalam mencegah terjadinya kerusakan.

Salah satu penyebab terjadinya kerusakan pada terowongan adalah adanya deformasi. Deformasi dapat diartikan sebagai perubahan kedudukan atau pergerakan suatu titik pada suatu benda secara absolut maupun relatif. Dalam kaitannya dengan deformasi *tunnel* batubara, perubahan yang dimaksud adalah perubahan atau pergeseran titik-titik koordinat X, Y, Z hasil pantau yang diperoleh dari hasil pengambilan data melalui *Total Station*. Adapun faktor yang berpengaruh dalam proses deformasi diantaranya adalah suhu dan gaya yang bekerja terhadap dinding terowongan.



POLITEKNIK SINAR MAS
BERAU COAL