

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

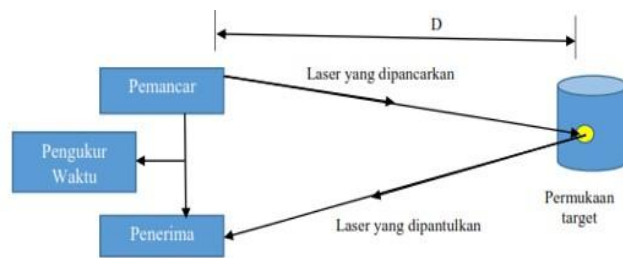
1.1 Terrestrial Laser Scanner



Gambar 2. 1 Terrestrial Laser Scanner (Sumber : pengukuran langsung dilapangan)

Menurut Maharsayanto (2013) menjelaskan bahwa, *laser scanner* merupakan suatu peralatan penangkapan gambar (*image*) aktif yang secara cepat dapat memperoleh kumpulan dari titik-titik tiga dimensi dari suatu objek maupun permukaan. *Laser scanner* juga memiliki tingkat akurasi yang cukup tinggi hingga mm. Serta waktu pengoperasian alat tersebut yang jauh lebih efektif dan efisien jika dibandingkan dengan alat ukur terestrial lainnya. Sehingga penggunaan *laser scanner* sebagai alat ukur pada industri penambangan di era modern saat ini sangatlah menguntungkan, baik dari segi ekonomis maupun dari segi efektifitas waktu yang digunakan. (Prasetyo dan Bashit, 2018)

Kelebihan alat ukur *Terrestrial Laser Scanner* (TLS) dibandingkan dengan alat ukur konvensional lainnya adalah pengambilan data yang lebih cepat dan kualitas hasil pengukuran yang jauh lebih akurat. kemudian pada proses pengukuran/pengambilan data dapat dilakukan dari jarak jauh dari objek yang akan diukur sehingga efisiensi dan keselamatan pekerja pun lebih terjamin. (Prasetyo dan Bashit, 2018)



Gambar 2. 2 Konsep Pengukuran Terrestrial Laser Scanner (Sumber : Prasetyo dan Bashit, 2018)

1.1.1 Pengolahan Data Teknologi Laser Scanner

Hasil dari pengukuran di lapangan yaitu jutaan titik yang dipindai (*scan*) yang berkumpul dalam bentuk *point clouds*. Pengukuran dilakukan dari beberapa kali berdiri alat sehingga data hasil pengukuran dari setiap berdiri alat disebut dengan *stand point*. Semakin banyak jumlah *stand point*, maka akan semakin baik pula hasil pemodelan yang didapatkan. Terdapat beberapa tahapan dalam pengolahan data teknologi 3D *Terrestrial Laser Scanner* (TLS) antara lain: proses registrasi, proses filterisasi, proses georeferensi dan pemodelan 3D. (Putra dkk, 2019)

Proses registrasi yaitu suatu proses menggabungkan *point-clouds* yang sama dari posisi (*standpoint*) yang berbeda atau pada proses registrasi ini adalah mengubah koordinat *point-clouds* dari posisi yang berbeda kedalam sistem koordinat yang sama. Pada setiap pemindaian dari *standpoint* diperoleh satu sistem koordinat *point-clouds* yang didefinisikan dalam sistem koordinat lokal, yaitu sistem koordinat internal dari alat TLS. Untuk menggabungkan posisi yang berbeda ini, perlu diketahui posisi *standpoint* dan orientasi dalam sistem koordinat berbagai pindaian. Secara matematis dapat dilakukan transformasi koordinat dari sistem koordinat alat TLS ke sistem bersama (*coordinate in the common system*). (Siburian dkk, 2017)

Proses *filtering* merupakan salah satu proses yang sangat penting, dimana dalam hal ini dilakukan pemilihan antara data yang diperlukan maupun data yang tidak diperlukan (data yang dibuang). Proses *filtering* ini menggunakan perangkat lunak yang telah tersedia satu paket untuk proses pengolahan data *point clouds*. Sedangkan pada tahap *geo-referencing*, diperlukan koordinat titik-titik tempat berdiri alat (*standpoint*), agar *point-clouds* berada dalam sistem koordinat yang sama baik lokal (SRGI 2013) ataupun global (WGS 1984). Pada tahap pemodelan, dilakukan proses *meshing* yaitu dengan melakukan *wrapping* dimana *point-clouds* diproses menjadi bentuk *Triangulated Irregular Network* (TIN) sebagai pembungkus permukaan obyek sehingga diperoleh model mesh. (Siburian dkk, 2017)

1.2 Open Pit Mining

Open pit mining merupakan suatu sebutan yang digunakan untuk menyebut lokasi pertambangan dengan metode penambangan terbuka yang dimana lokasi PIT merupakan lubang besar yang digali atau dikeruk menggunakan *fleet* dipermukaan tanah atau dilapisan bawah tanah yang dangkal untuk mengekstraksi material yang terkandung didalamnya. (Rifandy dan Syamsidar, 2018).

Penambangan dengan metode tambang terbuka adalah suatu kegiatan penggalian bahan galian seperti batubara, ore (bijih), batu dan sebagainya di mana para pekerja berhubungan langsung dengan udara luar dan iklim. Tambang terbuka (*open pit mining*) juga disebut dengan *open cut mining*; adalah metoda penambangan yang dipakai untuk menggali mineral deposit yang ada pada suatu batuan. Metode ini cocok dipakai untuk *ore bodies* yang berbentuk horizontal yang memungkinkan produksi tinggi dengan ongkos rendah (Geomine dkk, 2015)



Gambar 2. 3 Contoh PIT Tambang Terbuka (Sumber : Geomine dkk, 2015)

1.2.1 Metode Cut and Fill

Perhitungan volume dengan metode *cut and fill* merupakan metode perhitungan yang dilakukan guna untuk mengetahui berapa volume galian serta volume timbunan suatu area. Prinsip dalam melakukan perhitungan volume galian menggunakan metode *cut and fill* adalah dengan menghitung luasan penampang atas serta luasan penampang bawah serta jarak antara kedua penampang tersebut. Untuk dapat menghitung luas masing-masing penampang, terlebih dahulu diketahui data penampang atas dan bawah. Volume dihitung dari data *triangle* yang dibentuk dari jaring-jaring segitiga. Jaring segitiga inilah yang akan membentuk suatu geometri prisma (bangun ruang tiga dimensi yang dibatasi alas dan tutup) dari dua *surface*. (Purwati 2020), (Gultom 2020)

Dalam menentukan volume galian dan timbunan satuan yang biasa digunakan adalah *feet* kubik (ft^3), *yard* kubik (yd^3) dan meter kubik (m^3) dipakai dalam hitungan

pengukuran volume tanah, walaupun yard kubik adalah satuan yang paling umum dalam pekerjaan tanah $1 \text{ yd}^3 = 27 \text{ ft}^3$, $1 \text{ m}^3 = 35,315 \text{ ft}^3$. Namun biasanya di Indonesia digunakan meter kubik (m^3) sebagai satuan dalam menentukan jumlah volume. (Purwati 2020)

Selain ditambah, perhitungan *cut and fill* juga banyak digunakan untuk keperluan pembangunan infrastruktur salah satunya adalah pembangunan perumahan seperti yang telah dijelaskan oleh Dwi Nur Purwati pada tahun 2020 dengan judul “Pengukuran topografi untuk menghitung volume *cut and fill* pada perencanaan pembangunan perumahan di Km 10 Kota Balikpapan”. Pada pembahasan terkait perhitungan metode *cut and fill* pada kasus tersebut sebelumnya dilakukan pengumpulan data primer yang digunakan untuk menghitung volume *cut and fill* antara permukaan tanah awal (*original surface*) dengan permukaan tanah rencana (*design surface*).

1.2.2 Metode Garis Kontur

Garis kontur merupakan suatu garis yang menghubungkan tiap titik yang memiliki ketinggian yang sama, sehingga bidang yang oleh sebuah garis kontur adalah merupakan bidang datar. Luas penampang ditentukan dengan luasan yang dibatasi oleh suatu garis kontur, sedangkan beda tinggi atau jarak antar penampang ditentukan oleh *interval* garis kontur, yaitu beda tinggi antara dua kontur yang berurutan. (Purwati, 2020)

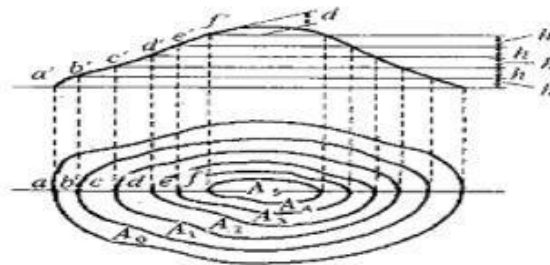
Penentuan volume dengan menggunakan garis kontur dapat ditentukan dengan menggunakan rumus *end areas* untuk setiap dua buah tampang yang berurutan. Volume dapat dihitung dengan cara menghitung luas daerah yang terdapat di dalam batas kontur, kemudian mempergunakan prosedur-prosedur yang umum dikenal. Prosedur perhitungan volume dilakukan dengan metode garis kontur. (Purwati, 2020)

Rumus :

$$v = h \frac{A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5}{n}$$

Keterangan :

A_1, A_2, A_3, A_4, A_5	: Luas tampang
h	: <i>Interval</i> kontur/beda tinggi antar kontur
n	: Jumlah luasan



Gambar 2. 4 Volume Garis Kontur (Sumber Purwati, 2020)

Kasus lain yang menggunakan metode garis kontur selain dipertambahan salah satu contohnya ialah penelitian yang sebelumnya dilakukan oleh Ismail Mahmud tahun 2022 dengan judul “Perbandingan hasil perhitungan volume oprit jembatan menggunakan metode kontur dan *digital elevation model (DEM)* pada bendungan way sekampung kabupaten pringsewu paket IV”. Pada kasus tersebut, data primer berupa data hasil pengukuran yang berupa poin sebelum di *triangle*, data tersebut sebelumnya di buat data konturnya terlebih dahulu. Pada kasus tersebut metode kontur menghasilkan nilai selisih lebih kecil terhadap volume asli dibandingkan menggunakan metode *Digital Elevation Model (DEM)*. (Rabbani, 2021)

1.2.3 Metode Penampang Rata-rata

Metode penampang rata-rata atau potongan melintang rata-rata yaitu potongan atau penampang dari suatu areal pengukuran tanah arah melintang dari suatu areal pengukuran tanah yang memperlihatkan jarak dan elevasi tertentu.

Pada metode tersebut, volume total dibagi menjadi beberapa seri dari padatan area yaitu dengan potongan melintang. Jarak pada setiap bagian tergantung pada karakter umum dari topografi dan akurasi yang kita inginkan. (Purwati 2020), (Firmansyah. dkk., 2023)

Luas potongan melintang A1 dan A2 pada kedua ujung ukur dan dengan menganggap bahwa perubahan luas potongan melintang antara kedua ujung itu sebanding dengan jaraknya, luas A1 dan A2 tersebut dirata-rata. Sehingga volume tanah dapat diperoleh dengan mengalikan luas rata-rata tersebut dengan jarak L dengan kedua ujung. (Purwati 2020)

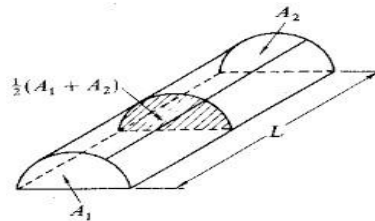
$$v = \left[\frac{A1 + A2}{2} \right] L \dots \dots$$

Rumus :

Keterangan :

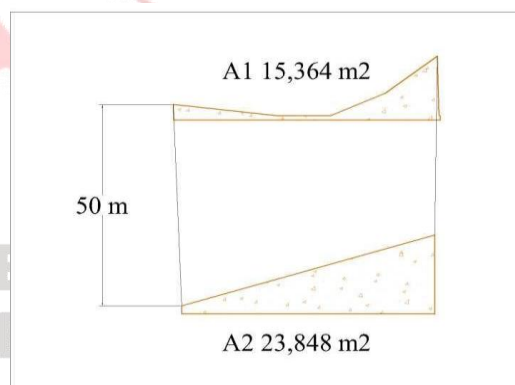
V = Volume

- A_1 = Luas penampang pertama
 A_2 = Luas penampang kedua
 L = Panjang dari luas tampang pertama ke luas tampang kedua



Gambar 2. 5 Volume Metode Penampang Rata-rata (Sumber Purwati, 2020)

Pada kasus lain yang menggunakan metode penampang rata-rata untuk keperluan menghitung volume selain ditambang ialah kasus yang sebelumnya diteliti oleh Dwi Nur Purwati pada tahun 2020 dengan judul “Pengukuran topografi untuk menghitung volume *cut and fill* pada perencanaan pembangunan perumahan di Km 10 Kota Balikpapan”. Pada kasus tersebut Perhitungan volume galian dan timbunan dengan metode melintang rata – rata pada tiap sayatan menggunakan rumus 2.5 yang kemudian hasil dari perhitungan tiap sayatan tersebut di kalkulasikan agar diperoleh hasil volumenya . Berikut salah satu contoh perhitungannya:



Gambar 2. 6 Contoh Perhitungan Volume Metode Penampang Rata-rata (Sumber Purwati, 2020)

Di ketahui luas penampang $A_1 = 15,364 \text{ m}^2$ dan luas penampang $A_2 = 23,848 \text{ m}^2$ dan panjang penampang 50 m.

$$v = \left[\frac{A_1 + A_2}{2} \right] L \dots \dots$$

Rumus :

Keterangan :

V = Volume

A1 = Luas penampang pertama

A2 = Luas penampang kedua

L = Panjang dari luas tampang pertama ke luas tampang kedua

Dihitung:

$$v = \left[\frac{A1 - A2}{2} \right] L \dots \dots$$

$$L = [15,364 + 2 \ 23,848] \ 50 = 980,3 \ m^3$$

Maka volume potongan melintang rata-ratanya sebesar 980,3 m³.

1.3 Penelitian Sebelumnya

Tabel 2. 1 Penelitian Sebelumnya

No	Penulis dan tahun	Judul	Metode	Gap
1	(Purwati 2020)	Pengukuran topografi untuk menghitung volume <i>cut and fill</i> pada perencanaan pembangunan perumahan di km. 10 kota balikpapan	Garis kontur Piramid kotak	Perhitungan volume menggunakan metode piramid kotak lebih teliti dibandingkan menggunakan metode garis kontur

2	(Ismail Mahmud, 2020)	Perbandingan hasil perhitungan volume opit jembatan menggunakan metode kontur dan digital elevation model (dem) pada bendungan way sekampung kabupaten pringsewu paket IV	Garis kontur	Dari kedua metode yang digunakan, metode kontur menghasilkan nilai selisih lebih kecil dibandingkan menggunakan DEM terhadap volume asli.
3	Gultom (2020)	Perhitungan volume galian dan timbunan dengan metode cut & fill pada pembangunan jalan dan area parkir rusun 2 kawasan industrial panbil muka kuning	<i>Cut and fill</i>	Hasil yang didapatkan menggunakan metode <i>cut and fill</i> pada studi kasus tersebut cukup membantu khususnya pada pekerjaan kontruksi karena hasil yang didapat cukup baik
4.	Cahyanto (2021)	Perbandingan volume tampungan Embung Sidodadi Dengan Metode Kontur Dan Citra Satelit	Garis kontur Citra satelit	Hasil menggunakan citra satelit lebih besar dibandingkan dengan hasil menggunakan metode kontur

5.	(Firmansyah, dkk 2023)	Analisis perbandingan volume metode penampang rata-rata, composite volume, dan prismoidal untuk jalan berkelok	Penampang rata-rata Composite volume Prismoidal	Pada metode penampang rata – rata memiliki ketelitian yang lebih baik jika dibandingkan dengan metode composite volume prismoidal
6.	Hasan (2018)	Perhitungan volume <i>cut and fill</i> pada Perencanaan jalan tol km 28 Balikpapan – Samarinda	Cut andd fill Piramid kotak Penampang rata-rata	Perhitungan volume galian dan timbunan menggunakan metode penampang rata-rata memiliki hasil lebih besar dibandingkan menggunakan metode piramid kotak baik volume galian maupun galian timbunan
7.	Arifandi (2021)	Estimasi cadangan sumber daya bahan galian (pasirbatu) menggunakan metode penampang dan metode kontur desa pasir sialang, kecamatan Bangkinang, Kabupaten Bangkar, Provinsi Riau	Cross section Garis kontur	Terdapat perbedaan hasil perhitungan dengan menggunakan metode cross section dan metode kontur. Hasil perhitungan sumber daya pasir batu dengan menggunakan metode cross section lebih kecil dibandingkan dengan metode kontur

8.	Andi Satrina Aulia dkk (2023)	Perhitungan volume overburden menggunakan metode <i>Cut and fill</i> di PIT PPT.Coalindo adhi perkasasub PT.International Prima Coal, Samarinda, Kalimantan Timur	<i>Cut and fill</i>	Perhitungan volume overburden menggunakan metode cut and fill pada kasus tersebut cukup baik dalam elakukan perhitungan volume diarea PIT
9.	Setiawan (2022)	Perhitungan volume galian pada jalan tol serangpanimbang sta 26+000-26+400	<i>Cut and fill</i> Melintang rata-rata	Perhitungan volume menggunakan metode <i>cut and fill</i> mendapatkan hasil lebih kecil dibandingkan menggunakan metode melintang rata-rata
10.	Andi Arya Purwanto (2022)	Perhitungan volume galian di area pelimpah bendungan margatiga lampung timur	Penampang melintang koordinat	Perhitungan volume menggunakan metode tersebut mendapat hasil yang baik yang dimana pada perhitungan volume menggunakan metode penampang melintang koordinat tersebut mendapatkan volume

Berdasarkan beberapa penelitian terdahulu pada tabel 2.1 diatas, penelitian yang dilakukan kali ini yaitu menggunakan tiga metode diantaranya metode *cut and fill*, metode garis kontur serta metode penampang rata-rata sehingga penelitian ini berbeda

dengan penelitian sebelumnya. Selain melakukan perhitungan menggunakan tiga metode, pada penelitian kali ini penulis tidak hanya melakukan perbandingan hasil perhitungan, penulis juga melakukan validasi data menggunakan data hasil perhitungan yang telah dihitng oleh perusahaan bertempat penulis melakukan penelitian serta penulis juga melukan analisis selisih dari hasil yang didapat dari perhitungan ketiga metode



**POLITEKNIK SINAR MAS
BERAU COAL**