

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Batubara

Batubara merupakan batuan sediment yang menjadi bahan bakar fosil yang terbentuk akibat endapan organik dengan bahan utamanya adalah sisa-sisa tumbuhan yang mengalami proses pematubaraan. Perubahan yang ada pada kandungan tersebut diakibatkan karena ada tekanan dan suhu yang tinggi dan membentuk lapisan tebal sehingga lapisan tersebut menjadi padat dan mengeras (Mutasim, 2007).

Penyusunan utama terdiri dari karbon, hydrogen, dan oksigen. Batubara bersifat fisika dan kimia yang kompleks dan dapat ditemui dalam banyak bentuk. Batubara banyak memiliki berbagai macam karbon, bagian padat yang sudah terbakar akan mudah menguap. Batubara dapat ditemukan pada lapisan yang menyelip pada lapisan batuan lainnya (Yunita, 2000).



Gambar 2. 1 Batubara Site Gurimbang

2.2 Stockpile Batubara

Stockpile juga merupakan tempat penyimpanan/penumpukan hasil tambang batubara. *Stockpile* batubara juga digunakan untuk mencampur batubara agar dapat menyiapkan produk dari satu tipe material dimana kualitas batubara dapat terjaga dengan baik (Sobirin, 2018).

Stockpile adalah tempat penyimpanan sementara batubara yang digunakan sebagai penyangga antara pengirim dan produksi batubara. Manajemen *stockpile* perlu dilakukan agar proses pengiriman dapat berjalan dengan lancar. Salah satu kegiatan utama dalam manajemen *stockpile* batubara adalah monitoring volume batubara. Terdapat beberapa metode dalam perhitungan volume *stockpile* batubara. Salah satu metode yang umum digunakan adalah metode cut and fill. Beberapa jenis perangkat lunak yang biasa digunakan dalam perhitungan volume ini adalah *Minescape*, *Mincom*, *Surpac Vision* dan *Autocad Land Development*. (Ruli Andaru, 2014)



Gambar 2. 2 Lokasi Stockpile Batubara site Gurimbang

2.3 Terrestrial Laser Scanner(TLS)

Terrestrial Laser Scanner(TLS) adalah sebuah teknik menggunakan cahaya *laser* untuk mengukur titik dalam sebuah pola secara langsung dari tiga dimensi dari yang ada pada permukaan objek dari sebuah tempat di permukaan bumi. Hasil yang didapat dari pengukuran TLS ini adalah *point clouds* yang berkoordinat tiga dimensi terhadap tempat berdiri alat. *Point clouds* tersebut adalah kumpulan titik – titik dalam jumlah banyak yang dapat digunakan sebagai bahan pembuatan model tiga dimensi. TLS ini mempunyai kekurangan yaitu ketidak mampuan TLS dalam mengakuisisi warna yang sesuai dengan warna aslinya. Warna yang didapatkan oleh alat TLS adalah intensitas pantulan dari benda yang ditembak oleh *laser* tersebut (Quintero, Genechten, Heine, & Garcia, 2008).

TLS Menurut Lichti, dkk (2005) bahwa *Terrestrial Laser Scanner* (TLS) merupakan suatu peralatan penangkapan gambar (*image*) aktif yang secara cepat dapat memperoleh kumpulan dari titik–titik tiga dimensi dari suatu objek maupun permukaan. Boehler tahun 2002 seperti dikutip dalam Maharsyanto tahun 2013 menjelaskan bahwa terdapat dua jenis *scanner* berdasarkan prinsip pengoperasiannya, yaitu :

1. *Triangulation Scanners*.
Terdiri dari *single camera solution* dan *double camera solution*.
2. *Ranging Scanners*

a. *Time of flight of a laser pulse*. *Laser* dipancarkan ke objek selanjutnya jarak dihitung dari waktu perjalanan antara sinyal transmisi dan penerimanya. Prinsip ini mempunyai akurasi rendah karena merupakan tipe *scanner* jarak jauh dengan cakupan $1,5 \pm 6.000$ meter. *Scanner* jenis ini cepat dalam melakukan akuisisi data dan titik yang didapat hingga mencapai 11.000 ± 122.000 titik setiap detiknya.

b. *Phase comparison method*. Metode ini juga sering dikenal melalui alat *tacheometric*. *Laser* yang dipancarkan dimodulasikan dengan gelombang *harmonik* dengan jarak yang dihitung dengan menggunakan perbedaan beda fase antara gelombang pancar dan gelombang yang diterima. Akurasi yang dihasilkan rendah karena merupakan tipe *scanner* jarak menengah. Akan tetapi, *scanner* jenis ini dapat mengukur hingga 1.000.000 titik setiap detiknya.

Menurut (Reshetyuk, 2009), TLS memiliki kelebihan dibandingkan dengan alat ukur *konvensional* lainnya yaitu pengambilan data lebih cepat dan kualitas hasil pengukuran yang jauh lebih akurat. Tingkat ketelitian *geometrik* dari TLS dinyatakan lebih tinggi dibandingkan dengan alat lain. Di antara kelebihan yang dimiliki oleh TLS, terdapat satu kelemahan yaitu ketidakmampuan TLS dalam mengakuisisi warna. Walaupun demikian, hal ini tergantung pada seri alat yang dipakai. Ada seri tertentu yang mampu menghasilkan warna sebagai hasil dari pantulan *laser*. TLS memiliki beberapa keunggulan bila dibandingkan dengan Teknik survei tradisional lainnya seperti *tachimetri*, *GPS*, dan Fotogrametri, yaitu :

1. Menangkap geometri suatu objek dalam 3-D secara langsung, cepat dan detail.
2. Dapat memangkas biaya dan dapat menyelesaikan pekerjaan jauh lebih cepat.
3. Dapat digunakan pada daerah survei atau objek yang sulit dijangkau dan berbahaya dimana teknik survei tradisional sangat sulit untuk dilakukan.
4. Tidak memerlukan bahaya untuk dapat mengakuisisi data
5. Pemindaian yang secara lengkap dan komprehensif
6. Data dapat digunakan untuk saat ini dan masa yang akan mendatang.



Gambar 2. 3 Laser Scanner

2.3.1 Konsep Dasar *Terrestrial Laser Scanner*

Terrestrial Laser Scanner atau biasa disebut sebagai TLS adalah teknologi survei dan pemetaan dengan prinsip kerjanya adalah *laser* ditembakkan dari alat ke obyek kemudian akan dipantulkan kembali oleh permukaan maupun obyek ke alat. Intensitas dan waktu yang dibutuhkan oleh *laser* dari dipantulkan ke obyek hingga kembalinya *laser* tersebut ke alat akan dihitung untuk kemudian dianalisis dan diolah sehingga didapatkan *point cloud* yang selanjutnya dapat dimodelkan menjadi 3D. *Scanner* mengukur suatu objek sebagai *point cloud*. Dengan setiap *point cloud* merupakan jarak dari alat dan sudut *horisontal/vertikal* (Mendy, dkk 2011). Data yang direkam adalah data sudut *horizontal* (α), sudut *vertikal* (β), dan jarak antara pusat koordinat *scanner* dengan obyek yang direkam (R). Seperti dapat dilihat pada Gambar 1. bidang X dan Y dijadikan sebagai *reference plane* dalam koordinat *scan*. Laser bergerak dari atas ke bawah dan ke samping kanan *scanner* sesuai dengan arah perputaran jarum jam.

Prinsip Perekaman Data dengan *Scanner* (Handoko, 2006), Saat ini laser dikenal sebagai suatu alat yang dapat menghasilkan sebuah gelombang cahaya pada spektrum tertentu dengan sudut yang sangat sempit. Terdapat 5 ciri utama laser sehingga dimanfaatkan dalam pengukuran jarak, yaitu :

1. *Laser* dihasilkan dalam bentuk satu sorotan cahaya *linier* dan merambat pada arah tertentu.
2. *Laser* dapat merambat pada jarak yang sangat jauh dan fokus pada satu titik.
3. *Laser* memiliki warna asli tertentu (merah, hijau, biru) yang dapat teramati oleh mata manusia, namun umumnya *laser* yang digunakan pada instrument pengukuran jarak memiliki panjang gelombang 1064 nm (near infrared).
4. Cahaya *laser* tidak bersifat *kontinyu*, namun merambat dalam bentuk pulsa-pulsa pendek atau sangat pendek. Sebagai konsekuensinya, dapat menghasilkan *energy* yang sangat tinggi.
5. *Laser* memiliki cepat rambat yang konstan pada medium tertentu.

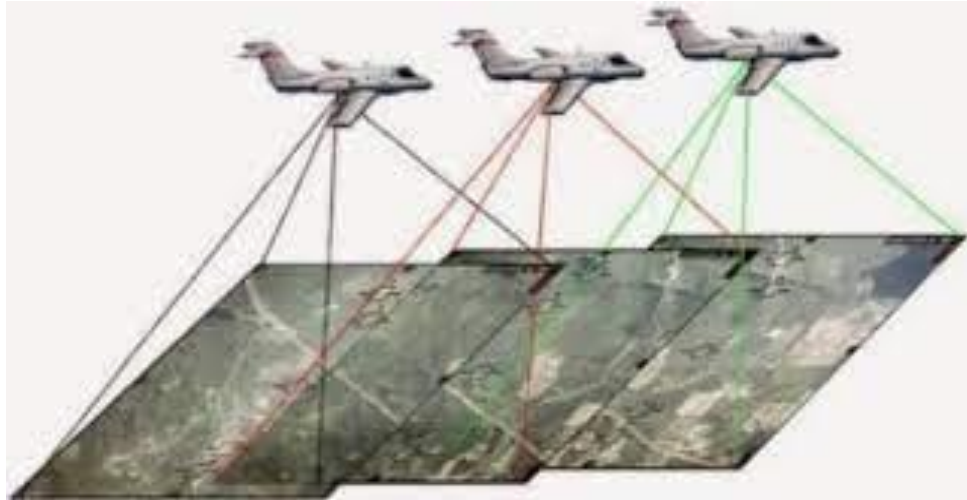
Reflektansi atau *interaksi* antara *laser* dengan objek terbagi menjadi *specular* yaitu pantulan cahaya *laser* pada satu arah tertentu dan *diffuse* dimana cahaya *laser* dipantulkan ke berbagai arah dengan *intensitas* sangat rendah karena terbagi kedalam masing-masing pantulan. Kedua jenis pantulan ini sangat bergantung dari karakteristik permukaan objek. *Reflektansi* pada laser bersifat *koheren* sedangkan cahaya lainnya seperti matahari tidak *koheren*.

Laser baik yang bersumber dari gas, *solid-state* atau *semiconductor*, bersifat *monokromatik* memancarkan cahaya dengan arah tertentu. Pantulan yang dihasilkan target umumnya bersifat *diffuse* sehingga menghasilkan banyak *noise*. Kekuatan sinyal pantul yang diterima kembali oleh sensor (*range finder*) akan lebih rendah dibandingkan kekuatan yang dipancarkan oleh *transmitter*. Energi yang dirambatkan akan berkurang akibat pengaruh *atmosfer* dan akibat hasil interaksi dengan target. Pantulan dan *noise* ini kemudian diterima oleh suatu sensor atau *photodetection*. Dalam perkembangan dibidang

sensor, telah dihasilkan sensor yang dapat mengeliminasi noise tersebut.

2.4 Fotogrametri

Fotogrametri merupakan seni, ilmu, dan teknologi perolehan informasi tentang obyek fisik dan lingkungan melalui proses perekaman, pengukuran, dan penafsiran foto udara (Thomson dan Gruner, 1980).



Gambar 2. 4 Fotogrametri

2.4.1 Alur Kerja Fotogrametri

Strynatika (2007) membagi alur kerja fotogrametri menjadi tiga periode, yakni: alur kerja tradisional, alur kerja digital, dan alur kerja masa depan. Alur kerja tradisional mencakup pekerjaan proses penyiaman (*scanning*), mengoreksi citra (*image dodging*), penyetelan proyek, informasi kamera, orientasi interior, triangulasi udara, generalisasi medan, pengeditan data medan, ekstraksi fitur, *ortofoto* dan pembuatan *mosaik*. Perbedaan alur kerja tersebut dengan alur kerja digital adalah penggunaan data digital secara langsung, penggunaan citra resolusi sangat tinggi dan semua jenis data citra dapat diolah (tidak terbatas pada foto udara). Untuk mengetahui alur kerja fotogrametri mendatang, dapat dimulai dari melihat perkembangan alat bantu dalam kerja fotogrametri secara langsung, seperti perkembangan dalam perangkat keras komputer, teknologi sensor baru, dan solusi *enterprise*. Fotogrametri masa depan memungkinkan pengolahan data menjadi sangat cepat, pengguna tidak perlu lagi menyimpan data pada *storage* tapi dapat disimpan di komputer server, sehingga perlu metode yang berbeda untuk mengaksesnya. Ada kecenderungan meningkatnya kebutuhan terhadap *tools* untuk mengolah dan mengarsip data. Banyak pengguna mulai mencoba mempublikasikan data yang tersimpan pada server dan pada *web* atau aplikasi klien seperti *Google Earth*. Teknologi *sensor* juga berkembang sangat cepat, sehingga kemungkinan diperoleh data medan dengan akurasi dan densitas yang sangat tinggi. Hal ini akan mempengaruhi alur kerja fotogramteri.

1. *Align Photos*

Align photos digunakan untuk identifikasi titik-titik yang ada di gambar. Proses ini akan membuat *matching point* dari 2 atau lebih foto. Proses ini menghasilkan 3D model awal dan *sparse clouds* yang akan digunakan untuk tahapan berikutnya. Fungsi dari tahapan ini adalah menentukan posisi kamera yang sesungguhnya pada saat pemotretan dan mengorientasikan antara satu foto dengan foto yang lain sehingga dapat terbentuk titik-titik *point cloud* model dari objek-objek yang sama antar foto (Rosalina, 2014).

2. *Dense Cloud*

Dense Cloud adalah kumpulan titik tinggi dalam jumlah ribuan hingga jutaan titik. *Dense cloude* nantinya dapat diolah lebih lanjut untuk menghasilkan *DSM*, *DTM* dan *Orthophoto*. Perangkat *Agisoft photoscanner* profesional memungkinkan kita untuk menghasilkan dan memvisualisasikan *sparse point cloud* menjadi *point cloud* baru yang lebih rapat yang tetap didasarkan pada posisi kamera (Herianto, 2013).

3. *Build Mesh*

Build Mesh merupakan diskritisasi ruang geometri dalam bentuk potongan-potongan sederhana seperti segitiga, *kuadrilateral* (dua dimensi), *heks ahedral* atau *tetrahedral* (tiga dimensi). *Mesh* digunakan diberbagai bidang terapan, seperti *geografi*, *kartografi*, *grafika* komputer, dan utamanya sangat penting dalam penyelesaian *numerik* pada persamaan *diferensial parsial*. Pembuatan jaringan segitiga (*mesh*) merupakan inti dari semua program *rekontruksi* permukaan. Sebuah *triangulasi* yang optimal ditentukan dengan cara mengukur sudut, panjang tepi, tinggi atau daerah elemen, sedangkan kesalahan dari pendekatan elemen terbatas biasanya terkait dengan sudut *minimum elemen* (Bern dan Eppstein, 1992).

4. *Build Texture*

Tekstur dapat ditentukan secara otomatis dengan memilih gambar yang memiliki *visibilitas* terbaik atau manual dengan memilih *surface* (permukaan) yang tepat pada gambar yang diinginkan. *Build Texture* adalah model fisik 3D dari tampilan yang ada di area yang *discover* oleh foto udara, proses dari *build texture* sendiri adalah untuk memberi *texture* tampilan pada *DSM* yang dihasilkan, hasil dari *build texture* ini merupakan kenampakan muka bumi secara 3 Dimensi (Ildar, 1999).

Dalam melakukan *texturing* terhadap model 3D terdapat beberapa faktor dari foto yang mempengaruhi proses ini. Faktor dari foto yang mempengaruhi model 3D bertekstur diantaranya sebagai berikut:

1. *Radiometric image distortion*, efek ini berasal dari penggunaan foto yang berbeda, dengan posisi kamera yang berbeda, dengan kamera yang berbeda, atau dibawah kondisi pencahayaan yang berbeda pula. Oleh karena itu didalam *tekstur* model 3D,

diskontinuitas terdapat disepanjang tepi segitiga bertekstur yang berdekatan, karena menggunakan gambar yang berbeda (Remondino dan Niederoest, 2004).

2. *Geometric scene distortion*, merupakan jenis kesalahan yang diakibatkan dari kesalahan kalibrasi kamera dan orientasi, penandaan gambar yang tidak tepat pada generasi mesh. Akurasi *bundle adjustment* didalam fotogrametri, registrasi citra yang tepat, dan perbaikan poligon harus digunakan untuk mengurangi atau meminimalisir kesalahan *geometris*.

3. *Object occlusions*, obyek asing statis atau bergerak seperti pejalan kaki, mobil, monument atau pohon lainnya, tergambar didepan obyek yang akan dimodelkan jelas tidak diinginkan dan harus sejauh mungkin dihapus pada pra-pengolahan (Orrin dan Remondino, 2005).

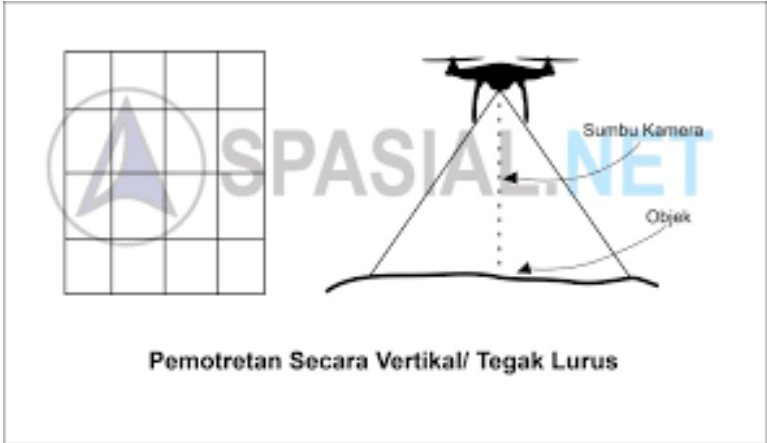
4. *Dynamic range of the image*, gambar digital sering memiliki *dynamic range* yang rendah. Oleh karena itu, area terang pada umumnya dipenuhi sedangkan bagian gelap mengandung sinyal *noise* rendah. Untuk mengatasi masalah ini proses *dynamic range images* harus dibuat (Debevec and Malik, 1997).

2.4.2 Drone

Drone atau pesawat tanpa awak (*Unmanned Aerial Vehicle/UAV*) merupakan sebuah mesin terbang yang berfungsi dengan kendali jarak jauh oleh pilot. *Drone* mampu mengendalikan dirinya sendiri menggunakan hukum *aerodinamika* untuk mengangkat dirinya, bias digunakan kembali dan mampu membawa muatan baik senjata maupun muatan lainnya. *UAV* atau *dron* memiliki kemampuan untuk pelacakan posisi dan arah dari sensor yang dapat diterapkan dalam sistem koordinat lokal (Suroso, 2016).

2.4.3 Orthofoto

Orthofoto merupakan data dasar yang bisa digunakan untuk pembuatan peta garis, karena menampilkan gambaran permukaan bumi. Elemen terpenting yang perlu diperhatikan dalam pembuatan *orthofoto* ini adalah ketelitian *planimetrik*, Pemotretan udara secara tegak ini dapat dikatakan bahwa pemotretan dilakukan dengan posisi pesawat udara yang membawa kamera melakukan pemotretan secara tegak lurus dengan permukaan bumi. Posisi kamera yang tegak lurus didapatkan dengan sudut kemiringan dibawah 1 derajat. Maka akan menghasilkan foto udara dengan pemotretan secara *vertical* (Wicaksono, 2009)



Gambar 2. 4.3 Metode Orthofoto

2.4.4 **Oblique (Foto Miring)**

Foto *oblique* atau foto miring atau foto condong merupakan foto yang dibuat dengan sumbu kamera menyudut terhadap garis tegak lurus ke permukaan bumi. Pengambilan foto dilakukan secara miring atau lebih besar dari 10° (Wilkinson 1993).

Pemotretan udara secara miring atau *oblique* dilakukan dengan posisi antara pesawat udara yang membawa kamera (sumbulensakamera) dengan permukaan bumi memiliki sudut yang agak miring (untuk pemotretan agak miring atau *lowoblique*) dengan kemiringan tertentu. Pemotretan foto udara dengan metode ini memiliki karakter hasil foto udara terlihat agak miring dan batas cakrawala atau *horizon* tidak terlihat dan batas kemiringan dari *low oblique* adalah 3 derajat hingga 30 derajat (Wicaksono, 2009).

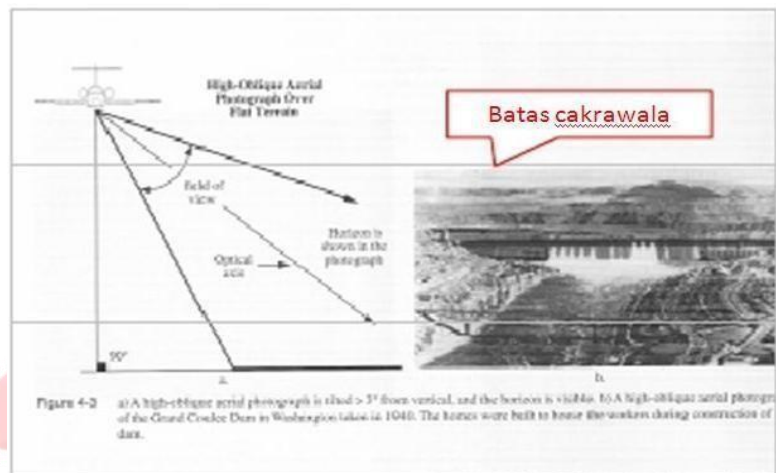


Gambar 2. 4. 4 Metode Oblique

2.4.5 **Pemotretan Foto Udara Sangat Miring (*High Oblique*)**

Pemotretan Udara Sangat Miring atau *high oblique* memiliki sedikit perbedaan dengan pemotretan udara miring. Perbedaan yang terlihat pada pemotretan udara sangat miring adalah terlihat atau tidaknya garis batas cakrawala atau *horizon*. Namun, perbedaan lain adalah sudut pengambilan gambar pada optical axis-nya, sehingga

batas cakrawala bisa ikut terpotret dan batas dari kemiringan foto high oblique adalah 30 hingga 55 derajat (Wicaksono, 2009)



Gambar 2. 4.5 Metode *High Oblique*

2.5 Volume

Volume adalah jumlah ruang yang ditempati oleh sampel material. Material yang dimaksud dapat berupa material padat, cair, maupun gas. Volume benda pada prinsipnya biasa dihitung dengan mengalikan panjang dengan lebar (luas alas) dan tingginya. Karena masing-masing adalah pengukuran besaran panjang, maka bisa dikatakan bahwa satuan volume yang berasal dari satuan panjang. Satuan Internasional (SI) untuk volume adalah meter kubik (m^3), yang merupakan volume yang ditempati oleh sebuah kubus yang berukuran 1 m di setiap sisi. Satuan lain yang banyak dipakai adalah liter ($l = dm^3$) dan mili liter ($ml = cc$). Prinsip hitungan volume adalah 1 (satu) luasan dikalikan dengan 1 (satu) yang diwakili tinggi. Jika ada beberapa luasan atau beberapa tinggi, maka dibuat wakilnya, misalnya dengan menghitung luas rata-rata ataupun tinggi rata-rata. Ada beberapa cara atau Metode untuk menghitung volume.

2.5.1 Metode Kontur

Menurut Irvine, 1995. Garis kontur adalah garis yang menghubungkan titik-titik yang memiliki ketinggian yang sama, sehingga bidang yang dibentuk 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 dari interval garis 7 kontur, yaitu beda tinggi antara dua garis kontur yang berurutan. Metode ini juga dipakai untuk digunakan pada endapan bijih dimana ketebalan dan kadar mengecil dari tengah ke tepi endapan. Volume dapat dihitung dengan cara menghitung luas daerah yang terdapat di dalam batas kontur, kemudian mempergunakan prosedur-prosedur yang umum dikenal. Gambar di bawah ini merupakan ilustrasi penentuan volume menggunakan metode garis kontur. Volume metode kontur dihitung dengan rumus:

$$V = h \frac{A1 + A2 + A3 + A4 + A5}{n}$$

Keterangan gambar:

A1, A2, A3,A4,A5 : Luas tampang (m²)

h : Interval kontur (m)

n : Jumlah luasan

2.5.2 Metode Cut and Fill

Metode perhitungan volume ini digunakan untuk data *point cloud* dari pengukuran *Terrestrial Laser Scanning*. Akuisisi data dengan menggunakan TLS menghasilkan data berupa *point cloud*. Data *point cloud* perlu dilakukan pembentukan DTM (*Digital Terrain Model*) agar obyek dapat dihitung volumenya. Perhitungan volume dilakukan dengan metode cut and fill. Perhitungan volume dengan metode *cut and fill* dilakukan dengan menghitung luasan penampang atas dan penampang bawah serta jarak antara kedua penampang tersebut (*geodis-ale.com*). Volume dihitung dari DTM yang dibentuk dari *Triangulated Irregular Network* (TIN). TIN membentuk suatu geometri prisma dari dua permukaan. Dua permukaan ini adalah *design surface* dan *base surface*. *Design surface* adalah permukaan yang dihitung volumenya sedangkan *base surface* adalah permukaan yang dijadikan sebagai alas(*Sumber: geodis-ale.com*).

Perhitungan volume metode *cut and fill* divisualisasikan pada rumus di bawah ini:

$$V = A_i .d_i$$

Dimana:

V : Volume prisma (m³)

A_i : Luas bidang permukaan proyeksi (m²)

d_i : Jarak antara pusat massa dua segitiga surface desain dan base desain(m).

2.6 Konsep RMS error

Semakin besar nilai RMSE, maka semakin besar pula kesalahan hasil ukuran terhadap kondisi yang sebenarnya. RMSE didapatkan dari proses pembagian antara nilai akar kuadrat total selisih ukuran kuadrat dengan jumlah ukuran yang digunakan. Definisi matematis dari RMSE mirip dengan simpangan baku, yaitu akar kuadrat dari rata - rata jumlah kuadrat residual (Soeta’at, 1994). Berikut ini adalah rumus menghitung RMSE:

$$RMSE= \sqrt{\frac{\sum(R-R1)^2}{n}}$$

Dimana:

RMSE : *Root Mean Square Error*

R : Nilai yang dianggap benar

R1 : nilai hasil ukuran
n : banyak ukuran yang digunakan



**POLITEKNIK SINAR MAS
BERAU COAL**