

Perhitungan Sumberdaya Batu Granit Pada Quarry PT Mandiri Karya Makmur Dengan Metode *Cross Section* dan Metode *Cut And Fill*

(*Calculation of Granit Stone Resource In Quarry PT Mandiri Karya Makmur With Cross Section And Cut And Fill Method*)

Zuhirmanto¹, Irvani², Mardiah²

¹Mahasiswa Program Sarjana, Jurusan Teknik Pertambangan, Universitas Bangka Belitung

²Staf Pengajar, Jurusan Teknik Pertambangan, Universitas Bangka Belitung

Abstract

Resource calculation studies are an important task in evaluating a mining project. Reserve calculation using the method of cross section and method cut and fill in mining area with extensive Active Block 8 hectares, with elevation limit of mining activity 60 m above sea level. The results of the resource volume of granite using method cross section within the cross section 15, 20 and 25 m is 1.436.967,28 m³, 1.435.887,56 m³ and 1.435.162,056 m³ tonnage 3.736.114,927 tons 3.733.307,656 tons and 3.731.421,345 tons, granite stone resource volume using cut and fill method is 1.437.398,157 m³ with 3.737.235,209 tons tonnage. The results of calculations using the method of cross section with a distance of 15 m smaller cross section 430,877 m³ or 0,03% of the cut and fill method, method of cross section with a distance of 20 m smaller cross section 1.510,597 m³, or 0,11% of the cut and fill method, cross section method with cross-sectional distance 25 m smaller 2.236,101 m³ or 0,16% from method cut and fill. The result of the calculation of the life of mine of PT Mandiri Karya Makmur is based on the calculation of the amount of resources used method cut and fill with a mine life of 31,14 years, cross section method sectional distance of 15 m with a mine life of 31,13 years, cross section method sectional distance of 20 m with a mine life 31,11 years and cross section method of cross-sectional distance of 25 m with mine life of 31,09 years.

Keywords: Granite, Cross Section, Surpac 6.3, Reserve, Total Station.

1. Pendahuluan

Perhitungan sumberdaya merupakan suatu pekerjaan yang penting, karena mempunyai peran yang penting dalam mengevaluasi suatu proyek penambangan. Perhitungan sumberdaya dapat memberikan taksiran kuantitas dari suatu sumberdaya dalam hal ini adalah batu granit, sehingga dari jumlah sumberdaya dapat ditentukan umur tambang.

Penelitian ini dilakukan dengan membandingkan perhitungan sumberdaya dengan Metode *Cross Section* dan Metode *Cut and Fill*. Metode *Cross Section* ini dianalisis berdasarkan interval *Section* yang diperoleh dari pengolahan *Software Minescape* 4.119 sementara pemilihan menggunakan Metode *Cut and Fill* yaitu menggunakan *software Surpac* 6.3, untuk mengetahui sumberdaya batu granit di wilayah pertambangan PT Mandiri Karya Makmur maka perlu dilakukan perhitungan sumberdaya ulang dengan suatu metode perhitungan sumberdaya yang tersedia dari data pengukuran *surveying* yang ada.

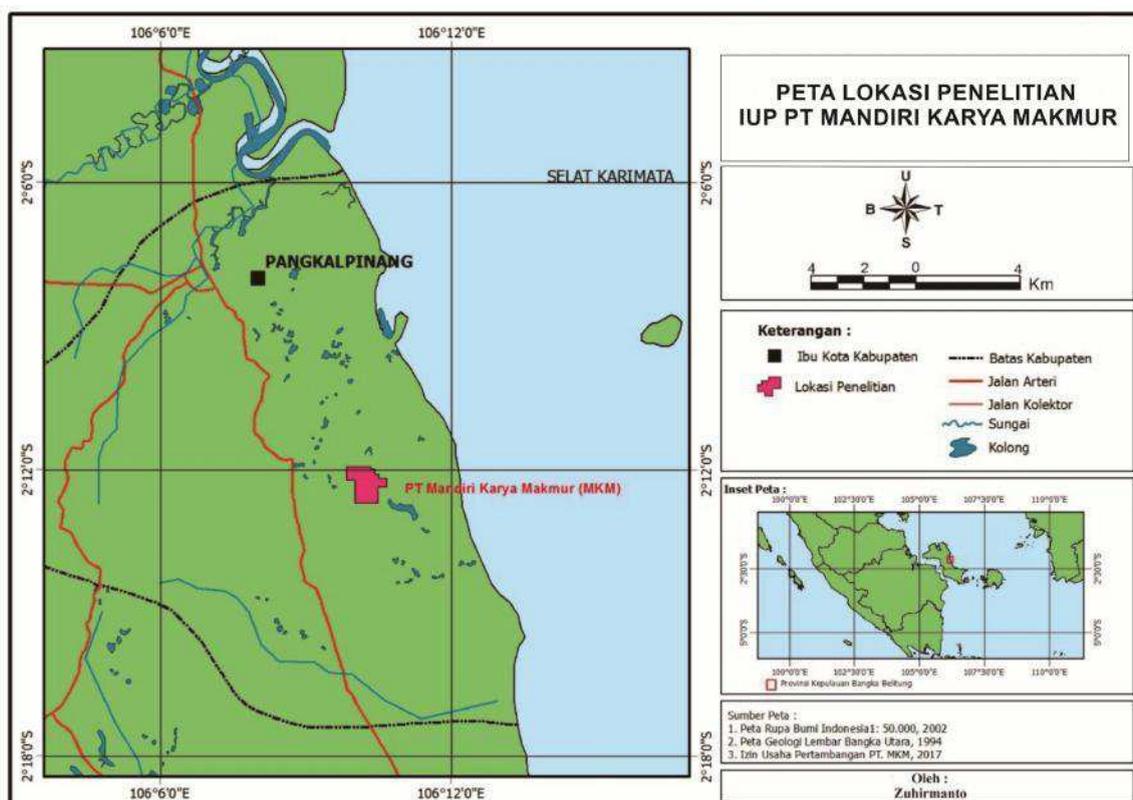
Untuk mengetahui sumberdaya batu granit di wilayah pertambangan PT Mandiri Karya Makmur maka perlu dilakukan perhitungan sumberdaya ulang dengan suatu metode perhitungan sumberdaya yang tersedia dari data pengukuran *Surveying* yang ada.

Masing-masing metode memberikan informasi hasil perhitungan sumberdaya batu granit yang berbeda dikarenakan menggunakan metode yang berbeda, kajian terhadap hasil hitungan sumberdaya batu granit menggunakan perangkat lunak tersebut perlu dilakukan sehingga dapat memberikan gambaran perbandingan hasil dan komparasi perhitungannya.

Lokasi Penelitian

Penelitian kali ini dilakukan di *Block* Aktif PT Mandiri Karya Makmur, yang secara administrative terletak di kawasan Bukit Tanjung Gunung, Desa Tanjung Gunung, Kecamatan Namang, Kabupaten Bangka Tengah, Provinsi Bangka Belitung, dengan jarak ± 10 km dari Kota Pangkalpinang. Lokasi ini dapat ditempuh melalui Jalan Raya Perkantoran Gubernur Pangkalpinang, kemudian membelok kearah Mako Brimob dengan jarak ±1 km, dengan kondisi jalan area pertambangan tergolong baik. Secara geografis lokasi penelitian berada pada posisi 01°20' - 03°07' LS dan 105° -107° BT.

*Korespondensi Penulis: (Zuhirmanto) Jurusan Teknik Pertambangan, Universitas Bangka Belitung, Kawasan Kampus Terpadu UBB, Merawang, Bangka.
E-mail: Zuhirmanto100@yahoo.com
HP. 0811995441398



Gambar 1. Lokasi penelitian

Tinjauan Pustaka

Klasifikasi Sumberdaya

Menurut Sukandarrumidi (1998), granit merupakan batuan yang terbentuk dari proses pembekuan magma bersifat asam, terbentuk jauh didalam kulit bumi sehingga disebut sebagai batuan dalam. Terbentuknya kira-kira 3-4 km dibawah permukaan bumi, bahkan sampai jarak 15-50 km didalam bumi. Bentuk intrusi dapat berupa *batholit*, *lakolit*, maupun *pacholit*. Chappel dan White (1974) dalam Brown (2013) mengatakan bahwa granit pada Lipatan Lachland Sabuk Australia Timur diklasifikasikan menjadi dua jenis yaitu granit tipe-I dan tipe-S yang terbentuk dari sumber *metaigneous*. Menurut Sudradjat (1999), perhitungan sumberdaya adalah penentuan persyaratan teknik untuk mengetahui berapa jumlah volume dari suatu endapan. Pemilihan metode perhitungan sumberdaya tergantung dari bentuk endapannya. Perhitungan sumberdaya dan cadangan dilakukan setelah tahap eksplorasi dan studi konseptual, sehingga didapat data-data akurat apa saja yang dibutuhkan dalam perhitungan sumberdaya seperti lubang bor, luas daerah eksplorasi dan jenis endapannya.

Metode Penampang (Cross Section)

Menurut Popoff (1996), metode penaksiran ini sering dilakukan pada tahapan paling awal

Pada sebuah proyek dengan cara membagi daerah studi menjadi penampang-penampang. Metode ini juga digunakan untuk pembandingan pengecekan penaksiran yang lebih canggih menggunakan komputer. Metode ini biasa di aplikasikan untuk membagi tubuh mineral ke dalam bentuk Blok oleh bagian-bagian geologi/konstruksi geologi antar interval sepanjang garis transversal atau tingkat yang berbeda sesuai cara kerja eksplorasi, tujuan perhitungan, dan sifat-sifat deposit (Basuki, 2006).

1. Frustrum

Fustrum merupakan salah satu persamaan yang juga digunakan untuk mengestimasi volume dari satu endapan yang memiliki perbedaan variasi antara bentuk penampang satu dan yang lain tetapi memili bentuk serupa. Persamaan ini digunakan apabila volume endapan mempunyai bentuk seperti kerucut terpasung (Notosiswoyo, 2010).

$$V = L \times \frac{(S1 + S2) + \sqrt{S1 \times S2}}{3} \quad \dots\dots(1)$$

2. Mean Area

Mean Area merupakan salah satu persamaan yang digunakan untk menghitung volume dari suatu endapan (Notosiswoyo, 2010), volume diperoleh dari perkalian luas secara *width*. Persamaan ini merupakan persamaan yang

praktis untuk perhitungan volume antara dua *section* yang paralel dengan syarat perhitungan persamaan ini digunakan pada *section* yang memiliki ukuran dan bentuk yang hampir sama.

$$V = \frac{S_1 + S_2}{2} \dots\dots(2)$$

Metode Cut and Fill

Menurut Li dan Gold (2005), perhitungan volume dalam perangkat metode ini dimungkinkan dengan menggunakan data dari 2 DTM dalam format .dtm dan satu *String Boundary* sebagai batas dalam format *.str. Beberapa *Tool* yang digunakan dalam perhitungan besarnya volume dan metode yang digunakan pada perangkat lunak *Surpac* yaitu : *Cut and Fill Between dtms, Net Volume Between dtms, Report Volume Of Solids, End Area Method, dan Elevation From Sections*. Metode penghitungan volume dalam *Surpac* menggunakan metode *cut and fill*. Metode ini yang dihitung adalah besar volume galian dan timbunan. Volume dihitung dari DTM yang dibentuk dari jaring-jaring segitiga (TIN). Jaring segitiga inilah yang akan membentuk suatu geometri prisma dari dua *Surface*. *Surface* dibedakan menjadi dua yaitu *Design Surface* dan *Base Surface*. *Design Surface* merupakan *Surface* yang akan dihitung volumenya sedangkan *Base Surface* merupakan *Surface* yang dijadikan sebagai alas (Howay, 2016).

Penentuan Umur Tambang

Umur tambang merupakan lamanya operasi penambangan atau waktu yang dibutuhkan untuk menambang suatu endapan bahan galian dari suatu kegiatan penambangan, yang didapat dari pembagian jumlah sumberdaya endapan bahan galian yang ada dengan target produksi perusahaan tambang tersebut (Notosiswoyo, 2010).

Umur tambang akan berpengaruh terhadap biaya yang akan digunakan, yakni semakin lama umur tambang maka biaya penambangan juga akan semakin besar. Menghitung umur tambang dapat menggunakan persamaan sebagai berikut (Sulistiyana, 2010) :

$$\text{Umur tambang} = \frac{\text{Jumlah sumberdaya}}{\text{Target produksi}} \dots\dots(3)$$

2. Metode Penelitian

Pengelompokan Data

Adapun data yang diperlukan sebagai berikut :

1. Data Primer

- a. Koordinat GPS daerah penelitian.

- b. Koordinat pengukuran *Total Station*, berupa koordinat X, Y, dan Z dari daerah penelitian.

2. Data Sekunder

- a. Peta lokasi penambangan batu granit PT Mandiri Karya Makmur.
- b. Batas elevasi kegiatan penambangan 60 m (batas elevasi pengukuran).
- c. Luas *Block* Aktif PT Mandiri Karya Makmur dengan luas 8 Ha.

Pengolahan dan Analisis Data

Tahapan pengolahan sebagai berikut:

- a. Penentuan titik koordinat dan luas wilayah pada sumberdaya batu granit menggunakan *Total Station*.
- b. Pembuatan *section* berdasarkan topografi yang sudah dibuat menggunakan *Software Minescape 4.119* dengan jarak *Section* sebesar 15, 20 dan 25 m.
- c. Perhitungan volume sumberdaya berdasarkan luasan antar penampang menggunakan *Software Minescape 4.119*.
- d. Pembuatan pendefinisia *Design Surface* dari data hasil pengukuran dan *Base Surface* berdasarkan batas elevasi penambangan 60 m dan *Boundary* menjadi batas untuk menghitung volume pada Metode *Cut and Fill*.
- e. Membandingkan masing-masing jumlah volume sumberdaya batu granit antara Metode *Cross Section* dan Metode *Cut and Fill*.

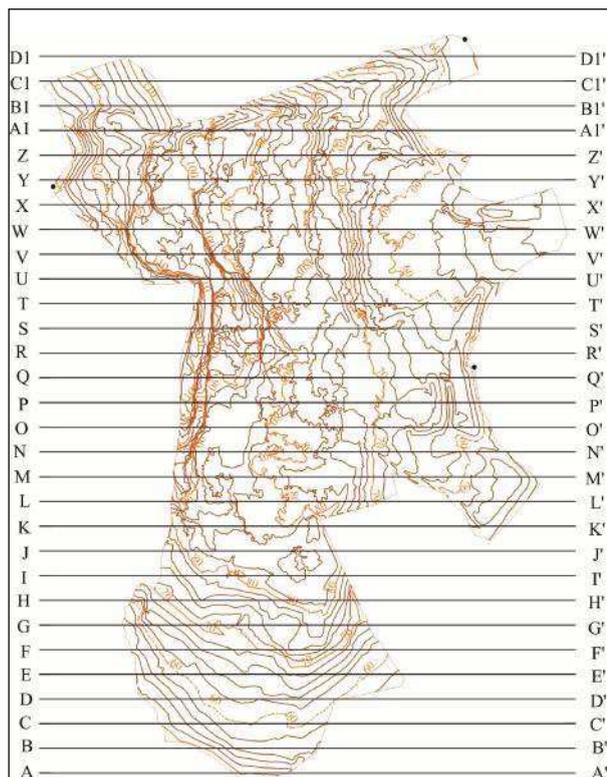
3. Hasil dan Pembahasan

Hasil Perhitungan Metode Section

Penaksiran sumberdaya batu granit dengan Metode *Cross Section* berdasarkan data yang sudah didapat dengan prinsip perhitungan luas setiap penampang yang dibuat memotong tegak lurus memotong bukit dengan jarak antar penampang masing-masing 15, 20 dan 25 m menggunakan *Software Minescape 4.119* sehingga didapat 30, 22 dan 18 penampang. Perhitungan ini tergantung pada ketebalan, panjang, massa jenis batu granit di setiap penampang dan jarak interval setiap penampang. Pengolahan data pada Metode *Cross Section* menggunakan *Software Minescape 4.119*, diperoleh data area luasan masing-masing *Section* yang membagi jarak yang kemudian dihitung volume masing-masing menggunakan Persamaan *Mean Area* (Persamaan 2) dan *Frustum* (Persamaan 1).

Pembuatan penampang (*Cross Section*) pada *Block* Aktif PT Mandiri Karya Makmur dengan luas 8 Ha, dengan elevasi minimal 60 m dan maksimal 150 m dengan jumlah titik

koordinat atau tembak sebanyak 1.750 titik. Proses memperbaiki titik koordinat menggunakan *Software Surpac 6.3* diolah menjadi kontur (*String*) dengan interval kontur 2 m, kemudian pembuatan penampang (*Cross Section*) menggunakan *Software Minescape 4.119* dengan jarak 15, 20 dan 25 m antara penampang dan terbentuk 30, 22 dan 18 penampang (*Cross Section*), kemudian di *Plot* dengan bantuan *Software Autocad Land Desktop 2009*.



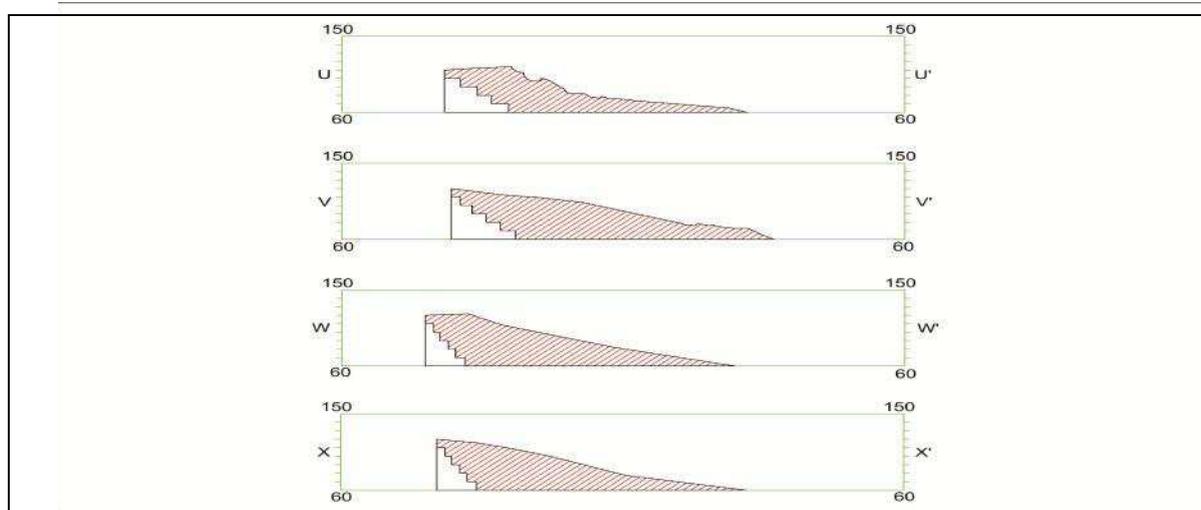
Gambar 2. Penampang metode *cross section* jarak 15 m

Contoh penampang Metode *Cross Section* jarak 15 m dapat dilihat pada Gambar 2, sedangkan contoh sayatan penampang (U-U' – X-X') Metode *Cross Section* jarak 15 m dapat dilihat pada Gambar 3. Jarak penampang pada Metode *Cross Section* sangat menentukan jumlah dari penampang dan sayatan yang dihasilkan dan tingkat ketelitian perhitungan sumberdaya menggunakan Metode *Cross Section* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Volume metode *cross section*

No	Jarak	Volume (m ³)	Tonnase (ton)
1	15 m	1.436.967,28	3.736.114,927
2	20 m	1.435.887,56	3.733.307,656
3	25 m	1.435.162,056	3.731.421,345

Pada Tabel 1. Adalah perhitungan volume sumberdaya batu granit dengan menggunakan Metode *Cross Section* dengan interval jarak penampang masing-masing 15, 20 dan 25 m. Pada penampang 15 m memiliki nilai volume sumberdaya yang paling tinggi yaitu 1.436.967,28 m³ dengan *tonnase* 3.736.114,927 ton kemudian diikuti jarak penampang 20 m nilai volume sumberdaya 1.435.887,56 m³ dengan *tonnase* 3.733,656 ton dan penampang 25 m memiliki nilai volume sumberdaya terkecil yaitu 1.435.162,056 m³ dengan *tonnase* 3.731.421,345 ton, dapat diartikan jarak penampang Metode *Cross Section* sangat mempengaruhi hasil dari volume yang dihasilkan semakin besar interval jarak penampang pada Metode *Cross Section* maka akan semakin kecil nilai volume sumberdaya didapat dan semakin kecil jarak penampang maka semakin besar volume.



Gambar 3. Sayatan penampang (U-U' – X-X') metode *cross section* jarak 15 m

Hasil Perhitungan Metode Cut and Fill

Perhitungan volume sumberdaya menggunakan perangkat lunak *Surpac 6.3* menggunakan metode *cut and fill*. Konsep perhitungan metode ini adalah titik-titik koordinat hasil pengukuran yang berjumlah 1.750 titik koordinat atau tembak berbentuk *point-point* diubah menjadi bentuk *digital terrain model* (DTM) contoh titik koordinat atau tembak terdapat pada Tabel 4.2, sedangkan perhitungan volume dari sumberdaya dilakukan pemotongan terhadap *digital terrain model* (DTM) tersebut dengan elevasi batas penambangan yang diinginkan yaitu minimal 60 m (batas elevasi pengukuran) dan maksimal 150 m sehingga elevasi dari sumberdaya yang tidak diinginkan akan tertimbun. Data DTM dari hasil penelitian akan digunakan sebagai *design surface* dan DTM batas elevasi penambangan akan digunakan sebagai *base surface*, sedangkan *boundary* yang akan berfungsi sebagai batas daerah yang akan dihitung volume sumberdaya menggunakan *boundary* yang dibuat pada *Surpac 6.3*.

Perhitungan volume menggunakan *Surpac 6.3* memiliki luasan daerah yang sama besarnya, sehingga meminimalisir perbedaan perhitungan volume diantara kedua metode., *Design surface* menggunakan data penelitian pada Blok Aktif PT Mandiri Karya Makmur sedangkan *base surface* menggunakan batas elevasi penambangan yaitu minimal 60 m dan maksimal 150 m. Dari hasil pengukuran menggunakan perangkat lunak *Surpac 6.3* menggunakan metode *cut and fill between DTMs* didapatkan jumlah *Cut Vol* 1.437.450.144 m³ dengan *Fill Vol* 51,987 m³ dan volume sumberdaya sebesar 1.437.398,157 m³ dengan *tonnase* 3.737.398,209 ton yang ditunjukkan pada Tabel 2.

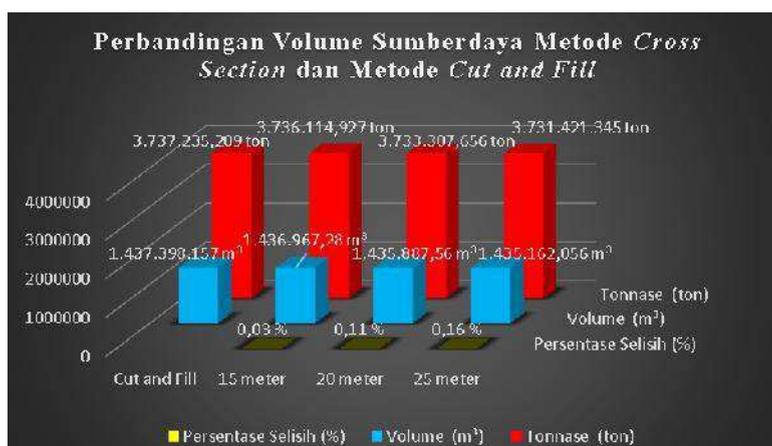
Tabel 2. Volume metode *cut and fill*

<i>Cut Vol</i> (m ³)	<i>Fill Vol</i> (m ³)	<i>Nett Vol</i> (m ³)	<i>Nett Tonnage</i> (ton)
1.437.450,144m ³	51,987m ³	1.437.398,157m ³	3.737.235,209ton

Analisis Perhitungan Sumberdaya

Tabel 3. Perbandingan volume sumberdaya metode *cross section* dan metode *cut and fill*

Data	Volume (m ³)	<i>Tonnase</i> (ton)	Persentase Selisih (%)
<i>Cut and Fill</i>	1.437.398,157	3.737.235,209	
15 m	1.436.967,28	3.736.114,927	0,03%
20 m	1.435.887,56	3.733.307,656	0,11%
25 m	1.435.162,056	3.731.421,345	0,16%



Gambar 4. Perbandingan volume sumberdaya metode *cross section* dan metode *cut and*

Perbandingan metode perhitungan sumberdaya dilakukan dengan cara membandingkan hasil perhitungan volume sumberdaya penelitian yang dilakukan dengan menggunakan Metode *Cross Section* dan

Metode *Cut and Fill* dijadikan sebagai acuan perbandingan terhadap data volume sumberdaya yang didapatkan dari penelitian yang menggunakan Metode *Cross Section* dengan jarak penampang

berbeda yaitu 15, 20 dan 25 m. Perbandingan perhitungan volume sumberdaya pada Tabel 3 yang diperoleh antara metode *cross section* dan Metode *Cut and Fill*, selisih perhitungan menggunakan Metode *Cross Section* dengan jarak penampang 15 m lebih kecil 430,877 m³ atau 0,03% dari Metode *Cut and Fill*, Metode *Cross Section* dengan jarak penampang 20 m lebih kecil 1.510,597 m³ atau 0,11% dari Metode *Cut and Fill*. Metode *Cross Section* dengan jarak penampang 25 m lebih kecil 2.236,101 m³ atau 0,16% dari Metode *Cut and Fill*, berdasarkan perbandingan tersebut dapat diketahui perhitungan volume sumberdaya sumberdaya batu granit menggunakan metode *cross section* dengan jarak penampang 15 m merupakan yang paling mendekati dengan

perhitungan sumberdaya Metode *Cut and Fill* dengan persentasi selisih 0,03% sedangkan metode *cross section* jarak 25 m paling besar selisih dengan perhitungan sumberdaya Metode *Cut and Fill* dengan persentasi selisih 0,16%. Pada hal ini dapat diartikan jarak penampang Metode *Cross Section* sangat mempengaruhi hasil dari volume yang dihasilkan yaitu semakin besar interval jarak penampang pada Metode *Cross Section* maka selisih persentase volume dengan Metode *Cut and Fill* semakin besar sedangkan jarak penampang semakin kecil maka selisih persentase semakin kecil. Perbandingan perhitungan volume sumberdaya dapat dilihat pada Gambar 4.

Perhitungan Umur Tambang

Tabel 4. Umur tambang metode *cross section* dan metode *cut and fill*

Data	Volume (m ³)	Tonnase (ton)	Persentase Selisih (%)
<i>Cut and Fill</i>	1.437.398,157	3.737.235,209	
15 m	1.436.967,28	3.736.114,927	0,03%
20 m	1.435.887,56	3.733.307,656	0,11%
25 m	1.435.162,056	3.731.421,345	0,16%

Umur tambang merupakan lamanya operasi penambangan atau waktu yang dibutuhkan untuk menambang suatu endapan bahan galian dari suatu kegiatan penambangan, yang didapat dari pembagian jumlah sumberdaya endapan bahan galian yang ada dengan target produksi perusahaan tambang tersebut. Perhitungan umur tambang dilakukan untuk mengetahui umur tambang PT Mandiri Karya Makmur berdasarkan *Tonnase* sumberdaya batu granit *Block* Aktif yang didapatkan oleh masing-masing metode yang dibagi dengan sasaran produksi, jumlah target produksi PT Mandiri Karya Makmur yaitu 10.000 ton/bulan atau 120.000 ton/tahun, dimana volume sumberdaya yang telah didapatkan kemudian dikalikan dengan densitas insitu batu granit yaitu 2,6 ton/m³ untuk mendapatkan *Tonnase* batu granit, kemudian akan dibagi dengan sasaran produksi PT Mandiri Karya Makmur 120.000 ton/tahun dengan menggunakan Persamaan 3. Hasil perhitungan umur tambang PT Mandiri Karya Makmur pada Tabel 4. berdasarkan volume sumberdaya yang diperoleh menggunakan Metode *Cut and Fill* umur tambang 31,14 tahun atau 31 tahun

1 bulan 16 hari, Metode *Cross Section* jarak penampang 20 m umur tambang 31,11 tahun atau 31 tahun 1 bulan 9 hari Metode *Cross Section* jarak penampang 25 m umur tambang 31,09 tahun atau 31 tahun 1 bulan 2 hari. Hasil perhitungan umur tambang PT Mandiri Karya Makmur hasil menunjukkan Metode *Cut and Fill* paling tinggi yaitu 31,14 tahun sedangkan yang terendah Metode *Cross Section* jarak penampang 25 m yaitu 31,09 tahun.

4. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari keseluruhan hasil penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Volume sumberdaya batu granit menggunakan Metode *Cross Section* dengan jarak penampang 15, 20 dan 25 m masing-masing adalah 1.436.967,28 m³, 1.435.887,56 m³ dan 1.435.162,056 m³ dan *tonnase* masing-masing adalah 3.736.114,927 ton, 3.733.307,656 ton dan 3.731.421,345 ton. Sedangkan volume sumberdaya batu granit

- menggunakan Metode *Cut and Fill* adalah 1.437.398,157 m³ dan *tonnase* 3.737.235,209 ton.
2. Selisih perhitungan menggunakan Metode *Cross Section* dengan jarak penampang 15 m lebih kecil 430,877 m³ atau 0,03% dari Metode *Cut and Fill*, Metode *Cross Section* dengan jarak penampang 20 m lebih kecil 1.510,597 m³ atau 0,11% dari Metode *Cut and Fill*, Metode *Cross Section* dengan jarak penampang 25 m lebih kecil 2.236,101 m³ atau 0,16% dari Metode *Cut and Fill*. Berdasarkan perbandingan tersebut dapat diketahui perhitungan volume sumberdaya batu granit menggunakan Metode *Cross Section* dengan jarak penampang 15 m merupakan yang paling mendekati dengan perhitungan sumberdaya Metode *Cut and Fill*.
 3. Umur tambang yang diperoleh berdasarkan perhitungan jumlah sumberdaya menggunakan Metode *Cut and Fill* dengan umur tambang 31,14 tahun, Metode *Cross Section* jarak penampang 15 m dengan umur tambang 31,13 tahun, Metode *Cross Section* jarak penampang 20 m dengan umur tambang 31,11 tahun dan Metode *Cross Section* jarak penampang 25 m dengan umur tambang 31,09 tahun.

Daftar Pustaka

- Badan Standarisasi Nasional., 2011. *Klasifikasi Sumberdaya Mineral dan Cadangan*. Standar Nasional Indonesia Amandemen SNI Kode-KCMI 13-4726-2011.
- Basuki, Slamet., 2006. *Ilmu Ukur Tanah*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Chen, G and Rodney, G. 2007. *Granite Genesis: In Situ Melting and Crustal Evolution*. Published by Springer.
- Mangga, A. S. & Djamal. B., 1994. *Peta Geologi Lembar Bangka Utara Sumatra*, Pusat Penelitian Dan Pengembangan Geologi. Bandung.
- Notosiswoyo. S., 2010. *Metode Perhitungan Cadangan*, Departemen Teknik Pertambangan Ilmu Kebumihan dan Teknologi Mineral. ITB. Bandung.
- Popoff, C.C., 1996. *Computing Reserves Of Mineral Deposits: Principles And Conventional Methods*. Bureau Of Mines.
- Purwaamijaya, I.M., 2008. *Teknik Survey dan Pemetaan Jilid 3*, Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan. Jakarta.
- Sudrajat, A., 1999. *Teknologi & Manajemen Sumberdaya Mineral*. Institut Teknologi Bandung.
- Sukandarrumidi, 1998. *Bahan Galian Industri*. Gajah Mada University Press.
- Sulistiyana, W., 2010. *Perencanaan Tambang*. Jurusan Teknik Pertambangan Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jogjakarta.
- Walijatun, Djoko., 2000. *Dasar-Dasar Pengukuran Tanah (Surveying)*. Erlangga.
- William Hustrulid., 2009. *Open Pit Mine Planning & Design*. Departement of Mining Engineering, University of Utah. Salt Lake City. Utah.

Lampiran
Sayatan Penampang Metode *Cross Section* 15 m

