

# Kajian Teknis dan Ekonomis Perancangan *Design* Kemajuan Penambangan *Quarry* Batukapur pada Bulan April–Agustus 2017 di Front III B–IV B Bukit Karang Putih PT. Semen Padang

Fikriansyah Ersyad<sup>1\*</sup>, Dedi Yulhendra<sup>1</sup>, Heri Prabowo<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang

[\\*fikrians.ersyad@outlook.com](mailto:fikrians.ersyad@outlook.com)

**Abstract.** *PT. Semen Padang plans to expand mining area, especially in the Front III B-IV B. The limestone production target was planned is 550,000 tons / month. Long-term production target planning for all mining areas in 2017 for limestone is 10,128,000 tons, or increase 12.56 % and silicastone is 1,100,000 tons, or increase 10% from 2016. Production realization achieved in 2016 was only achieved 78.3% for limestone and 71.7% for silicastone. Less optimal achievement of production targets in 2016 due to inappropriate sequence factors, and irregularities in excavation. Planning for limestone mining in Front III B-IV B is based on technical and economical assessmnet in terms of quality and quantity of deposit. In order to maintain the quality of the limestone, it is necessary to know the amount of reserves and the distribution of the quality of limestone in a block model estimated by the geostatistical approach, namely the krigging method. Planning quarry design's starts from April to August 2017. Combination of loader - hauler that is used to transport limestone is Excavator Komatsu PC 1800-Dumptruck HD 785, while overburden removal use a combination of Excavator Komatsu PC 300-Dumptruck Hino FM260JD. From the design of the quarry in April - August 2017 it was found that in April the overburden stripping was 6,535.71 Bcm and 552,001.89 Tons of limestone, with mining operational costs of \$ 160,243. In May the stripping of limestone was reached 569,286.38 Ton, with mining operation cost of \$ 162,243. In June, overburden stripping was 5000 Bcm was carried out and 582,636.13 tons of limestone, with mining operating costs reach \$ 136,950. In June, overburden stripping was carried out of 29,753 Bcm and 596,955.59 tons of limestone, with mining operating costs of \$ 168,989. In August, overburden stripping of 47,000 Bcm was carried out and 579,374.91 Tons of limestone, with mining operating costs of \$ 196,683.*

**Keywords:** *Production, Mine Planning, Krigging Method, Design Quarry, Operating Cost*

## 1. Pendahuluan

Pembangunan daerah yang dikelola secara otonom membawa konsekuensi pada banyak aspek, diantaranya aspek pembangunan dan aspek perekonomian. Pembangunan infrastruktur yang meliputi pembangunan jalan, jembatan, dan gedung untuk saat ini mendapat perhatian besar karena dapat mempercepat pertumbuhan ekonomi dimana pembangunan ini nantinya menjadi penghubung dari berbagai daerah untuk mengembangkan potensi daerah mereka masing-masing. Dalam rangka mewujudkan hal tersebut, sektor pertambangan berkontribusi dalam hal menyediakan bahan baku utama dalam pembuatan industri semen. Upaya penyediaan bahan baku industri ini direncanakan sedemikian rupa dalam

suatu kegiatan perencanaan tambang yang didasari pada kualitas dan kuantitas endapan.

Pada dasarnya tahapan perencanaan tambang terbagi atas tiga jangka waktu yaitu perencanaan jangka panjang (*long term*), perencanaan jangka menengah (*medium term*), dan perencanaan jangka pendek (*short term*). Ketiga jenis perencanaan tambang ini ditentukan oleh fungsi waktu. Pertimbangan–pertimbangan yang dikaji dalam perencanaan tambang ini berupa pertimbangan teknis dan pertimbangan ekonomis. Pertimbangan teknis meliputi rancangan teknis geometri tambang, perencanaan metoda penambangan, kebutuhan alat utama dan pendukung, sedangkan pertimbangan ekonomis meliputi biaya produksi, biaya operasi dan kondisi pasar.

PT. Semen Padang merupakan salah satu perusahaan produsen semen di Indonesia yang tergabung dalam

Semen Indonesia Group, dimana kegiatan perusahaan tersebut meliputi penambangan batupapur, pengolahan bahan pembuat semen sampai dengan *marketing* semen ke beberapa wilayah di Indonesia bahkan ke luar negeri. Untuk kegiatan penambangan, PT. Semen Padang melakukan penambangan *limestone* dan *silicastone* di kawasan Bukit Karang Putih yang menjadi IUP (Izin Usaha Pertambangan) PT. Semen Padang, dimana kegiatan penambangan dilakukan secara tambang terbuka (*quarry*). Sebagai upaya untuk terus meningkatkan jumlah produksi semen, PT. Semen Padang yang saat ini telah membangun Pabrik Indarung VI juga mendirikan LSC VI (*Limestone crusher VI*) di Front IV untuk pasokan *limestone* yang telah beroperasi di *quarter* ke 2 di tahun 2017. Pendirian LSC VI ini dioptimalkan dengan rencana diperluasnya areal penambangan khususnya di Front III B – IV B dan dibukanya lahan baru di area Tajarang untuk penambangan *soil*. Berdasarkan laporan Biro PPET (Perencanaan Pengembangan dan Evaluasi Tambang) PT. Semen Padang pada tahun 2017, realisasi produksi rata-rata per *quarter* batupapur meningkat 10,9 % dari 624.694 ton ke 681.352 ton dari tahun 2016 semenjak dibangunnya pabrik Indarung VI.

PT. Semen Padang saat ini menargetkan rencana produksi jangka panjang pada seluruh areal penambangan di tahun 2017 untuk *limestone* sebesar 10.128.000 ton atau meningkat 12.56 % dan *silicastone* sebesar 1.100.000 ton atau meningkat 10 % dari tahun 2016. Rencana Target produksi PT. Semen Padang di tahun 2016 untuk *limestone* adalah sebesar 8.064.608 ton dan *silicastone* 1.082.321 ton. Sedangkan realisasi produksi yang dicapai pada tahun 2016 hanya tercapai 78.3 % atau 6.317.194 ton *limestone* dan 71.7 % atau 775.620 ton *silicastone*. Tidak tercapainya target produksi pada tahun 2016 ini akan berdampak pada rencana penambangan pada tahun 2017. Disamping itu beroperasinya LSC VI pada *quarter* ke 2 di tahun ini menyebabkan produksi *limestone* akan meningkat di tahun 2017. Sehingga perlu adanya perancangan ulang (*redesign*) untuk mengantisipasi terjadinya perubahan perencanaan *sequence* penambangan yang telah direncanakan dari perencanaan awal.

PT. Semen Padang telah membuat perencanaan tambang untuk jangka panjang. Untuk mengantisipasi terjadinya perubahan kondisi lapangan pada perencanaan jangka panjang yang telah dibuat, maka perlu dilakukan *breakdown* ke perencanaan jangka menengah guna mengoptimalkan pencapaian produksi yang didasari pada kajian secara teknis dan ekonomis yang matang.

## 2. Lokasi Penelitian

Lokasi PT. Semen Padang terletak di Indarung, sekitar 15 km di sebelah Timur kota Padang, dapat ditempuh menggunakan kendaraan bermotor dan memakan waktu ± 45 menit dari pusat Kota Padang. Secara administrasi PT. Semen Padang termasuk dalam Kecamatan Lubuk Kilangan, Kota Padang, Provinsi Sumatera Barat dengan ketinggian lebih kurang 200 mdpl. Indarung terletak di Kaki Bukit Barisan yang membujur dari Utara ke Selatan, dan secara geografis terletak antara garis meridian

1°04'30" LS - 1°06'30" LS dan 100°15'30" BT-100°18'30" BT.



Gambar 1. Peta Lokasi Penambangan PT. Semen Padang

## 3. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Mei - Juli tahun 2017. Lokasi penelitian di Bukit Karang Putih PT. Semen Padang, Kecamatan Lubuk Kilangan, Kota Padang, Provinsi Sumatera Barat

### 3.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan geostatistik, yaitu metoda *kriging* dalam mengestimasi nilai dari sebuah titik atau blok sebagai kombinasi linier dari nilai contoh yang terdapat disekitar titik yang akan diestimasi. Secara umum peneliti ini juga menggunakan pendekatan kuantitatif, dengan metode *field research* untuk mencapai tujuan deskriptif. Tujuan penelitian deskriptif disini menyajikan dan menjelaskan design rencana penambangan, peta kemajuan penambangan untuk *quarry*, hingga ke biaya operasi penambangan terhadap peralatan yang digunakan dalam proses penambangan.

### 3.2 Tahap Pengumpulan Data

Dalam pelaksanaan penelitian ini data yang diambil sebagian besar adalah data sekunder yang didapat dari perusahaan. Tahapan Pengumpulan data dimulai dengan mengambil data primer berupa *cycle time* alat muat dan alat angkut: *overburden* dan batupapur di area penambangan khususnya Front III B – IV B. Data sekunder berupa peta topografi bulan Maret 2017, batas izin usaha pertambangan (IUP), data *drillhole* eksplorasi, data blockmodel kualitas batugamping, data rekomendasi geoteknik, data jumlah jam kerja, data spesifikasi alat mekanis, dan data populasi alat yang tersedia di PT. Semen Padang.

### 3.3 Tahap Pengolahan Data

Teknik pengolahan data dilakukan setelah data didapatkan di lapangan. Data yang diperoleh diolah dengan menggunakan perhitungan dan analisis, selanjutnya disajikan dalam bentuk tabel, grafik, gambar dan perhitungan dalam penyelesaian masalah. Dalam penelitian ini digunakan beberapa tahapan untuk pengolahan data. Pengolahan data dimulai dari analisis

statistik : analisis statistik univarian dan analisis statistik bivarian terhadap karakteristik endapan batukapur, perhitungan sumberdaya batukapur, perhitungan jam kerja efektif, penentuan tonnase target produksi, penjadwalan produksi, hingga ke perhitungan biaya operasi penambangan.

### 3.4 Tahap Analisis Data

Analisis data menggunakan pendekatan geostatistic, yaitu metode *kriging* dimana *kriging* ini merupakan suatu teknik estimasi lokal yang memberikan harga estimasi dalam keadaan tidak bias pada variabel tunggal biasa.

#### 3.4.1 Analisis Statistik Univarian

Statistik univarian merupakan metode statistik yang digunakan untuk menganalisis hubungan antar masing-masing data dari suatu populasi tanpa memperhatikan lokasi dari data-data tersebut. Hasil dari statistik ini pada umumnya direpresentasikan dalam bentuk tabel frekuensi atau histogram. Histogram merupakan suatu gambaran dari distribusi suatu data kedalam beberapa kelas yang memiliki interval kelas tertentu dan kemudian menentukan jumlah data dari masing-masing kelas (frekuensi)<sup>[1]</sup>.

#### 3.4.2 Analisis Statistik Bivarian

Statistik bivarian adalah metode statistik yang digunakan untuk menganalisis hubungan dari 2 kumpulan data atau variabel populasi yang berbeda yang terletak pada lokasi yang sama berupa grafik *scatterplot*.<sup>[1]</sup>

#### 3.4.3 Analisis Statistik Spasial (Geostatistik)

Geostatistik merupakan metode statistik yang digunakan untuk melihat hubungan antar variabel yang diukur pada titik tertentu dengan variabel yang sama diukur pada titik dengan jarak tertentu yang digunakan untuk mengestimasi parameter di tempat yang tidak diketahui datanya<sup>[2][3]</sup>. Variabel ini umumnya mencirikan suatu fenomena tertentu, misalnya kadar bijih yang merupakan karakteristik suatu mineral. Dua buah nilai data dengan letak berdekatan mempunyai kemungkinan lebih besar untuk bernilai seragam dibandingkan dengan dua nilai data yang saling berjauhan. Untuk menaksir kadar bijih guna mengkuantifikasi korelasi ruang antar conto digunakan suatu perangkat statistik yang disebut variogram. Variogram adalah suatu fungsi vektor yang dapat digunakan untuk mengkuantifikasi tingkat kemiripan atau variabilitas antara dua conto yang terpisah oleh jarak tertentu. Data yang dekat dengan titik yang ditaksir memiliki kecenderungan nilai yang lebih mirip dibandingkan dengan data yang lebih jauh.<sup>[2][3]</sup>

Variogram dapat dirumuskan dengan menggunakan persamaan<sup>[2][3]</sup>:

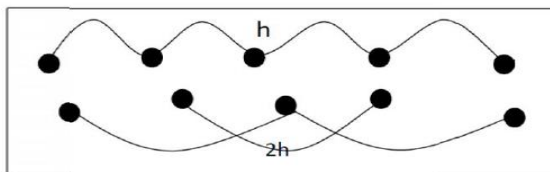
$$\gamma(h) = \frac{\sum_{i=1}^n \{Z(x_i) - Z(x_i+h)\}^2}{2N(h)} \quad (1)$$

Dimana :

- $\gamma(h)$  : Variogram eksperimental
- $Z(x_i)$  : Nilai kadar pada lokasi  $(x_i)$
- $Z(x_i+h)$  : Nilai kadar pada lokasi  $(x_i+h)$
- $N(h)$  : Jumlah pasang data

#### 3.4.3.1 Variogram Eksperimental

Variogram eksperimental dibuat berdasarkan pengukuran korelasi spasial antara 2 (dua) conto/data yang dipisahkan dengan jarak tertentu sebesar  $h$ . Data tersebut dapat berupa data kadar, ketebalan, ketinggian topografi, porositas, dan permeabilitas. Pencarian pasangan data dalam variogram dapat diilustrasikan pada gambar 2.



Gambar 2. Pencarian data variogram eksperimental

#### 3.4.3.2 Fitting Variogram

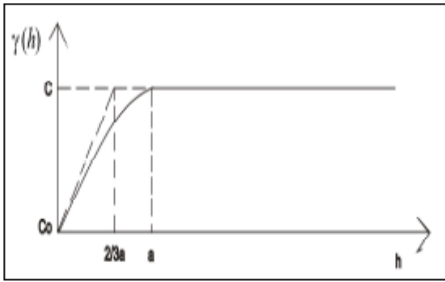
Metode yang umum digunakan dalam melakukan *fitting* variogram ada 2 (dua), yaitu: metode visual dan metode *least square*. Berikut ini adalah beberapa pedoman penting dalam melakukan *fitting* variogram<sup>[2]</sup> :

1. Variogram yang mempunyai pasangan conto yang sangat sedikit agar diabaikan.
2. *Nugget variance* ( $C_0$ ) didapat dari perpotongan garis tangensial dari beberapa titik pertama variogram dengan sumbu Y.
3. *Sill* ( $C_0+C$ ) kira-kira sama dengan atau mendekati varians populasi. Garis tangensial di atas akan memotong garis sill pada jarak  $2/3$  range ( $a$ ), sehingga selanjutnya dapat dihitung harga range
4. Interpretasi *nugget variance* untuk variogram dengan sudut toleransi  $180^\circ$  (variogram rata-rata) akan sangat membantu untuk memperkirakan besarnya *nugget variance*.
5. *Nugget variance* diambil dari *multiple variogram* (dalam berbagai arah). Dalam *multiple variogram*, *best spherical line* sebaiknya lebih mendekati variogram yang mempunyai pasangan conto yang cukup.

#### 3.4.3.3 Variogram Model

##### 1. Model Spherical

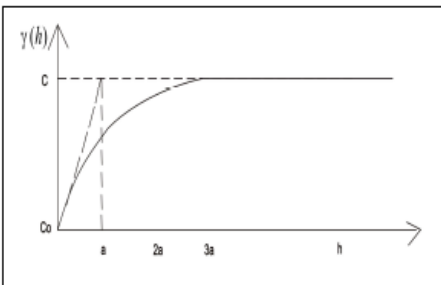
Model *spherical* adalah model yang paling sering digunakan dalam variogram. Model ini akan berbentuk linier pada jarak kecil yang dekat dengan pusat, tetapi meluruskan untuk jarak yang besar, dan memberikan *sill* di  $a$ . Variogram dari model *spherical* dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Variogram dari model *spherical*

### 2. Model Eksponensial

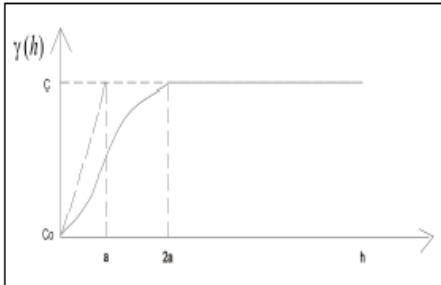
Model transisi lain yang biasa digunakan adalah model *eksponensial* yang memberikan sill asmtotik. Seperti model *spherical*, model *eksponensial* berbentuk linier untuk semua jarak pendek yang dekat dengan pusatnya. Variogram dari model *eksponensial* dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Variogram dari model *Eksponensial*

### 3. Model Gaussian

Model *Gaussian* adalah model transisi yang sering kali digunakan memodelkan fenomena kontinu yang ekstrim dan juga memberikan *sill* asimtotik. Variogram dari model *gaussian* dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Variogram dari model Gaussian

#### 3.4.4 Kriging

*Kriging* merupakan suatu teknik estimasi lokal yang memberikan harga estimasi dalam keadaan tidak bias. *kriging* disebut juga sebagai *Best Linear Unbiased Estimator (BLUE)*. Estimasi pada variabel tunggal biasa dilakukan dengan *Ordinary Kriging (OK)*. Pada *Ordinary kriging* hal – hal yang perlu diperhatikan adalah:

#### 1. Nilai estimasi variabel blok

Nilai estimasi variabel dari masing – masing blok dilakukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Z^* = \sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot Z_i \quad (2)$$

#### 2. Bobot $\lambda_i$ dihitung dengan persamaan kriging berikut:

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot \bar{\gamma}(v, v) + \mu = \bar{\gamma}(v, V) \text{ dengan } \sum_{i=1}^n \lambda_i = 1 \quad (3)$$

#### 3. Varians kriging

Varians kriging dapat dinyatakan dengan persamaan

$$\sigma_k^2 = \sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot \bar{\gamma}(v, V) - \bar{\gamma}(V, V) + \mu \quad (4)$$

dimana:

$Z^*$  : Nilai taksiran kadar

$Z_I$  : Nilai kadar yang dibobot

$\gamma(v, v)$  : Nilai rata – rata ( $h$ ) jika salah satu ujung vektor  $h$  menunjukkan domain  $v(x)$  dan ujung lainnya menunjukkan domain  $v(x)$  juga

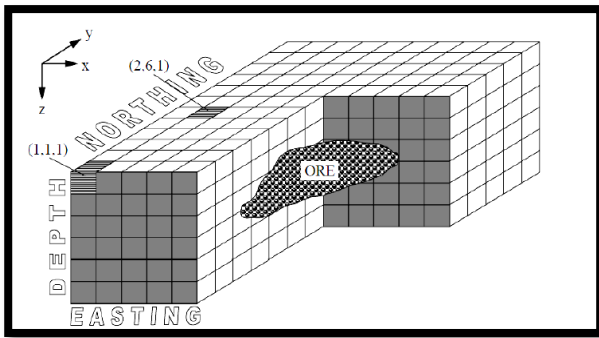
$\gamma(v, V)$  : Nilai rata – rata ( $h$ ) jika salah satu ujung vektor  $h$  menunjukkan domain  $V(x)$  dan ujung lainnya menunjukkan domain  $v(x)$

$\gamma(V, V)$  : Nilai rata – rata ( $h$ ) jika salah satu ujung vektor  $h$  menunjukkan domain  $V(x)$  dan ujung lainnya menunjukkan domain  $V(x)$  juga

#### 3.4.5 Block Model

*Block model* biasanya dibuat sebagai bagian dari proses permodelan geologi dan juga dapat dibuat selama melakukan estimasi suatu tingkatan *design* tambang dan proses optimasi tambang yang merupakan bagian dari siklus perencanaan tambang umum. *Block model* adalah data yang diinterpretasikan secara visual sebagai *box* atau kotak 3 dimensi. Di dalam kotak tersebut masih terdapat kotak- kotak kecil yang disebut sebagai *block*. Setiap blok dapat diisi data yang tersimpan dalam database yang berupa kadar *assay*, jenis batuan, *ore class*, dan lain – lain. Sebuah *block model* terdiri banyak *block* kecil – *sub block* sesuai dengan ketelitian dalam perhitungan volume dalam pemodelan geologi. Sebuah model blok dikemas dengan erat dan terdiri dari enam bagian orthogonal *cells* (kubus persegi panjang), jenis-jenis *cell* yang dapat ditemukan dalam *block model* yaitu sel induk (*parents cells*) merupakan ukuran terbesar yang diperbolehkan di dalam suatu *block model*, dapat diartikan sebagai *block model prototype*, yang kedua yaitu *sub cell* adalah bagian dari *parent cells*. Gambar 6.

menunjukkan hubungan antara *block model* dan *cells* (*parent cells, sub cel*) serta parameter model *prototype*<sup>[4]</sup>.



**Gambar 6.** Tampilan 3D *block model*

### 3.4.6 Parameter Rancangan Penambangan

Desain akhir tambang menunjukkan bagaimana bentuk grafis dari penambangan di periode tahun terakhir, yaitu ketika bahan galian telah habis ditambang. Untuk membuat desain akhir tambang, harus diperhatikan hal-hal sebagai berikut:

#### 3.4.6.1 Rancangan Geometri Lereng

Komponen penunjang dalam membuat desain adalah dengan adanya rekomendasi dari data geoteknik, yaitu geometri lereng. Rekomendasi dari data geoteknik tersebut telah diuji secara teknis dan dinyatakan aman untuk diterapkan pada desain pit dan disposal. Kemantapan lereng baik lereng alami maupun lereng buatan dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti gaya penahan dan gaya penggerak. Dalam keadaan gaya penahan lebih besar dari gaya penggerak, maka lereng tersebut dalam keadaan mantap (stabil) begitu juga sebaliknya<sup>[5]</sup>.

#### 3.4.6.2 Rancangan Geometri Jalan

Pembuatan desain jalan perlu diperhatikan sebagai akses jalan masuk ke area penambangan, jalan pengangkutan bahan galian yang ditambang ataupun jalan yang digunakan untuk penimbunan *soil*. Geometri jalan mempengaruhi bentuk geometri daerah penambangan secara umum, biasanya dipengaruhi oleh jenis alat yang digunakan dalam operasi penambangan<sup>[6]</sup>. Lebar jalan angkut pada jalan lurus dapat dirumuskan dengan<sup>[6][7]</sup> :

$$L = n \times Wt + [(n + 1) (0.5 \times Wt)] \quad (5)$$

Keterangan  $L_{\min}$  = Lebar jalan angkut minimum, m  
 $n$  = Jumlah jalur  
 $Wt$  = Lebar alat angkut, m

Lebar jalan angkut pada tikungan dapat dihitung dengan menggunakan rumus<sup>[6]</sup>:

$$W = n (U + Fa + Fb + Z) + C \quad (6)$$

$$C = Z = \frac{1}{2} (U + Fa + Fb) \quad (7)$$

### 3.4.6.3 Produktivitas Alat Mekanis

#### 1. Produktivitas Alat Muat

Kemampuan produksi alat muat dapat dihitung berdasarkan persamaan sebagai berikut<sup>[8]</sup>:

$$Q = q \times \frac{60}{Cm} \times E \quad (8)$$

Dimana :  $Q$  = Produksi per jam ( $m^3/\text{jam}$ ,  $yd^3/\text{jam}$ )  
 $q$  = Produksi per siklus ( $m^3/\text{cu. yd}^3$ )  
 $Cm$  = Waktu edar alat muat (menit)  
 $E$  = *Job Efficiency*

#### 2. Produktivitas Alat Angkut

Kemampuan produksi alat angkut dapat dihitung berdasarkan persamaan sebagai berikut<sup>[8]</sup>:

$$P = C \times \frac{60}{Cmt} \times Et \times M \quad (9)$$

Dimana :  $P$  = Produksi per jam ( $m^3/\text{jam}$  ;  $yd^3/\text{jam}$ )  
 $C$  = Produksi per siklus  
 $Cmt$  = Waktu edar alat angkut (menit)  
 $Et$  = Efisiensi kerja *truck*  
 $M$  = Jumlah alat angkut beroperasi

### 3.4.7 Biaya Operasi

Biaya operasi peralatan adalah biaya yang dikeluarkan hanya apabila alat tersebut dioperasikan. Biaya ini terdiri atas<sup>[9]</sup>:

#### 1. Bahan bakar

Kebutuhan bahan bakar dan pelumas per jam berbeda untuk setiap alat atau merk dan mesin. Data data ini biasanya dapat diperoleh dari pabrik produsen alat atau dealer alat yang bersangkutan atau dari data lapangan. Pemakaian bahan bakar dan pelumas per jam akan bertambah bila mesin bekerja berat dan berkurang bila mesin bekerja ringan.

#### 2. Bahan Pelumas, Gemuk, Saringan (*filter*)

Untuk kebutuhan bahan – bahan tersebut, seperti pada kebutuhan bahan bakar, masing – masing alat besar dalam kebutuhan per jam berbeda sesuai dengan kondisi pekerjaan, bahan pelumas terdiri dari : Oli mesin, oli transmisi, oli hidrolis, oli *final drive*, gemuk

#### 3. Ban

Umur ban dari alat sangat dipengaruhi oleh medan kerjanya di samping kecepatan dan tekanan angin. Selain itu kualitas ban yang digunakan juga berpengaruh. Umur ban biasanya diperkirakan sesuai kondisi medan kerjanya.

#### 4. Perbaikan

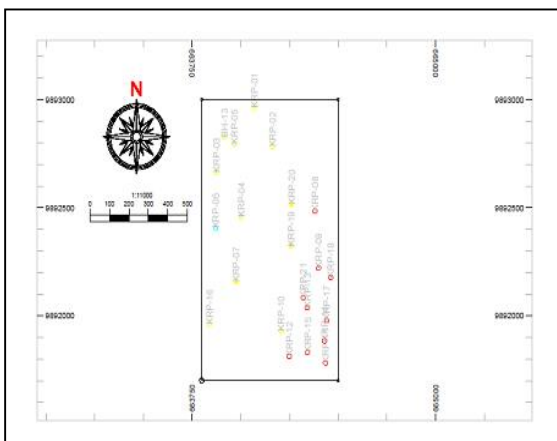
Biaya perbaikan ini merupakan biaya perbaikan dan perawatan alat sesuai dengan kondisi operasinya. Makin keras alat bekerja per jam makin besar pula biaya operasinya. Biaya perbaikan (reparasi) alat dapat ditentukan menggunakan formula

#### 5. Hal Hal khusus

Beberapa parts yang keausannya lebih cepat dibanding parts lainnya tidak termasuk dalam biaya perbaikan tetapi dimasukkan kepada hal – hal khusus.

### 4. Hasil dan Pembahasan

#### 4.1 Plotting Bor



Gambar 7. Plotting Bor 2D

Berdasarkan pada gambar 7 yang tertera diatas, susunan bor secara umum merata di setiap sisi namun cenderung lebih banyak terkumpul pada bagian tenggara

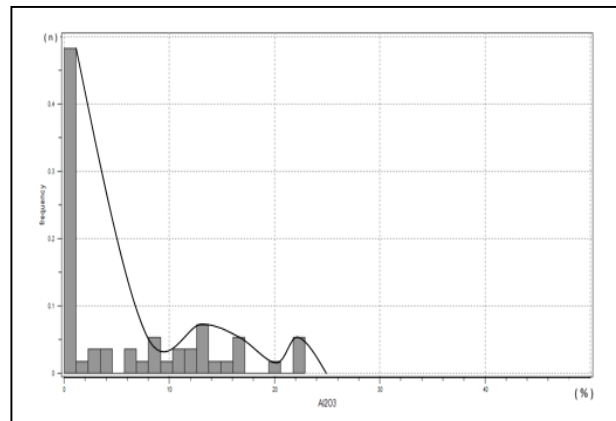
#### 4.2 Analisis Statistik Univarian

Analisis statistik univarian ini dilakukan pada kadar  $Al_2O_3$ ,  $CaO$ ,  $MgO$  dan  $SiO_2$  pada batugamping karena data kualitas cadangan berdasarkan keempat parameter tersebut. Hasil analisis statistik univarian pada masing – masing kadar dapat dilihat di Tabel 1.

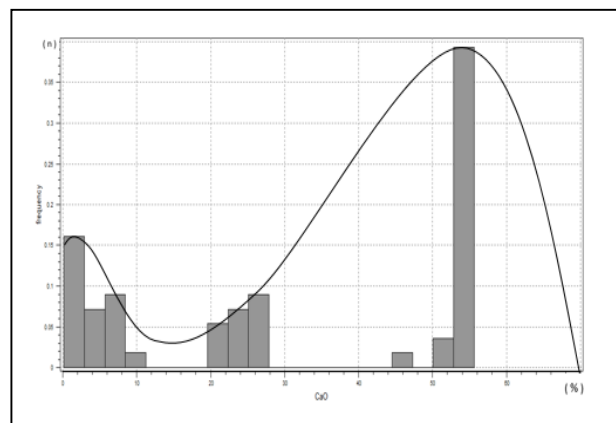
Tabel.1 Hasil Analisis Statistik Univarian Pada Batugamping

Parameter Statistik	Batugamping			
	$Al_2O_3$	$CaO$	$MgO$	$SiO_2$
Minimum	0,003	0.16	0,03	0,002
Maksimum	22,89	55,6	10	89,32
Mean	6,069	30,5	1,60	29,00
Median	1,6	25,29	0,48	13,1
Coef of Variation	1,159	0,732	1,75	1,062
Skewness	0,866	-0,07	2,32	0,542
Standar Deviasi	7,032	22,3	2,82	30,79
Kurtois	-0,52	-1,71	3,86	-1,26
Variance	50,35	506,23	7,92	948,3

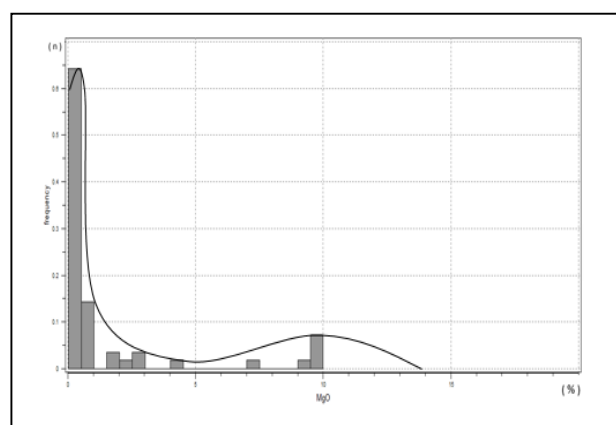
Hasil analisis statistik univarian ini berupa kurva histogram yakni :



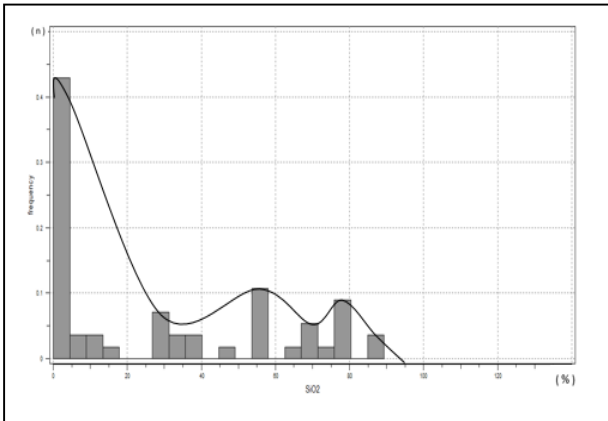
Gambar 8. Histogram Data Kadar  $Al_2O_3$



Gambar 9. Histogram Data kadar  $CaO$



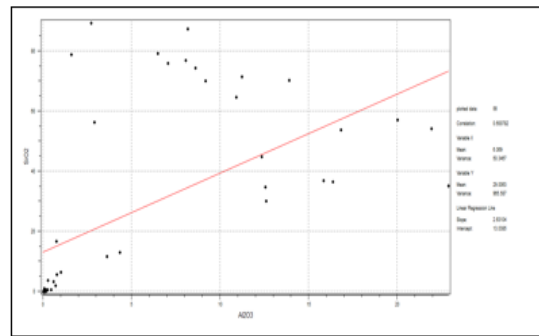
Gambar 10. Histogram Data Kadar  $MgO$



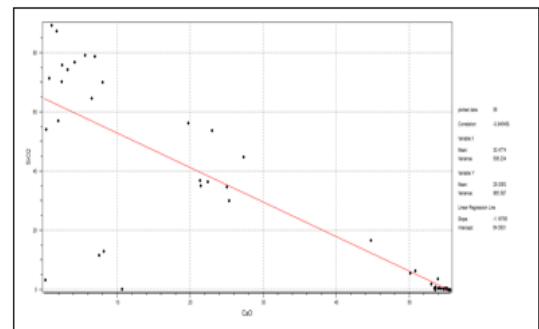
Gambar 11. Histogram Kadar SiO<sub>2</sub>

### 4.3 Analisis Statistik Bivarian

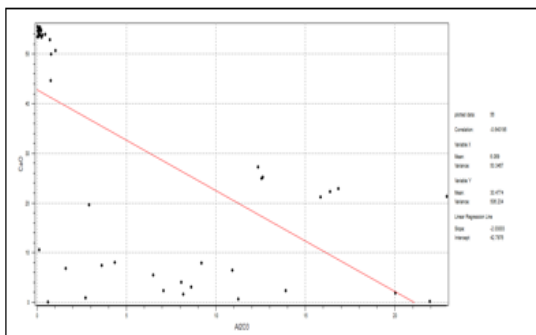
Analisis statistik bivarian berupa diagram pencar (*scatter plot*) yang digunakan untuk mengetahui korelasi statistik dan nilai koefisien dari 2 (dua) kelompok data variabel yang berbeda dan terletak pada lokasi yang sama. Analisis statistik bivarian ini berkaitan langsung dengan genesa endapan batugamping terhadap peningkatan dan penurunan kadar di dalam batugamping<sup>[10]</sup>. *Scatter plot* hasil untuk analisis statistik bivarian terhadap kadar Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO, MgO dan SiO<sub>2</sub> dapat dilihat pada gambar 12-17:



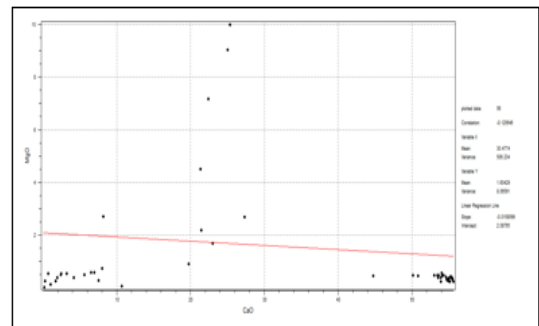
Gambar 14. Scatter Plot Kadar Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>



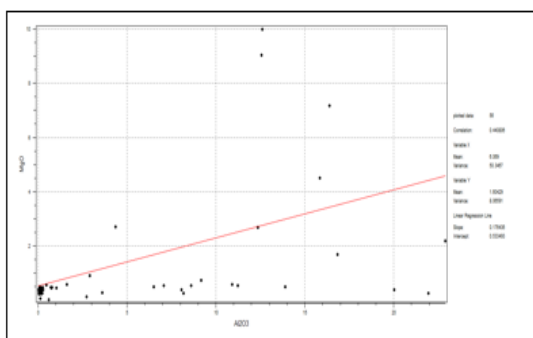
Gambar 15. Scatter Plot Kadar CaO-SiO<sub>2</sub>



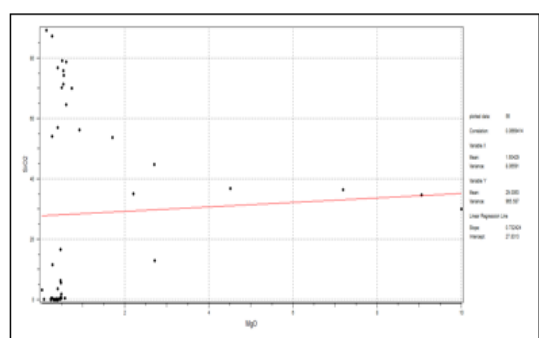
Gambar 12. Scatter plot Kadar Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-CaO



Gambar 16. Scatter Plot Kadar CaO-MgO



Gambar 13. Scatter plot Kadar Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-MgO



Gambar 17. Scatter Plot Kadar SiO<sub>2</sub>-MgO

Pada Gambar 12. Dari *scatter plot* kadar  $Al_2O_3$ -CaO mempunyai nilai korelasi sebesar -0,641 dan termasuk dalam kelompok korelasi negatif kuat yang berarti setiap kenaikan nilai pada kadar  $Al_2O_3$  akan diikuti dengan penurunan nilai pada kadar CaO, begitupun sebaliknya.. Dari *Scatter plot* pada Gambar 13 dan Gambar 14 diatas, kadar  $Al_2O_3$  – MgO dan  $Al_2O_3$  –  $SiO_2$  memiliki nilai koef. korelasi masing-masing sebesar 0,441 dan 0,600782 yang termasuk dalam kelompok korelasi positif kuat karena nilai korelasi mendekati +1 yang artinya setiap kenaikan nilai kadar pada  $Al_2O_3$  akan diikuti juga kenaikan pada MgO –  $SiO_2$ .

Sedangkan pada Gambar 15. Dari *scatter plot* di atas dapat dilihat bahwa kadar CaO –  $SiO_2$  mempunyai nilai korelasi sebesar -0,85 dan termasuk dalam kelompok korelasi negatif kuat yang berarti setiap kenaikan nilai pada kadar CaO akan diikuti dengan penurunan nilai pada kadar  $SiO_2$ , begitupun sebaliknya. Jika kadar CaO turun maka kadar  $SiO_2$  akan naik.

Dari Gambar 16 dan Gambar 17 terhadap kadar CaO – MgO dan  $SiO_2$  – MgO tidak ada korelasi yang berarti naik turunnya suatu kadar tidak mempunyai hubungan dengan naik turunnya kadar yang lain, hal ini dapat dilihat dari nilai korelasi masing-masing data yaitu -0,126 dan 0,07 yang mendekati atau sama dengan 0.

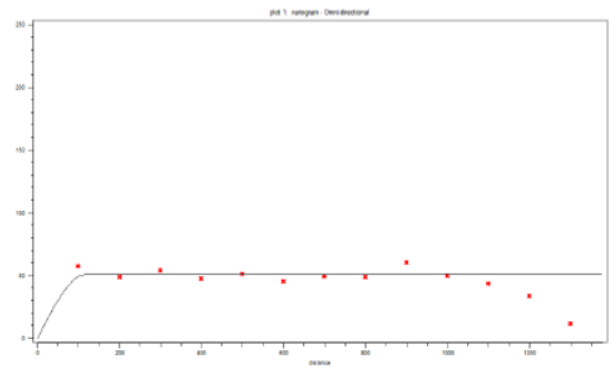
#### 4.4 Variogram Eksperimental dan Fitting Variogram

Variogram dapat digunakan untuk menganalisis tingkat kemiripan atau variabilitas antar masing-masing data kadar  $Al_2O_3$ , CaO, MgO, dan  $SiO_2$ . Adapun parameter penyusun variogram yang dipakai dapat dilihat pada tabel 2.

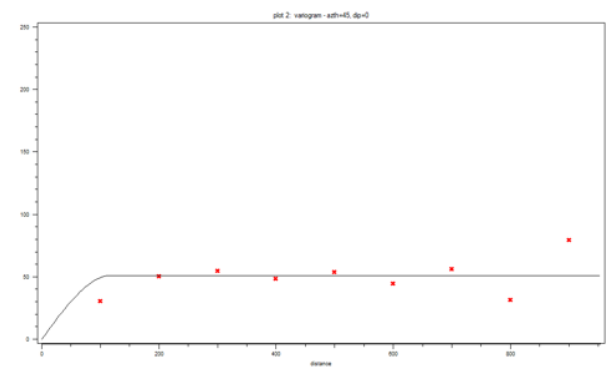
**Tabel 2.** Parameter Variogram Eksperimental Kadar  $Al_2O_3$ , CaO, MgO, dan  $SiO_2$

Batuan	Azimuth	Dip	Angle Tolerance	Bandwidth
Batugamping (Horizontal)	0	0	91	1600
	45	0	70	1600
	90	0	70	1600
	135	0	70	1600
	180	0	70	1600
Batugamping (Vertikal)	0	90	45	1600

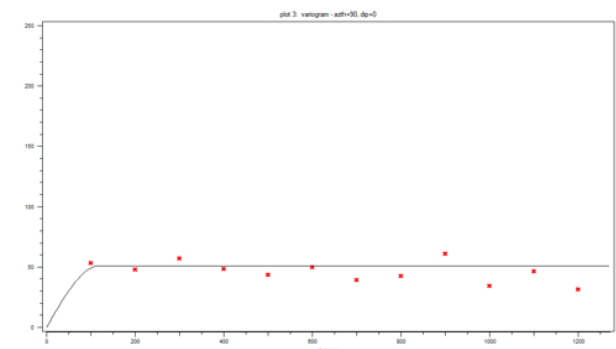
Dalam variogram ekperimental ini, untuk arah horizontal jarak *lag* yang digunakan = 100 m, toleransi *lag* = 50 m, yang disesuaikan dengan setengah dari jarak rata – rata lubang bor. Adapun Variogram eksperimental untuk arah vertikal parameter yang digunakan untuk jarak *lag* = 10 m, toleransi *lag* = 5 m. Hasil variogram horizontal untuk kadar  $Al_2O_3$  dapat dilihat pada gambar 18 – Gambar 22



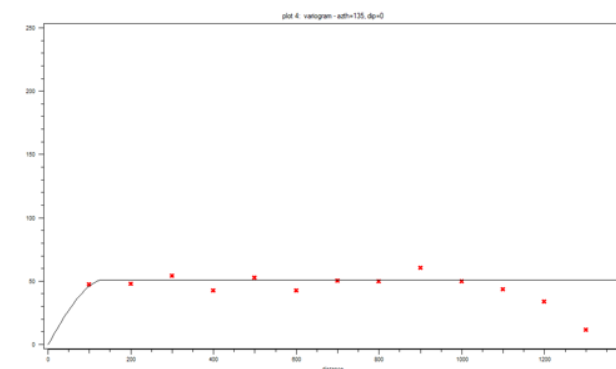
**Gambar 18.** Variogram Horizontal Azimuth 0 Kadar  $Al_2O_3$



**Gambar 19.** Variogram Horizontal Azimuth 45 Kadar  $Al_2O_3$

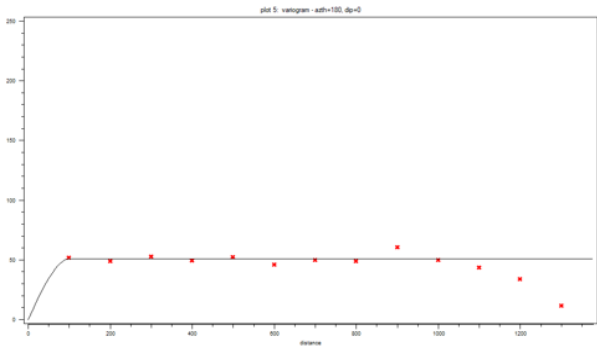


**Gambar 20.** Variogram Horizontal Azimuth 90 Kadar  $Al_2O_3$

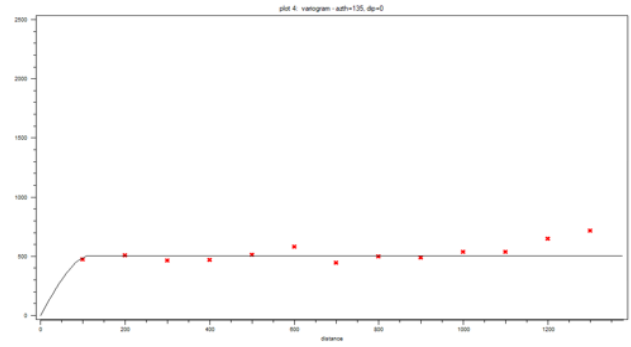


**Gambar 21.** Variogram Horizontal Azimuth 135 Kadar  $Al_2O_3$



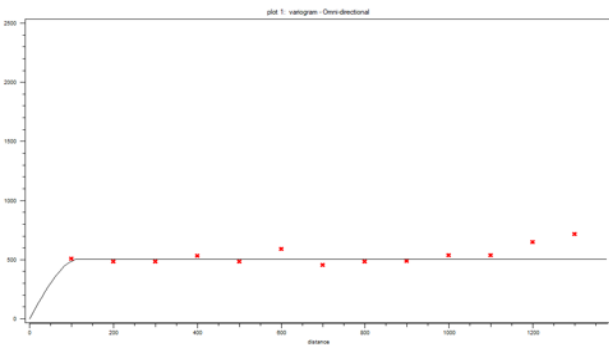


**Gambar 22.** Variogram Horizontal Azimuth 180 Kadar  $Al_2O_3$

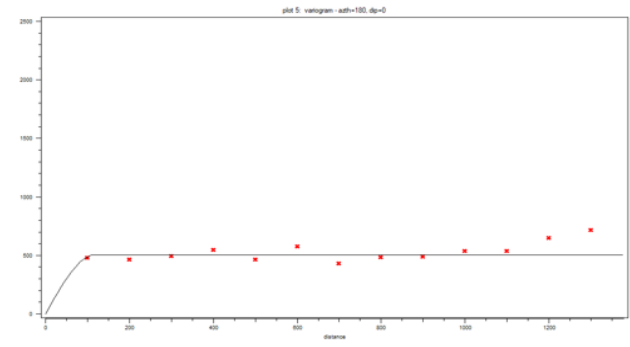


**Gambar 26.** Variogram Horizontal Azimuth 135 Kadar CaO

Adapun hasil variogram horizontal untuk kadar CaO pada batugamping secara berturut – turut dapat dilihat pada gambar 23-gambar 27.

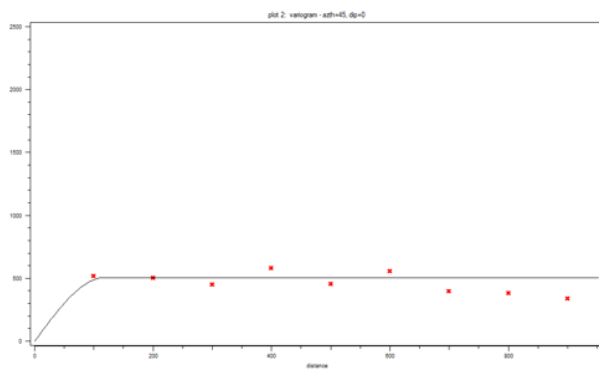


**Gambar 23.** Variogram Horizontal Azimuth 0 Kadar CaO

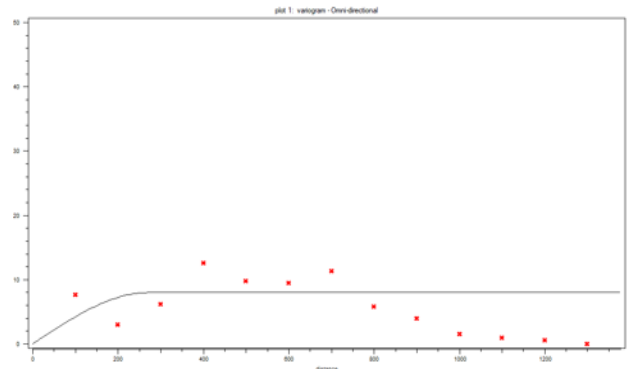


**Gambar 27.** Variogram Horizontal Azimuth 180 Kadar CaO

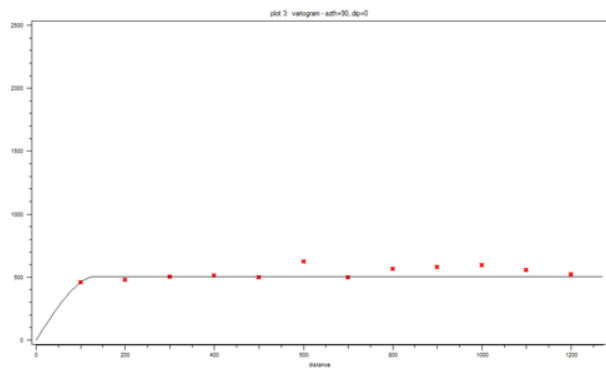
Adapun hasil variogram horizontal untuk kadar MgO pada batugamping secara berturut – turut dapat dilihat pada gambar 28-gambar 32.



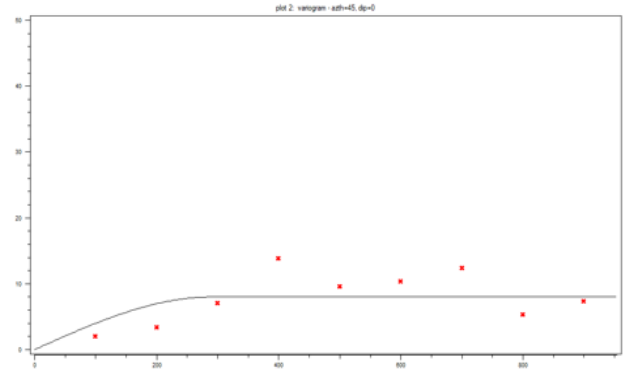
**Gambar 24.** Variogram Horizontal Azimuth 45 Kadar CaO



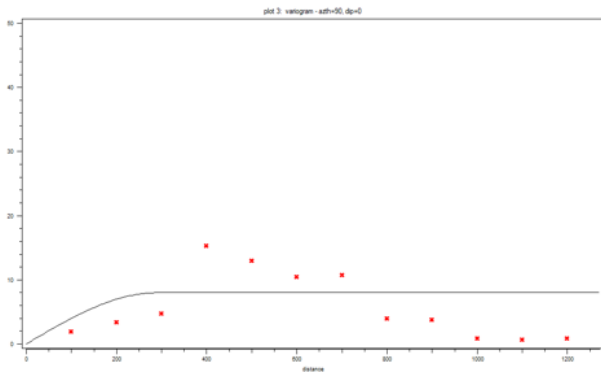
**Gambar 28.** Variogram Horizontal Azimuth 0 Kadar MgO



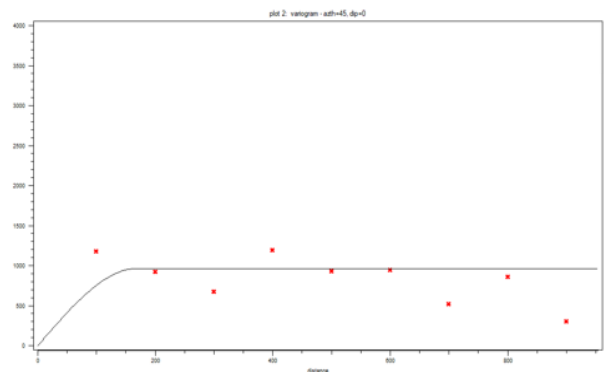
**Gambar 25.** Variogram Horizontal Azimuth 90 Kadar CaO



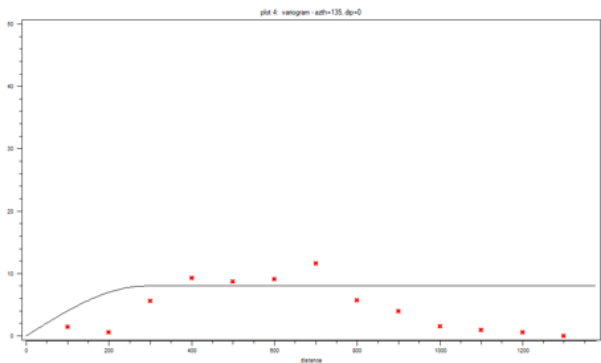
**Gambar 29.** Variogram Horizontal Azimuth 45 Kadar MgO



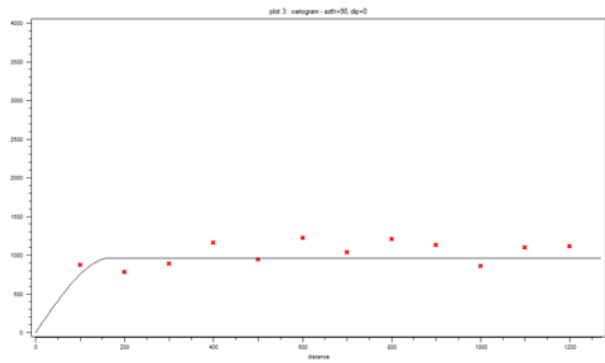
**Gambar 30.** Variogram Horizontal Azimuth 90 Kadar MgO



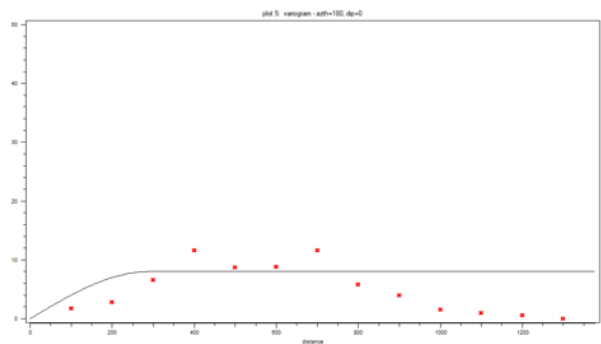
**Gambar 34.** Variogram Horizontal Azimuth 45 Kadar SiO<sub>2</sub>



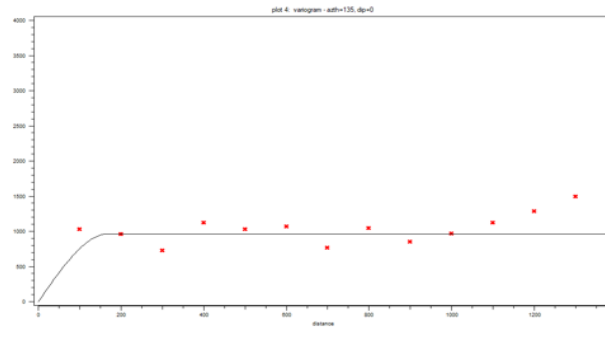
**Gambar 31.** Variogram Horizontal Azimuth 135 Kadar MgO



**Gambar 35.** Variogram Horizontal Azimuth 90 Kadar SiO<sub>2</sub>

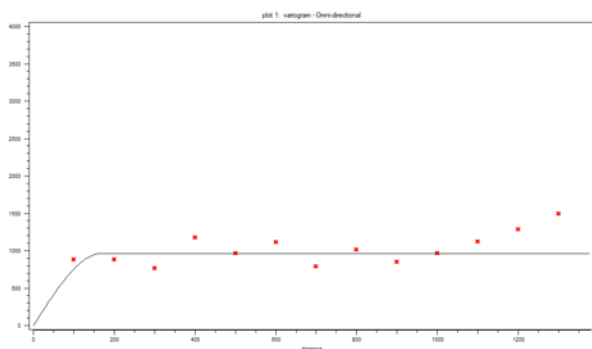


**Gambar 32.** Variogram Horizontal Azimuth 180 Kadar MgO

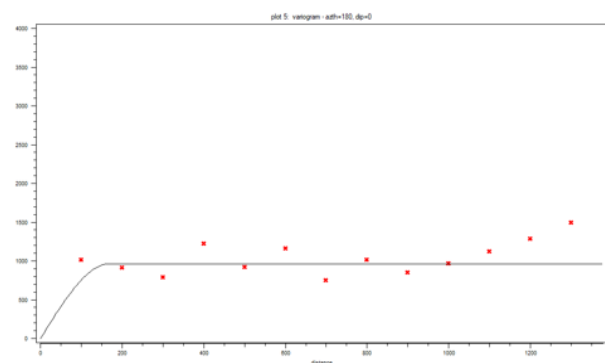


**Gambar 36.** Variogram Horizontal Azimuth 135 Kadar SiO<sub>2</sub>

Adapun hasil variogram horizontal untuk kadar SiO<sub>2</sub> pada batugamping secara berturut – turut dapat dilihat pada gambar 33-gambar 37.

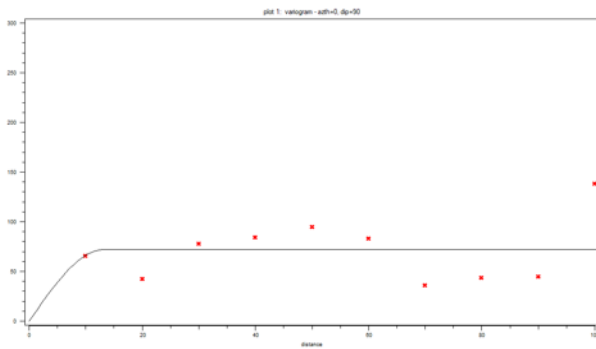


**Gambar 33.** Variogram Horizontal Azimuth 0 Kadar SiO<sub>2</sub>

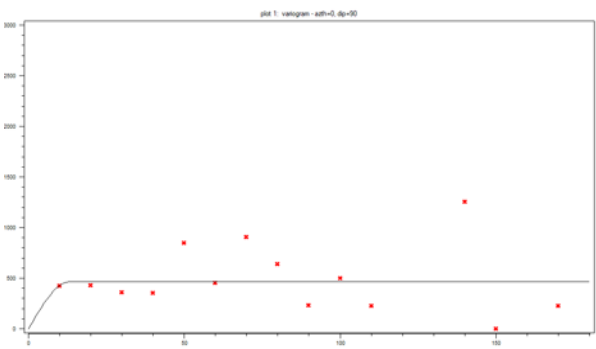


**Gambar 37.** Variogram Horizontal Azimuth 180 Kadar SiO<sub>2</sub>

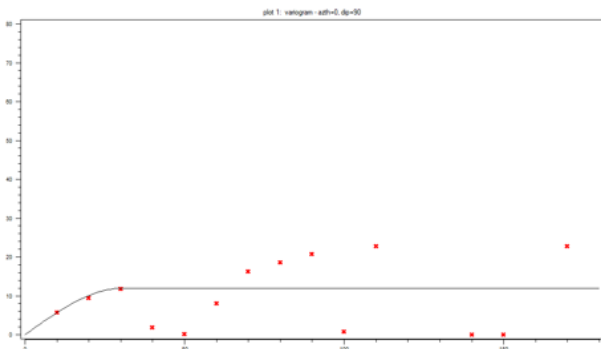
Hasil variogram untuk arah vertikal pada kadar  $Al_2O_3$ ,  $CaO$ ,  $MgO$ , dan  $SiO_2$  pada batugamping secara berturut-turut dapat dilihat pada Gambar 38 – Gambar 41.



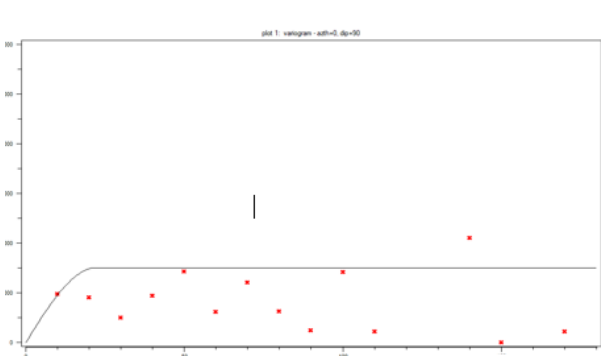
Gambar 38. Variogram Model Vertikal Kadar  $Al_2O_3$



Gambar 39. Variogram Model Vertikal Kadar  $CaO$



Gambar 40. Variogram Model Vertikal Kadar  $MgO$



Gambar 41 Variogram Model Vertikal Kadar  $SiO_2$

Hasil yang diperoleh dari proses perhitungan variogram tersebut berupa nilai parameter *range* ( $a$ ), *sill* ( $c$ ), dan *nugget variance* ( $C_0$ ) yang akan digunakan pada proses

selanjutnya yaitu estimasi dengan menggunakan krigging. Adapun parameter-parameter hasil *fitting* variogram secara horizontal dan vertikal dari data kadar pada batugamping diatas dapat ditunjukkan pada tabel 3.

Tabel 3. Parameter variogram eksperimental kadar  $Al_2O_3$ ,  $CaO$ ,  $MgO$ , dan  $SiO_2$  pada batugamping.

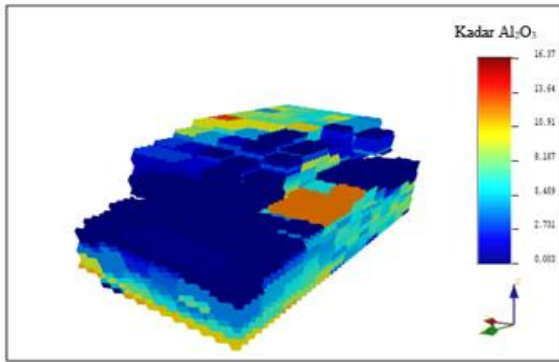
Batuan	Parameter	Unsur			
		$Al_2O_3$	$CaO$	$MgO$	$SiO_2$
Batugamping (Arah Azimuth 0)	Nugget variance ( $C_0$ )	0	0	0	0
	Sill ( $C$ )	51	506	8	965
	Total sill ( $C_0 + C$ )	51	506	8	965
	Persentase nugget effect	0	0	0	0
	Range ( $a$ ), (m)	128	119	272	170
Batugamping (Arah Azimuth 45)	Nugget variance ( $C_0$ )	0	0	0	0
	Sill ( $C$ )	48	506	8	965
	Total sill ( $C_0 + C$ )	48	506	8	965
	Persentase nugget effect	0	0	0	0
	Range ( $a$ ), (m)	160	119	289	170
Batugamping (Arah Azimuth 90)	Nugget variance ( $C_0$ )	0	0	0	0
	Sill ( $C$ )	50.35	506	8	965
	Total sill ( $C_0 + C$ )	50.35	506	8	965
	Persentase nugget effect	0	0	0	0
	Range ( $a$ ), (m)	128	136	289	170
Batugamping (Arah Azimuth 135)	Nugget variance ( $C_0$ )	0	0	0	0
	Sill ( $C$ )	51	506	8	965
	Total sill ( $C_0 + C$ )	51	506	8	965
	Persentase nugget effect	0	0	0	0
	Range ( $a$ ), (m)	128	119	289	170
Batugamping (Arah Azimuth 180)	Nugget variance ( $C_0$ )	0	0	0	0
	Sill ( $C$ )	51	506	8	965
	Total sill ( $C_0 + C$ )	51	506	8	965
	Persentase nugget effect	0	0	0	0
	Range ( $a$ ), (m)	128	119	272	170
Batugamping (Arah vertical)	Nugget variance ( $C_0$ )	0	0	0	0
	Sill ( $C$ )	72	465	12	800
	Total sill ( $C_0 + C$ )	72	465	12	800
	Persentase nugget effect	0	0	0	0
	Range ( $a$ ), (m)	13.2	13.2	35.2	22

#### 4.5 Estimasi Krigging

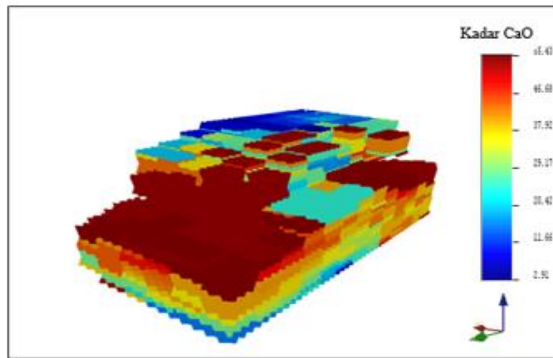
Estimasi dengan metode krigging ini menggunakan parameter – parameter sebagai berikut:

- Data yang digunakan berjumlah 22 data bor
- Luas daerah pencarian (*search area*) berupa *ellipsoid* yang dinyatakan dengan parameter sumbu yaitu :  $R_{max} = 300$  meter,  $R_{med} = 300$  meter, dan  $R_{min} = 10$  meter. Pemilihan nilai  $R_{max}$  sebesar 300 meter karena disesuaikan dengan area estimasi terjauh. Pemilihan sudut  $0^\circ$  karena pada endapan batugamping memiliki sifat keseragaman yang tinggi (homogen)
- Untuk parameter hasil variogram (*nugget effect*, *sill*, dan *range*) disesuaikan dengan hasil sebelumnya pada per masing-masing kadar  $Al_2O_3$ ,  $CaO$ ,  $MgO$ , dan  $SiO_2$ . Untuk parameter sudut yaitu  $\alpha$ ,  $\beta$ , dan  $\theta$  yang semua sudutnya dibuat bernilai 0.

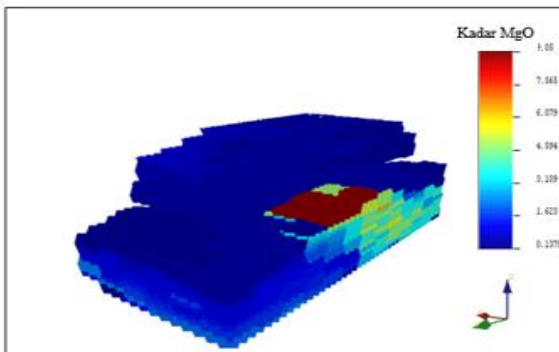
Hasil estimasi krigging masing-masing kadar  $Al_2O_3$ ,  $CaO$ ,  $MgO$ , dan  $SiO_2$  pada batugamping yang telah dibuat dapat dilihat pada gambar 42-gambar 45.



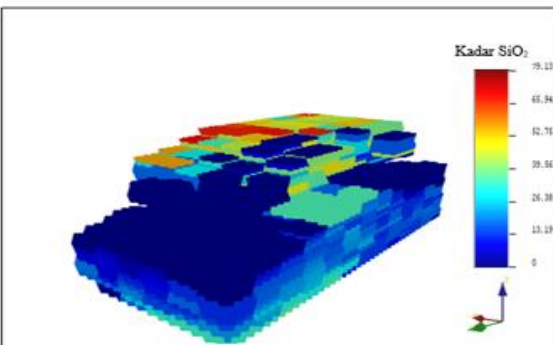
**Gambar 42.** Block ukuran 100 x 100 x 15 meter hasil estimasi krigging kadar  $Al_2O_3$  pada batugamping



**Gambar 43.** Block ukuran 100 x 100 x 15 meter hasil estimasi krigging kadar CaO pada batugamping



**Gambar 44.** Block ukuran 100 x 100 x 15 meter hasil estimasi krigging kadar MgO pada batugamping

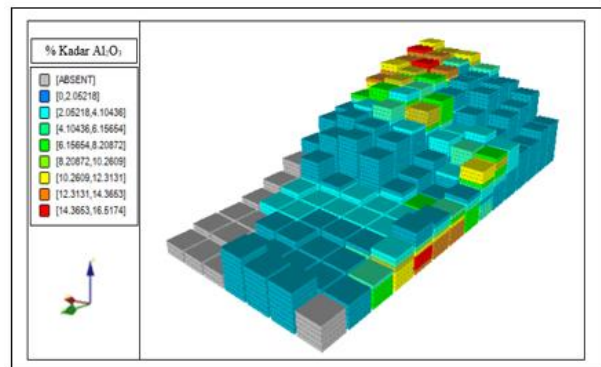


**Gambar 45.** Block ukuran 100 x 100 x 15 meter hasil estimasi krigging kadar  $SiO_2$  pada batugamping

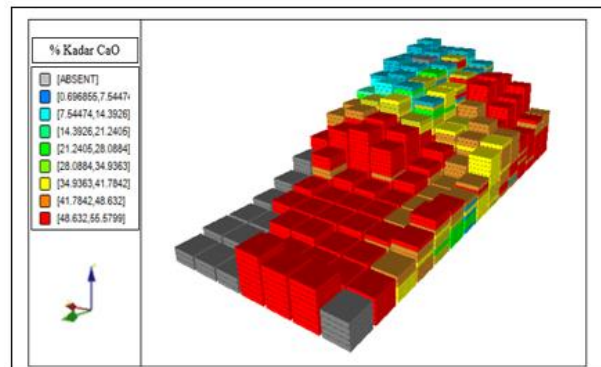
#### 4.6 Koreksi Topografi hasil Estimasi Krigging

Blok model yang telah diestimasi dengan *krigging* mengandung informasi mengenai nilai nilai kadar  $Al_2O_3$ , CaO, MgO, dan  $SiO_2$  hasil estimasi. Informasi tersebut sangat penting untuk proses selanjutnya yaitu mengestimasi cadangan batugamping di daerah penelitian tersebut. Estimasi kadar – kadar menggunakan metoda *krigging* dengan nilai *cut – off* tertentu sesuai dengan persyaratan kualitas batugamping. Sebelum melakukan perhitungan cadangan, model tersebut harus dikoreksi sesuai nilai topografi aktual daerah perhitungan [2].

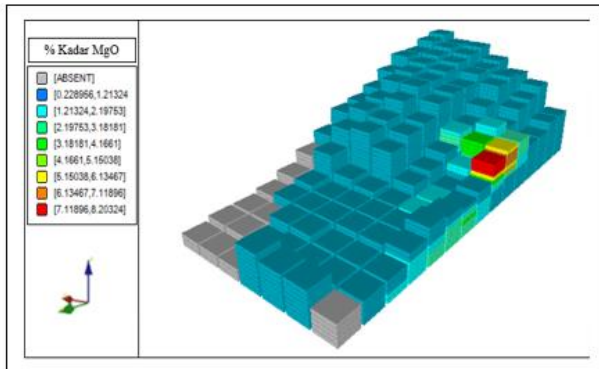
Koreksi model tersebut tidak dapat dilakukan dengan program *SGemS* sehingga harus dilakukan dengan *software* pertambangan lain, yaitu *software Datamine Studio 3* dimana yang menjadi bahan koreksi adalah *output* nilai dari model tersebut, yang pada akhirnya nilai hasil koreksi akan dimodelkan dengan mempresentasikan penyebaran kualitas dan cadangan batugamping hasil krigging blok tiga dimensi. Persyaratan kualitas batugamping yang ditetapkan oleh PT. Semen Padang dimana kadar kadar untuk  $CaO \geq 48\%$  dan  $SiO_2 < 7\%$ . Adapun hasil koreksi topografi hasil estimasi krigging dari kadar  $Al_2O_3$ , CaO, MgO, dan  $SiO_2$  ini dapat dilihat di bawah ini pada gambar 22 – gambar 25.



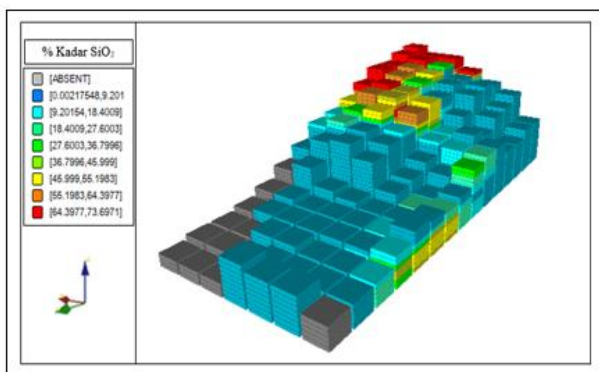
**Gambar 46.** Hasil koreksi topografi block ukuran 100 x 100 x 15 meter kadar  $Al_2O_3$  pada batugamping.



**Gambar 47.** Hasil koreksi topografi block ukuran 100 x 100 x 15 meter kadar CaO pada batugamping.



**Gambar 48.** Hasil koreksi topografi block ukuran 100 x 100 x 15 meter kadar MgO pada batugamping



**Gambar 49.** Hasil koreksi topografi block ukuran 100 x 100 x 15 meter kadar SiO<sub>2</sub> pada batugamping

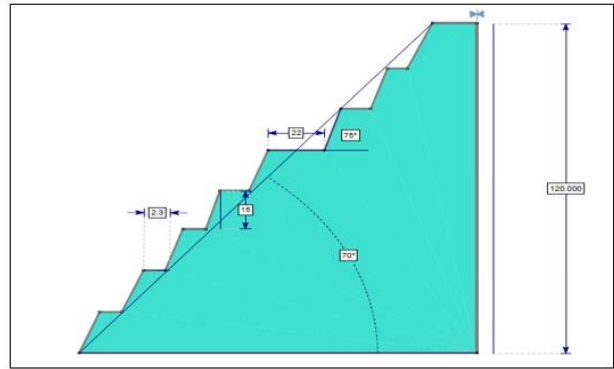
#### 4.7 Perhitungan Sumberdaya dengan Metode Ordinary Krigging

Pemodelan sumberdaya dilakukan berdasarkan pada kerangka pemodelan blok dimana perhitungan sumberdaya dilakukan pada elevasi +142 mdpl - +590 mdpl. Prinsip perhitungan volume adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Vol. batupapur} &= \sum_{i=1}^{ni} X_i, Y_i, Z_i \times \text{jumlah blok} \quad (10) \\
 &= (100 \times 100 \times 15) \text{ m}^3 \times 1112 \text{ blok} \\
 &= 166.800.000 \text{ m}^3 \\
 \text{Tonnase Total} &= \sum_{i=1}^{ni} X_i, Y_i, Z_i \times n.\text{blok} \times \text{densitas } (\rho) \\
 &= \sum_{i=1}^{ni} X_i, Y_i, Z_i \times \Sigma \text{ blok} \times 2.65 \text{ ton/m}^3 \\
 &= (100 \times 100 \times 15) \text{ m}^3 \times 1112 \times 2.65 \text{ ton/m}^3 \\
 &= 442.020.000 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

#### 4.8 Rencana Geoteknik

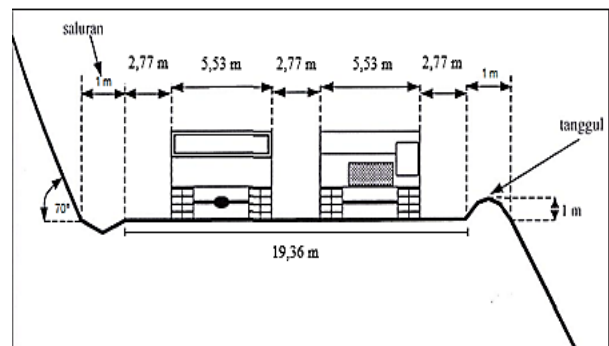
Berdasarkan hasil pengujian geoteknik yang telah dilakukan oleh pihak PT. Semen Padang, parameter batuan yang akan digunakan untuk analisis kemantapan lereng baik tunggal maupun keseluruhan adalah sebagai berikut, bobot isi jenuh ( $\gamma_{\text{sat}}$ ) = 2,7 ton/m<sup>3</sup>, kohesi (C) = 18 ton/m<sup>2</sup>, dan sudut geser dalam ( $\phi$ ) = 21<sup>0</sup> dengan tinggi lereng tunggal 15 meter dan single slope 70<sup>0</sup>.



**Gambar 50.** Individual Slope dan Overall Slope

#### 4.9 Rencana Geometri Jalan Tambang

Dari hasil perhitungan diketahui jalan angkut yang harus dibuat adalah 19.36 meter untuk jalan lurus dan 22.30 meter untuk jalan pada tikungan jumlah jalur (n) jalan yang digunakan adalah dua jalur yang digunakan untuk memproduksi batugamping di front penambangan III B - IV B.



**Gambar 51.** Lebar Jalan Angkut Minimum Pada Jalan Lurus

#### 4.10 Waktu Kerja Efektif dan Rekapitulasi Produksi Batugamping

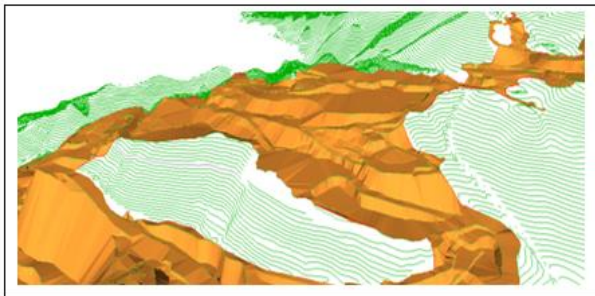
Perancangan *design quarry* penambangan batugamping dibuat berdasarkan target produksi di Front III B-IV B sebesar 550.000 ton/bulan. Waktu kerja efektif dan rekapitulasi produksi Batugamping dapat dilihat pada tabel 4.

**Tabel 4.** Waktu Kerja Efektif dan Rekapitulas Produksi

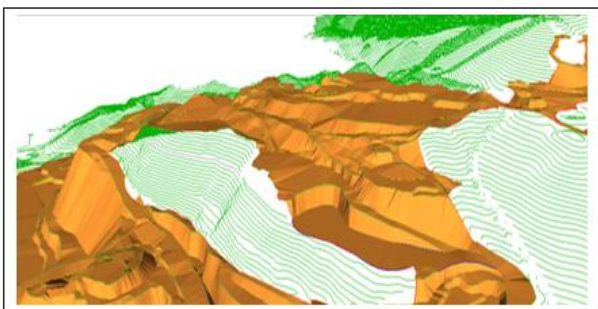
DESCRIPTION	PLAN		April	May	June	July	August
Date	Satuan	Nilai	1 - 30	1 - 31	1 - 30	1 - 31	1 - 31
Days in year	Days	-	30	31	30	31	31
HoliDays	Days	-	2	2	3	0	1
Hari kerja	Days	-	28	29	27	31	30
Jam Kerja Efektif / bulan	Hours	16.16	452.48	468.64	436.32	500.96	484.8
Target Produksi	Ton / Month		550000	550000	550000	550000	550000
	Ton / Hours		1215.5	1173.6	1260.5	1097.9	1134.5
Produktivitas Excavator	Komatsu PC-1800 Ton / Hours		1179.84	1179.84	1179.84	1179.84	1179.84
Jumlah Excavator	Unit		1.030	0.995	1.068	0.931	0.962
	Unit		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Produktivitas Dumptruck	HD-785-7 Ton / Hours		248.11	248.11	248.11	248.11	248.11
Jumlah Dumptruck	Unit		4.90	4.73	5.08	4.43	4.57
	Unit		5.00	5.00	5.00	4.00	5.00
Match Factor	Real		1.05	1.05	1.05	0.84	1.05

#### 4.11 Design Quarry Penambangan

Rancangan *design quarry* yang berada di front III B-IV B mengacu kepada keadaan topografi pada bulan Maret 2017 dimana front penambangan berada pada elevasi +463 hingga +485 mdpl. Berikut merupakan gambaran dan Penjelasan *sequence* penambangan dari bulan April 2017-Agustus 2017 dapat dilihat pada gambar 52-gambar 57:



**Gambar 52.** Tampilan 3D Tambang Bulan Maret 2017

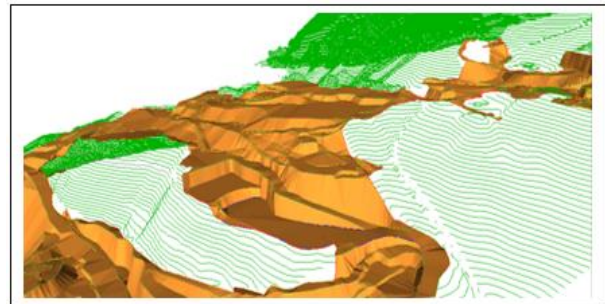


**Gambar 53.** Tampilan 3D Tambang Bulan April 2017

Penambangan pada bulan April 2017 memiliki jumlah jam kerja efektif selama 452.48 jam. Target produksi

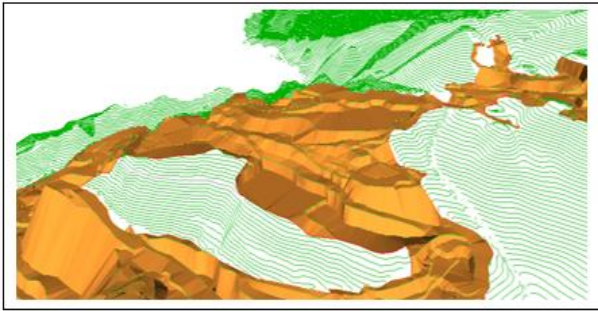
berdasarkan kemampuan alat adalah sebesar 533.854 Ton batukapur. Akses utama menuju lokasi penambangan

pada bulan April ini menggunakan akses jalan tambang pada bulan Maret sebelumnya. Dengan memperhatikan *design quarry* pada bulan Maret 2017, maka penambangan dilanjutkan dengan penurunan elevasi dari +463 mdpl ke +452 mdpl. Pada rancangan *design quarry* bulan April ini dapat membongkar 6.535,71 Bcm waste dan 552.001,89 Ton batukapur



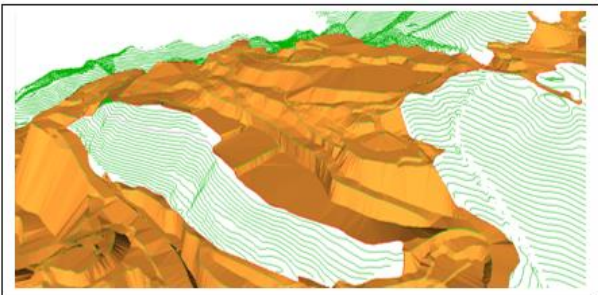
**Gambar 54.** Tampilan 3D Tambang Bulan Mei 2017

Penambangan pada bulan Mei 2017 memiliki jumlah jam kerja efektif selama 468.64 jam. Target produksi berdasarkan kemampuan alat adalah sebesar 552.920,22 Ton batukapur. Akses utama menuju lokasi penambangan pada bulan Mei ini menggunakan jalan akses yang digunakan juga pada bulan April 2017. Dengan memperhatikan arah penambangan sesuai dengan penjadwalan *design quarry* pada bulan April 2017, penambangan dilanjutkan ke arah timur sepanjang 74 meter yang dimulai dari level +488 mdpl ke elevasi +465 mdpl. Pada rancangan *design pit* bulan April ini dapat membongkar 6.535,71 Bcm waste dan 569.286,38 Ton batukapur.



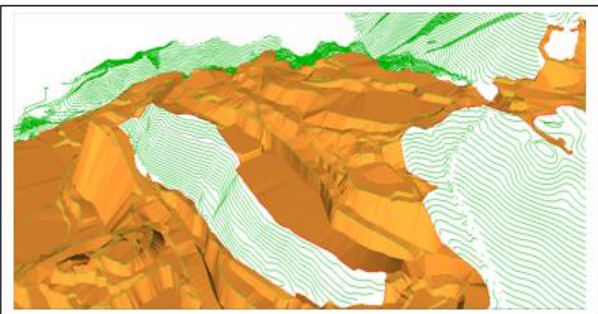
**Gambar 55.** Tampilan 3D Tambang Bulan Juni 2017

Penambangan pada bulan Juni 2017 memiliki jumlah jam kerja efektif selama 436.32 jam. Target produksi berdasarkan kemampuan alat adalah sebesar 514.787,79 Ton batukapur. Penambangan dilanjutkan ke arah timur sepanjang 85,5 meter yang dimulai dari level +488 mdpl ke elevasi +465 mdpl. Pada rancangan *design quarry* bulan Juni 2017 ini dapat membongkar 5000 Bcm waste dan 582.636,13 Ton batukapur.



**Gambar 56.** Tampilan 3D Tambang Bulan Juli 2017

Penambangan pada bulan Juli 2017 memiliki jumlah jam kerja efektif selama 500.96 jam. Akses utama menuju lokasi penambangan pada bulan Juli ini menggunakan akses jalan tambang yang baru tepatnya pada akses masuk dari Front VB dengan grade jalan sebesar 10 %. Penambangan dilanjutkan dengan menggunakan dua *fleet* ke arah timur sepanjang 70.3 meter (464,5 mdpl – 452,5 mdpl) dan 115,56 meter (494 mdpl-474 mdpl) Pada rancangan *design quarry* bulan Juni 2017 ini dapat membongkar 29.753 Bcm waste dan 596.955,59 Ton batukapur.



**Gambar 57.** Tampilan 3D Tambang Bulan Agustus 2017

Penambangan pada bulan Agustus memiliki jumlah jam kerja efektif selama 484.8 jam. Penambangan dilanjutkan dengan menggunakan dua *fleet* ke arah timur sepanjang

82.64 meter (465 mdpl – 453 mdpl) dan penurunan elevasi pada *pushback* sebelumnya (474 mdpl - 465 mdpl) Pada rancangan *design quarry* bulan Agustus ini dapat membongkar 47.000 Bcm waste dan 579.374,91Ton batukapur.

#### 4.12 Perbandingan antara Target Produksi, Kapasitas Alat, dan *Design*

Perbandingan antara target produksi, kapasitas alat, dan *design* dapat dilihat pada tabel 5.

**Tabel 5.** Perbandingan antara Target Produksi, Kapasitas Alat, dan *Design*

No	Month	Jumlah Jam Kerja	Produksi(Tonnase Limestone)		
			Perusahaan	Alat	<i>Design</i>
1	April	452,48	550.000	533.854	552.001,8
2	May	468,64	550.000	552.920,2	596.286,3
3	June	436,32	550.000	514.787,7	582.636,1
4	July	500,96	550.000	591.052,6	596.955,6
5	August	484,8	550.000	571.986,4	579.374,9

#### 4.13 Biaya Operasi Penambangan

Perhitungan biaya lebih dikaitkan kepada *operating cost* dari alat *loading* dan *hauling* yang bekerja di front III B – IV B . Biaya penambangan untuk bulan April – Agustus 2017 dihitung berdasarkan pengeluaran terhadap biaya operasional dalam pengupasan *overburden* dan pengambilan batukapur. Biaya operasional untuk masing-masing alat dapat dilihat pada tabel 6. berikut ini:

**Tabel 6.** Biaya Operasi Penambangan

Month	Heavy Equipment	Productivity Ton / hour	Unit	Working Hour / Month	Operating Cost / Hour	Operating Cost Month	Total Cost
April	Exc Komatsu PC 300	373.03	1	32	\$32.999	\$1055.98	\$160243.46
	Hino FM260JD	63.96	6	32	\$13.992	\$2686.37	
	Exc Komatsu PC - 1800	1179.84	1	452.48	\$116.40	\$52668.64	
	HD 785-7	248.11	5	452.48	\$45.895	\$103832.47	
May	Exc Komatsu PC 300	-	-	-	\$-	\$-	\$162090.44
	Hino FM260JD	-	-	-	\$-	\$-	
	Exc Komatsu PC - 1800	1179.84	1	468.64	\$116.40	\$54549.67	
	HD 785-7	248.11	5	468.64	\$45.895	\$107540.77	
June	Exc Komatsu PC 300	373.03	1	24	\$32.999	\$791.98	\$136950.57
	Hino FM260JD	63.96	6	24	\$13.992	\$2014.78	
	Exc Komatsu PC - 1800	1179.84	1	387.84	\$116.40	\$45144.55	
	HD 785-7	248.11	5	387.84	\$45.895	\$88999.26	
July	Exc Komatsu PC 300	373.03	1	160	\$32.999	\$5279.88	\$168989.36
	Hino FM260JD	63.96	6	160	\$13.992	\$13431.87	
	Exc Komatsu PC - 1800	1179.84	1	500.96	\$116.40	\$58311.71	
	HD 785-7	248.11	4	500.96	\$45.895	\$91965.90	
August	Exc Komatsu PC 300	373.03	1	248	\$32.999	\$8183.81	\$196682.98
	Hino FM260JD	63.96	6	248	\$13.992	\$20819.40	
	Exc Komatsu PC - 1800	1179.84	1	484.8	\$116.40	\$56430.69	
	HD 785-7	248.11	5	484.8	\$45.895	\$111249.07	

## 5. Kesimpulan dan Saran

### 5.1 Kesimpulan

1. Dari hasil analisis statistik dapat diketahui karakteristik batugamping bahwa:
  - a. Data kadar  $Al_2O_3$ ,  $MgO$ , dan  $SiO_2$  pada batugamping memiliki distribusi data cenderung mengelompok pada kadar relatif rendah sedangkan data kadar  $CaO$  pada batugamping memiliki distribusi data yang cenderung mengelompok pada kadar relatif tinggi.
  - b. Dari hasil perhitungan variogram dalam batugamping dapat diketahui karakteristik sebagai berikut:
    1. Persentase *nugget effect* untuk kadar  $Al_2O_3$ ,  $CaO$ ,  $MgO$ , dan  $SiO_2$  adalah sebesar 0 %.
    2. Range (a) untuk arah 0, 45, 90, dan 135 secara berturut-turut untuk kadar  $Al_2O_3$ ,  $CaO$ ,  $MgO$ , dan  $SiO_2$  adalah sebesar 119 m, 119 m, 289 m, dan 170 m.
    3. Range (a) untuk kadar  $Al_2O_3$ ,  $CaO$ ,  $MgO$ , dan  $SiO_2$  untuk arah vertical adalah sebesar 13.2 m, 13.2 m, 35.2 m, dan 22 m.
2. Jumlah sumberdaya batugamping menggunakan pendekatan geostatistik – metoda *kriging* didapatkan tonnase batugamping sebesar 442.020.000 ton
3. Perhitungan volume bahan galian berdasarkan :
  - a. Kemampuan alat gali muat utama dalam melakukan gali muat batukapur yaitu Excavator Komatsu PC-1800 memiliki produktivitas 1179.84 ton/jam. Pada bulan April yang memiliki jam kerja efektif selama 452.48 jam mampu memuat sebanyak 533.854 ton batukapur. Pada bulan Mei yang memiliki jam kerja efektif selama 468.64 jam mampu memuat sebanyak 552.920,22 ton batukapur. Pada bulan Juni yang memiliki jam kerja efektif selama 436.32 jam mampu memuat sebanyak 514.787,79 ton batukapur. Pada bulan Juli yang memiliki jam kerja efektif selama 500.96 jam mampu memuat sebanyak 596.955,59 ton batukapur. Dan terakhir, pada bulan Agustus yang memiliki jam kerja efektif selama 484.8 jam mampu memuat sebanyak 571.986,43 ton batukapur.
  - b. *Design pit* bulan April – Agustus 2017 dengan rincian yaitu pada bulan April pengupasan *overburden* sebesar 6.535,71 Bcm dan 552.001,89 Ton batukapur. Pada bulan Mei pengupasan batukapur sebesar 569.286,38 Ton. Pada bulan Juni pengupasan *overburden* sebesar 5000 Bcm waste dan 582.636,13 Ton batukapur. Pada bulan Juni pengupasan *overburden* sebesar 29.753 Bcm dan 596.955,59 Ton batukapur. Pada bulan Agustus pengupasan *overburden* sebesar 47.000 Bcm dan 579.374,91 Ton batukapur.

4. Jumlah kebutuhan alat gali – muat dan angkut yang digunakan untuk memenuhi target produksi pada bulan April – Agustus 2017 di Front III B – IV B yaitu 1 unit excavator Komatsu PC-300 dan 6 unit Dumptruck Hino FM 260 JD untuk pengupasan *overburden* dan 1 unit excavator Komatsu PC-1800 dan 5 unit Dumptruck HD 785-7 untuk pengambilan batukapur.
5. Bentuk *design pit* kemajuan penambangan untuk bulan April hingga agustus 2017 di Front III B – IV B PT. Semen Padang dirancang sesuai dengan parameter – parameter yang digunakan. Dimana lebar jalan yang digunakan adalah 20 meter sedangkan untuk geometri lereng tunggal dengan tinggi 15 meter dengan sudut *single slope*  $75^\circ$  dan *overall slope*  $80^\circ$ .
6. Biaya operasional penambangan terhadap alat *loading* dan *hauling* untuk penambangan batukapur yang dikeluarkan pada bulan April adalah sebesar \$ 160.243 , bulan Mei sebesar \$ 162.090, bulan Juni sebesar \$ 136.950, Bulan Juli sebesar \$ 168.989, dan bulan Agustus sebesar \$ 196.683.

### 5.2 Saran

1. Diperlukan sense khusus dalam ketentuan *fitting* variogram untuk meminimalisir kesalahan dalam mengestimasi data kualitas persebaran batugamping.
2. Perancangan *design* harus memperhatikan kemampuan dan ketersediaan alat dan lahan yang akan dilakukan pembongkaran. Sedangkan untuk pengerjaan di lapangan hendaknya mengacu pada standard yang telah ditetapkan.
3. Diperlukan pemantauan lebih lanjut untuk mengetahui tingkat keakuratan hasil perhitungan simulasi rancangan kemajuan penambangan dengan kenyataan pelaksanaannya di lapangan pada saat dan setelah operasi penambangan yang dilakukan setiap bulannya oleh pihak PT. Semen Padang.

### Daftar Pustaka

- [1] Taufiqurrahman, Reza, Dedi Yulhendra, dan Adree Octova..*Perbandingan Estimasi Sumberdaya Batubara Menggunakan Metode Ordinari Krigging dan Metode Cross Section di PT. Nan Riang,Jambi*. Volume 2, 1.(2015)
- [2] Gusman, Mulya. *Estimasi Cadangan Batugamping dengan Metoda Krigging Block 3 (Tiga) Dimensi Studi Kasus : Endapan Batugamping PT. Semen Padang*. ITB : Bandung.(2009)
- [3] Yulhendra, Dedi dan Yoszi Mingsi Anaperta. *Estimasi Sumberdaya Batubara dengan Menggunakan Geostatistik (Krigging)*. Volume 6, 2.(2013)



- [4] Mojahedfar dan Gholamnejad. *Determination of The Largest Pit with Non- Negative Net Profit in Open Pit Mines*. Volume 1, 2. (2010)
- [5] Fernando, Maryanto, dan Chusharini Chamid. *Perancangan Pit II Penambangan Batubara Sistem Tambang Terbuka Pada Blok 3 PT . Tri Bakti Sarimas Desa Ibul, Kecamatan Kuantan Mudik Kabupaten Kuantan Singingi Prov. Riau*. (2015)
- [6] Nur, Pratomo Kurniawan dkk. *Evaluasi Jalan Angkut dari Front Tambang Andesit ke Crusher II pada Penambangan Batu Andesit di PT. Gunung Kecapi, Kabupaten Purwakarta, Provinsi Jawa Barat*. Volume 1, 2 (2016)
- [7] Suwandhi, Awang. *Perencanaan Jalan Tambang*. Unisba : Bandung. (2004)
- [8] \_\_\_\_\_. *Manual Handbook Komatsu: Spesification and Application Hadnbook Editin 30*.Komastu: Japan. (2009)
- [9] Bayu, Shendy Widhiyansyah dkk. *Rencana Penggantian Alat Gali-Muat dan Alat Angkut Berdasarkan Kajian Teknis dan Ekonomis pada Penambangan Andesit di PT. Panghegar,Mitra Abadi, Kabupaten Bandung, Provinsi Jawa Barat*. Volume 2, 2.(2016)
- [10]Prabowo, Heri. *Pengaruh Intrusi Basalt terhadap Komposisi Kimia dan Kualitas Batugamping Bukit Karang Putih PT. Semen Padang*. ITB : Bandung (2007)