

## **Analisis Produksi Pada Kemajuan Tambang Menggunakan Metode Fotogrametri UAV (Unmanned Aerial Vehicle) di Kuari Batu Gamping PT Semen Indonesia (Persero) Pabrik Tuban Jawa Timur**

Edy Nursanto, Faishal Insanul Jamal, Nur Ali Amri

Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, UPN "Veteran" Yogyakarta  
Jl. SWK 104 (Lingkar Utara), Yogyakarta 55283 Indonesia  
Email: nuraliamri@upnyk.co.id

### **ABSTRACT**

*PT Semen Indonesia (Persero) Tbk is a state-owned company that operates in the cement industry in Indonesia and even abroad, located in Sumberarum Village, Kerek District, Tuban Regency, East Java Province. The mining system applied by PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk is an open-pit mine with the Quarry method.*

*The mining activities carried out by PT. Semen Gresik (Persero) Tbk in its implementation needs to do production calculations to determine the achievement of production targets set by the company. Production calculations can be done with the measurement method using the total station directly on the field or in a weighted manner. But the method requires more labor and time and costs to be incurred by the company. So from that it is necessary for a new breakthrough that is innovative and efficient in determining the production at PT. Semen Gresik (Persero) Tbk so that it can save time and minimize costs borne by the company.*

*The method used in this study is uav photogrammetry (unmanned aerial vehicle). Photogrammetry is a method of mapping objects on the surface of the earth that use aerial photographs as a medium, where object interpretation and geometric measurements are carried out to produce line maps, digital maps and photo maps.*

*All orthophoto results from aerial photo processing were carried out with geometric accuracy tests to obtain geometry accuracy with a scale of 1: 500 and parameter Circular Error (CE90) and LinierError (LE90) values according to Perka BIG Number 15 of 2014. All vertical accuracy is in class 1, while for horizontal accuracy there are 2 measurements in class 2. All Digital Terrain Models (DTM) of the UAV photogrammetry calculated by the tonnage output compared to the daily operating reports of the crusher scales with tonnage output as well. The measurement difference in the XY7 block was 424.2 tons (2.63%), IJ13 blocks were 239 tons (2.68%) and BB8 blocks were 335.4 tons (2.31%). Then the difference in the average calculation is obtained by 2.54%.*

*This measurement is carried out with a confidence level test using a student T-table with a confidence level of 95% and an expected measurement difference of 2.5%. This measurement has a calculation difference of 2.54, with 3 sample sizes. Then obtained a standard deviation of 0.2 and a calculated T value of 0.34. This calculated T value is compared to the T-table value with  $\alpha$  0.025;  $2 = 4.30265$ . The hypothesis is accepted because the calculated T value is in the reception area. The conclusion is that the results of sample measurements do not differ greatly from the expected measurements.*

*Keywords: Production, Photogrammetry, Unmanned Aerial Vehicle*

### **ABSTRAK**

PT Semen Indonesia (Persero) Tbk merupakan perusahaan BUMN (Badan Usaha Milik Negara) yang bergerak di dalam industri semen di Indonesia bahkan mancanegara yang berlokasi di Desa Sumberarum, Kecamatan Kerek, Kabupaten Tuban, Provinsi Jawa Timur. Sistem penambangan yang diterapkan PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk adalah tambang terbuka dengan metode *Quarry*.

Adapun kegiatan penambangan yang dilakukan PT. Semen Gresik (Persero) Tbk dalam pelaksanaannya perlu dilakukan perhitungan produksi untuk mengetahui ketercapaian target produksi yang telah ditetapkan oleh perusahaan. Perhitungan produksi dapat dilakukan dengan metode pengukuran menggunakan total station secara langsung di lapangan atau secara ditimbang. Namun metode tersebut membutuhkan tenaga kerja dan waktu serta biaya yang lebih harus dikeluarkan oleh perusahaan. Maka dari itu perlu adanya terobosan baru yang inovatif serta efisien menentukan hasil produksi di PT. Semen Gresik (Persero) Tbk sehingga dapat menghemat waktu serta meminimalisir biaya yang ditanggung perusahaan.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah fotogrametri uav (unmanned aerial vehicle). Fotogrametri adalah suatu metode pemetaan objek-objek dipermukaan bumi yang menggunakan foto udara sebagai media, dimana dilakukan penafsiran objek dan pengukuran geometri untuk selanjutnya dihasilkan peta garis, peta digital maupun peta foto.

Seluruh orthofoto hasil dari pengolahan foto udara dilakukan uji ketelitian geometri untuk mendapatkan ketelitian geometri dengan skala 1:500 dan parameter nilai *Circular Error* (CE90) dan *LinierError* (LE90) sesuai Perka BIG Nomor 15 Tahun 2014. Seluruh ketelitian vertikal berada pada kelas 1, sedangkan untuk ketelitian horisontal terdapat 2 pengukuran berada pada kelas 2. Seluruh *Digital Terrain Model* (DTM) dari hasil fotogrametri UAV yang telah dihitung volumenya dengan output tonase dibandingkan terhadap laporan operasi harian dari timbangan *crusher* dengan output tonase juga. Selisih pengukuran pada blok XY7 sebesar 424,2 ton (2,63%), blok IJ13 sebesar 239 ton (2,68%) dan blok BB8 sebesar 335,4 ton (2,31%). Maka diperoleh selisih rata-rata perhitungan sebesar 2,54%.

Pengukuran ini dilakukan uji tingkat kepercayaan menggunakan tabel *T-student* dengan tingkat kepercayaan 95% dan selisih pengukuran yang diharapkan sebesar 2,5%. Pengukuran ini memiliki selisih perhitungan sebesar 2,54, dengan 3 jumlah sampel. Maka didapatkan simpangan baku sebesar 0,2 dan nilai T hitung sebesar 0,34. Nilai T hitung ini dibandingkan terhadap nilai *T-table* dengan  $\alpha 0,025; 2 = 4,30265$ . Hipotesa diterima karena nilai T hitung berada pada daerah penerimaan. Kesimpulannya yaitu hasil pengukuran sampel tidak berbeda jauh dengan pengukuran yang diharapkan.

Kata Kunci: Produksi, *Fotogrametri*, *Unmanned Aerial Vehicle*

## I. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Sumber daya alam merupakan salah satu modal dasar dalam pembangunan nasional, oleh karena itu harus dimanfaatkan sebesar-besarnya untuk kepentingan rakyat dengan memperhatikan kelestarian lingkungan hidup sekitarnya. Salah satu kegiatan dalam memanfaatkan sumber daya alam adalah kegiatan penambangan bahan galian. Kegiatan usahapertambangan adalah suatu usaha untuk menggali dan mengolah sumber daya alam yang bersifat tidak dapat diperbaharui (*non renewable*).

Pembangunan tidak terlepas dari bahan baku utama, diantaranya pasir, batu, semen dan lain-lain. PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk merupakan perusahaan BUMN (Badan Usaha Milik Negara) yang bergerak di dalam industri semen di Indonesia bahkan mancanegara. PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk sebagai Holding Company memiliki beberapa lokasi pabrik semen antara lain di Tuban Jawa Timur, Padang Sumatera Barat, Pangkep Sulawesi Tenggara, dan Quang Ninh Vietnam. Lokasi penelitian yang dilakukan berada di Kabupaten Tuban provinsi Jawa Timur, yang terhitung sejak tanggal 1 Januari 2017 kembali lagi menjadi PT. Semen Gresik (Persero) Tbk sebagai bentuk Strategi Holding Company.

Adapun kegiatan penambangan yang dilakukan PT. Semen Gresik (Persero) Tbk dalam pelaksanaannya perlu dilakukan perhitungan produksi untuk mengetahui ketercapaian target produksi yang telah ditetapkan oleh perusahaan. Perhitungan produksi dapat dilakukan dengan metode pengukuran menggunakan total station secara langsung di lapangan atau secara ditimbang. Namun metode tersebut membutuhkan tenaga kerja dan waktu serta biaya yang lebih harus dikeluarkan oleh perusahaan. Maka dari itu perlu adanya terobosan baru yang inovatif serta efisien menentukan hasil produksi di PT. Semen Gresik (Persero) Tbk

sehingga dapat menghemat waktu serta meminimalisir biaya yang ditanggung perusahaan.

### 1.2. Permasalahan

Permasalahan yang terdapat pada penelitian ini adalah:

1. Pengukuran produksi hasil peledakan di kuari batu gamping PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk tidak dapat dilakukan secara cepat.
2. Belum adanya metode pengukuran produksi hasil peledakan pada kemajuan tambang kuari batu gamping PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk secara efisien dan efektif.

### 1.3. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Melakukan penelitian akurasi dan ketelitian geometrik pemetaan udara mengacu pada Perka BIG Nomor 15 Tahun 2014 Tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar.
2. Melakukan pengukuran hasil produksi hasil peledakan pada kemajuan tambang kuari batu gamping di PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk. dengan metode fotogrametri uav (*unmanned aerial vehicle*).
3. Melakukan analisis perbandingan perhitungan produksi menggunakan timbangan terhadap metode fotogrametri uav (*unmanned aerial vehicle*).

### 1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Alat yang digunakan dalam melakukan penelitian ini adalah *drone* jenis *rotary wing drone quadcopter* Dji Phantom 4 Professional.
2. Metode yang digunakan dalam menganalisis produksi adalah metode fotogrametri uav (*unmanned aerial vehicle*) dan data diolah menggunakan *software* Agisoft PhotoScan Professional, Global Mapper 15, Surpac 6.4.1.
3. Daerah penelitian dilakukan di kuari batugamping PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk Pabrik Tuban.

4. Acuan penelitian akurasi dan ketelitian geometrik yaitu Perka BIG Nomor 15 Tahun 2014 Tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar.
5. Tidak memperhitungkan dari sisi ekonomi.

### 1.5. Metodologi Penelitian

Pelaksanaan penelitian analisis produksi kemajuan tambang dengan metode fotogrametri uav (unmanned aerial vehicle) di PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk Desa Sumberarum, Kecamatan Kerek, Kabupaten Tuban, Provinsi Jawa Timur dilaksanakan dengan urutan sebagai berikut:

#### 1.5.1. Studi literatur

Studi literatur bertujuan untuk mencari informasi yang berhubungan dengan penelitian, sehingga diperoleh referensi yang digunakan sebagai acuan dalam penelitian. Studi ini dilakukan dengan mencari bahan-bahan pustaka yang diperoleh dari :

- Arsip penelitian sebelumnya.
- Peta geologi dan peta topografi daerah penelitian.
- Materi sistem informasi geografis yang menunjang penelitian.
- Perka BIG Nomor 15 Tahun 2014

#### 1.5.2. Pengamatan lapangan

Dalam melaksanakan pengamatan lapangan dilakukan hal-hal berikut ini :

1. Melakukan pengamatan secara langsung di lapangan mengenai kondisi geologi, geomorfologi, dan keadaan lokasi penambangan.
2. Menentukan batas pengamatan.
3. Membuat perencanaan pengambilan data di lapangan.
4. Mencocokkan dengan perumusan masalah yang bertujuan agar penelitian yang dilakukan tidak meluas dan data yang diambil dapat digunakan secara efektif.

#### 1.5.3. Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan untuk keperluan analisis. Data yang diambil dari lokasi penelitian berupa data terestrial, spasial dan data dari perusahaan.

Data yang didapat dalam penelitian tersebut meliputi

1. Data Primer:
  - Data hasil pengambilan di lapangan :
    - a. Foto udara
    - b. GCP (*Ground Control Point*)
    - c. Foto keadaan lapangan
2. Data Sekunder:
  - a. Peta topografi daerah penelitian
  - b. Peta geologi daerah penelitian
  - c. Data curah hujan daerah penelitian
  - d. Data perhitungan produksi menggunakan timbangan

#### 1.5.4. PengolahanData

Data-data yang telah terkumpul diolah untuk digunakan sebagai data analisis. Pengolahan data dilakukan dengan memakai perangkat komputer dan analisis statistik.

#### 1.5.5. Analisis data

Analisis dilakukan untuk membandingkan hasil perhitungan produksi kemajuan tambang menggunakan metode fotogrametri uav (*unmanned aerial vehicle*) dengan metode perhitungan dari penimbangan di *crusher*.

#### 1.5.6. Kesimpulan

Kesimpulan diperoleh setelah dilakukan koreksi antara hasil pengolahan data yang telah dilakukan dengan permasalahan yang diteliti. Pada penelitian ini kesimpulan yang didapat yaitu berupa tingkat ketelitian yang dihasilkan dari proses pemetaan udara menggunakan wahana uav (*unmanned aerial vehicle*) yang mengacu pada Perka BIG Nomor 15 Tahun 2014 Tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar. Serta rekomendasi penggunaan metode fotogrametri uav untuk menghitung produksi kemajuan tambang di PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk sebagai metode alternatif yang lebih efisien dan efektif serta *uptodate* dalam penentuan hasil produksi.

### 1.6. Manfaat Penelitian

Dari penelitian diharapkan dapat:

1. Menjadi masukan bagi perusahaan untuk melakukan analisis produksi kemajuan tambang dengan menggunakan metode fotogrametri uav (*unmanned aerial vehicle*).
2. Menjadi metode pengukuran hasil produksi yang lebih efisien dan efektif.
3. Sebagai bahan studi perbandingan untuk penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan kegiatan analisis produksi.

## II. TINJAUAN UMUM

PT Semen Indonesia (Persero) Tbk pabrik Tuban memiliki satu area penambangan batugamping, yaitu area Temandang. Lokasi penelitian berada di seluruh kuari batugamping Temandang berdasarkan lokasi peledakan.

### 2.1. Lokasi dan Kesempaian Daerah

Penelitian dilakukan di sekitar *existing quarry* sekitar 15 km sebelah barat Kota Tuban, yang secara administratif termasuk dalam wilayah Kabupaten Tuban. Secara geografis, daerah penelitian terletak pada koordinat 6°52'04" – 6°54'00" LS dan 111°54'20" – 111°57'10" BT, dengan luas lahan ± 797,4 ha dengan ketinggian maksimum 116 mdpl.

Lokasi tambang berada di sebelah barat laut dari kota Tuban. Daerah tersebut dapat dicapai dari Yogyakarta dengan rute perjalanan sebagai berikut:

1. Dari Yogyakarta menuju Kota Tuban dapat ditempuh dengan jalan darat menggunakan

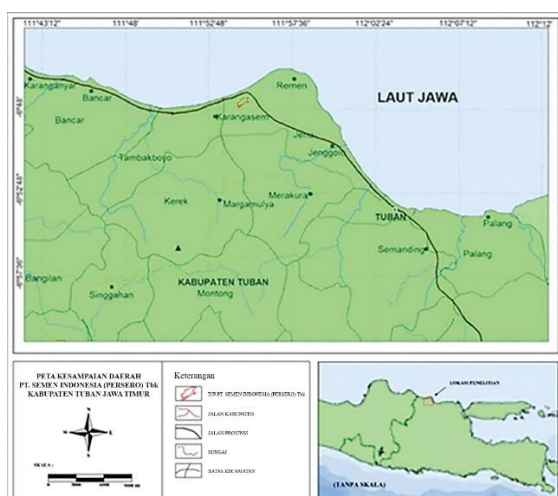
kendaraan roda empat sejauh 262 km melalui Kabupaten Bojonegoro.

2. Perjalanan dilanjutkan dari Kota Tuban ke arah barat laut menuju Desa Kerek yang berjarak  $\pm$  17 km selama 25 menit. Perjalanan ini dapat ditempuh dengan kendaraan roda dua maupun roda empat.

Pada saat memasuki kuari batugamping PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk hanya dapat dilakukan dengan menggunakan kendaraan PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk atau dengan kendaraan PT. United Tractors Semen Gresik (PT. UTSG). Kondisi jalan tambang merupakan jalan aspal dan jalan tanah yang ditutupi oleh lapisan kerakal batugamping yang dipadatkan. Peta kesampaian daerah dapat dilihat pada Gambar 1.

Batas-batas administrasi wilayah penambangan kuari Batugamping Temandang adalah sebagai berikut:

- a. Sebelah Utara berbatasan dengan Kecamatan Tambakboyo.
- b. Sebelah Timur berbatasan dengan Kecamatan Merakurak.
- c. Sebelah Selatan berbatasan dengan Kecamatan Merakurak.
- d. Sebelah Barat berbatasan dengan Kecamatan Kerek.



Gambar 1  
Peta Kesampaian Daerah Penelitian.  
(Seksi Perencanaan dan Pengawasan Tambang, 2017)

### III. HASIL PENELITIAN

#### 3.1. Pengukuran *Ground Control Point*

Pada lokasi penelitian dilakukan pengukuran GCP sebanyak 2 sampai 3 buah per blok peledakannya. Setiap GCP diambil guna untuk melakukan pengoreksian data dan memperbaiki keseluruhan citra yang akhirnya disebut sebagai proses rektifikasi sehingga memiliki sistem referensi sesuai dengan yang dibutuhkan pada hasil

pemetaan. Pengoreksian data menggunakan GCP diperlukan karena dalam penggunaan metode fotogrametri dengan wahana UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) yang dalam pengukurannya melakukan pergerakan pasti terdapat koreksi geometrik dimana koreksi geometrik adalah suatu koreksi posisi citra akibat kesalahan yang disebabkan oleh konfigurasi sensor, perubahan ketinggian, posisi, dan kecepatan wahana. GCP diukur menggunakan 1 set GPS (*Global Positioning System*) geodetik Sokkia GRX2.



Gambar 2  
1 Set GPS Geodetik Sokkia GRX2

Dalam pengukuran GCP harus memiliki *premarkata* tanda agar dapat terlihat pada foto udara. *Premark* dapat berupa lingkaran atau tanda silang yang memiliki 3 atau 4 sayap dan memotong titik kontrol. *Premark* yang akan dipasang sendiri merupakan marka berbahan kain berwarna merah dengan ukuran minimum *premark* di foto udara adalah panjang 10 piksel dan lebar 3 piksel untuk masing – masing sayap *premark*.



Gambar 3  
Pemasangan *Premark*

Koordinat titik-titik kontrol akan diukur menggunakan GPS geodetik dengan sistem RTK. Sistem RTK (*Real-Time Kinematic*) adalah suatu akronim yang sudah umum digunakan untuk sistem penentuan posisi *real-time* secara diferensial menggunakan data fase. Seluruh GCP diikatkan pada satu *Benchmark* milik Badan Informasi Geospasial (BIG) yang terletak di sekitar area, sebagai *base* lokal. Dengan menggunakan metode

ini, peta yang dihasilkan akan sesuai dengan standar pemetaan, serta memiliki referensi koordinat global. Berikut merupakan tahapan pemasangan *base* dari GPS Geodetik di *BM* (*Bench Mark*) terdekat dari lokasi penelitian yang telah terukur dan terverifikasi oleh tim *survey* dari PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk.



Gambar 4

Pemasangan GPS Geodetik di BM3 sebagai *Base Station*

Selanjutnya dilakukan pengukuran GCP menggunakan *rover* dari GPS Geodetik di titik-titik yang telah ditentukan dan dipasang premark sebagai penanda dan titik kontrol tanah dalam proses pengolahan foto udara hasil UAV. Setiap lokasi penelitian dilakukan pengukuran GCP sebanyak 3 titik. 3 GCP dari setiap lokasi penelitian diharapkan sudah cukup mewakili dalam pengoreksian koordinat hasil foto udara. Pengukuran GCP di lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5

Pengukuran GCP di Blok Penambangan Batu Gamping

Tabel 1  
Koordinat *Ground Control Point*

Blok	GCP	Koordinat		
		X (m)	Y (m)	Z (m)
BG_XY-7	XY1	603046,664	9239242,565	54,78
	XY2	603266,776	9239309,415	59,26
	XY3	603230,421	9239165,221	60,23
BG_IJ-13	IJ1	601602,780	9239620,316	34,81
	IJ2	601510,833	9239568,586	33,87
	IJ3	601618,488	9239459,468	43,45
BG_BB-8	BB1	603448,998	9239095,458	65,89
	BB2	603547,944	9239027,248	64,98
	BB3	603405,201	9238961,122	61,27

### 3.2. Root Mean Square Error

*Root Mean Square Error* (RMSE) adalah metode alternatif untuk mengevaluasi teknik peramalan yang digunakan untuk mengukur tingkat akurasi hasil prakiraan suatu model. RMSE merupakan nilai rata-rata dari jumlah kuadrat kesalahan, juga dapat menyatakan ukuran besarnya kesalahan yang dihasilkan oleh suatu model prakiraan. Nilai RMSE dari foto ditunjukkan pada tabel berikut:

1. Blok XY7

Tabel 2  
Nilai RMSE dan Tingkat Akurasi

Kondisi	Skala	RMSEr (m)	RMSEz (m)	CE90 (m)	LE90 (m)
Sebelum	1:500	0,014	0,042	0,022	0,070
Sesudah	1:500	0,010	0,097	0,016	0,071

2. Blok IJ13

Tabel 3  
Nilai RMSE dan Tingkat Akurasi

Kondisi	Skala	RMSEr (m)	RMSEz (m)	CE90 (m)	LE90 (m)
Sebelum	1:500	0,014	0,042	0,022	0,070
Sesudah	1:500	0,010	0,097	0,016	0,071

3. Blok BB8

Tabel 4  
Nilai RMSE dan Tingkat Akurasi

Kondisi	Skala	RMSEr (m)	RMSEz (m)	CE90 (m)	LE90 (m)
Sebelum	1:500	0,014	0,042	0,022	0,070
Sesudah	1:500	0,010	0,097	0,016	0,071

Tabel 5  
Ketelitian Geometri Peta RBI Berdasarkan Kelas

Ketelitian	Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3
Horizontal (CE90)	0,1	0,15	0,25
Vertikal (LE90)	0,1	0,15	0,25

### 3.3. Hasil Uji Ketelitian Geometri

Pengujian ketelitian geometris dilakukan dengan menghitung nilai CE90 terlebih dahulu, dimana rumus untuk mencari CE90 dapat dilihat pada rumus yang tertera yaitu (III-1). Nilai RMSE tiap blok yang digunakan sesuai dengan hasil *report* RMSE *check points* pada hasil orthorektifikasi. Setelah diketahui nilai CE90 kemudian nilai tersebut diuji dengan tabel klasifikasi ketelitian geometris peta RBI yang dapat dilihat pada Tabel 1. Hasil pengujian ketelitian geometri mengacu pada Perka BIG Nomor 15 Tahun 2014 Tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar ditunjukkan pada tabel:

Tabel 6  
Ketelitian Geometri Peta RBI Berdasarkan Kelas

Blok		CE90 (m)	LE90 (m)	Skala	Kelas CE90	Kelas LE90
XY 7	Sebelum	0,022	0,070	1:500	1	1
	Sesudah	0,016	0,071	1:500	1	1
IJ 13	Sebelum	0,066	0,039	1:500	1	1
	Sesudah	0,100	0,055	1:500	1	1
BB 8	Sebelum	0,146	0,053	1:500	2	1
	Sesudah	0,129	0,034	1:500	2	1

Berdasarkan hasil pengujian ketelitian geometris diatas, semua orthofoto yang dihasilkan dari pengolahan menggunakan perangkat lunak Agisoft PhotoScan Professional yang dilakukan dalam penelitian ini dapat digunakan sebagai peta dasar dan dapat dipertanggungjawabkan karena memenuhi klasifikasi ketelitian geometri peta RBI skala 1:500 kelas 1 dan 2 sesuai dengan Perka BIG Nomor 15 Tahun 2014.

### 3.5. Pengukuran Hasil Produksi dari Metode Fotogrametri

Data fotogrametri dari wahana UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) yang telah diproses melalui beberapa tahap hingga menghasilkan DTM (*Digital Terrain Model*) kemudiannya kembali diproses untuk mendapatkan volum hasil peledakan dengan metode *cut and fill*. Proses perhitungan volum dilakukan dengan cara menampalkan kedua DTM dari pengukuran yaitu sebelum dan sesudah peledakan. Selanjutnya dilakukan pemberian batasan atau istilah dalam pemrosesannya yaitu *boundary* guna memberikan acuan dalam perhitungan volumenya. Pengukuran hasil produksi ini dibantu dengan bantuan *software Surpac 6.4.1*. Berikut hasil pengukuran hasil produksi dari metode fotogrametri UAV:

- Blok XY7
  - Thickness Area* : 12 m
  - Cut Area* : 0 m<sup>2</sup>
  - Cut Volume* : 0 m<sup>3</sup>
  - Fill Area* : 3328 m<sup>2</sup>
  - Fill Volume* : 8969 m<sup>3</sup>

*Net Volume* : 8969 m<sup>3</sup>  
*Net Tonnage* : 16144.2 ton

#### 2. Blok IJ13

*Thickness Area* : 13 m  
*Cut Area* : 0 m<sup>2</sup>  
*Cut Volume* : 0 m<sup>3</sup>  
*Fill Area* : 1940 m<sup>2</sup>  
*Fill Volume* : 4977 m<sup>3</sup>  
*Net Volume* : 4955 m<sup>3</sup>  
*Net Tonnage* : 8919 ton

#### 3. Blok BB8

*Thickness Area* : 12 m  
*Cut Area* : 0 m<sup>2</sup>  
*Cut Volume* : 0 m<sup>3</sup>  
*Fill Area* : 696 m<sup>2</sup>  
*Fill Volume* : 8053 m<sup>3</sup>  
*Net Volume* : 8053 m<sup>3</sup>  
*Net Tonnage* : 14495.4 ton

### 3.6. Pengukuran Hasil Produksi Melalui Timbangan

Data pembandingan pada penelitian ini adalah hasil pengukuran produksi menggunakan timbangan yang terdapat di setiap *crusher* pada setiap *plant*. PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk memiliki 4 *crusher* dan 4 timbangan. Skema pengukuran ini yaitu menimbang setiap *dump truck* yang telah terisi batugamping sebelum masuk ke dalam *crusher*. Berikut hasil pengukuran hasil produksi dari timbangan *crusher*:

#### 1. Blok XY7

Waktu Penimbangan : 27 Maret 2018  
Jenis Alat Angkut : DT Scania P380  
Muatan Alat Angkut : 40 ton/rit  
Jumlah Ritase :  
- Shift 1 : 215 rit  
- Shift 2 : 178 rit  
Tonase : 15720 ton

#### 2. Blok IJ13

Waktu Penimbangan : 28 Maret 2018  
Jenis Alat Angkut : DT Scania P380  
Muatan Alat Angkut : 40 ton/rit  
Jumlah Ritase :  
- Shift 1 : 197 rit  
- Shift 2 : 97 rit  
Tonase : 8680 ton

#### 3. Blok BB8

Waktu Penimbangan : 29 Maret 2018  
Jenis Alat Angkut : DT Scania P380  
Muatan Alat Angkut : 40 ton/rit  
Jumlah Ritase :  
- Shift 1 : 234 rit  
- Shift 2 : 120 rit  
Tonase : 14160 ton

## IV. PEMBAHASAN

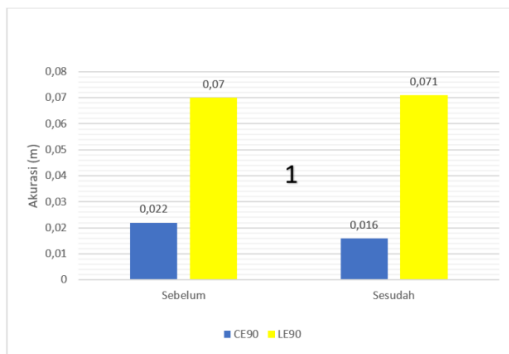
### 4.1. Tingkat Ketelitian Geometri

Seluruh orthofoto yang telah melalui proses dilakukan uji ketelitian geometri untuk

mendapatkan ketelitian geometri dengan skala 1:500 dan parameter nilai CE90 dan LE90 sesuai Perka BIG Nomor 15 Tahun 2014. Sehingga penelitian ini dapat digunakan sebagai peta dasar dan dapat dipertanggungjawabkan dalam pengaplikasiannya dalam perhitungan volume pada penelitian ini.

Nilai CE90 dan LE90 didapatkan dari hasil perkalian nilai RMSE dari setiap blok dan keadaan dengan konstanta dari ketentuan menurut Perka BIG Nomor 15 Tahun 2014. Berikut nilai akurasi dari setiap blok peledakan:

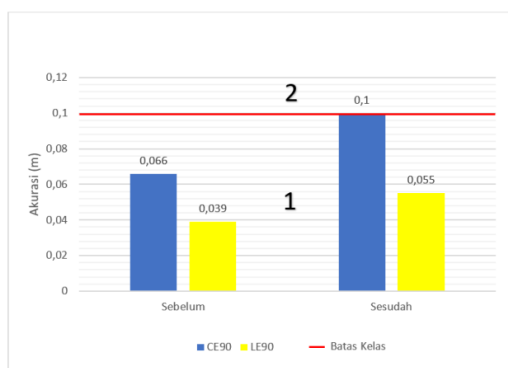
1. Blok XY7



Gambar 6  
Grafik Ketelitian Geometri Blok XY7

Berdasarkan Nilai CE90 dan LE90 yang didapatkan, pengukuran sebelum peledakan memiliki ketelitian horisontal sebesar 0,022 meter dan ketelitian vertikal sebesar 0,07 meter. Kelas ketelitian pengukuran ini adalah ketelitian horisontal kelas 1 dan ketelitian vertikal kelas 1. Sedangkan pada pengukuran setelah peledakan memiliki ketelitian horisontal sebesar 0,016 meter dan ketelitian vertikal sebesar 0,161 meter. Kelas ketelitian pengukuran ini adalah ketelitian horisontal kelas 1 dan ketelitian vertikal kelas 2.

2. Blok IJ13

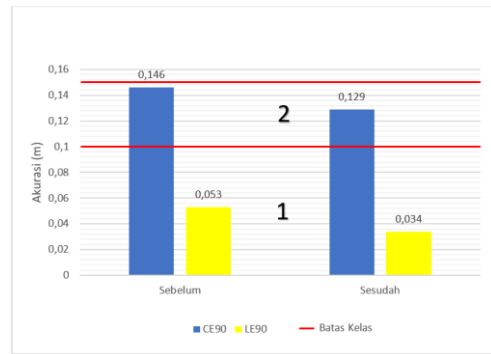


Gambar 7  
Grafik Ketelitian Geometri Blok IJ13

Berdasarkan Nilai CE90 dan LE90 yang didapatkan, pengukuran sebelum peledakan memiliki ketelitian horisontal sebesar 0,066 meter

dan ketelitian vertikal sebesar 0,039 meter. Kelas ketelitian pengukuran ini adalah ketelitian horisontal kelas 1 dan ketelitian vertikal kelas 1. Sedangkan pada pengukuran setelah peledakan memiliki ketelitian horisontal sebesar 0,1 meter dan ketelitian vertikal sebesar 0,055 meter. Kelas ketelitian pengukuran ini adalah ketelitian horisontal kelas 1 dan ketelitian vertikal kelas 1.

3. Blok BB8

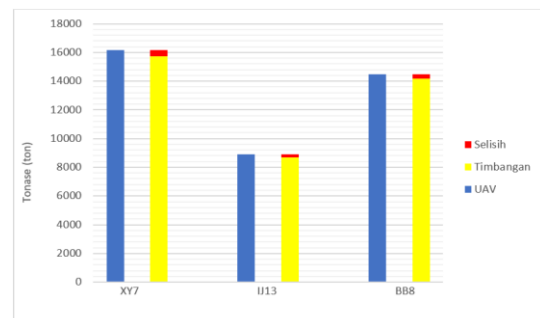


Gambar 8  
Grafik Ketelitian Geometri Blok BB8

Berdasarkan Nilai CE90 dan LE90 yang didapatkan, pengukuran sebelum peledakan memiliki ketelitian horisontal sebesar 0,146 meter dan ketelitian vertikal sebesar 0,053 meter. Kelas ketelitian pengukuran ini adalah ketelitian horisontal kelas 2 dan ketelitian vertikal kelas 1. Sedangkan pada pengukuran setelah peledakan memiliki ketelitian horisontal sebesar 0,129 meter dan ketelitian vertikal sebesar 0,034 meter. Kelas ketelitian pengukuran ini adalah ketelitian horisontal kelas 2 dan ketelitian vertikal kelas 1.

4.2. Tingkat Ketelitian Geometri

Seluruh MTD dari hasil fotogrametri UAV yang telah dihitung volumenya dengan pemberian *boundary* di sekitar tebing hasil sebelum dan setelah peledakan dengan output tonase dibandingkan terhadap laporan operasi harian dari timbangan *crusher* dengan output tonase juga. Perbandingan kedua pengukuran tersebut dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9  
Grafik Perbandingan UAV dan Timbangan

Tabel 7  
Perbandingan Hasil Pengukuran Fotogrametri UAV dan Timbangan

Blok	UAV (ton)	Timbangan (ton)	Selisih (ton)	%
XY7	16144,2	15720	424,2	2,63
IJ13	8919	8680	239	2,68
BB8	14495,4	14160	335,4	2,31
Rata – Rata			332,86	2,54

Dari hasil perbandingan kedua pengukuran tersebut didapat rata-rata perbedaan hasil pengukuran sebesar 2,54%. Pengukuran metode fotogrametri uav ini sudah memenuhi toleransi yang diberikan perusahaan yaitu sebesar 20%.

#### 4.3. Analisis Tingkat Kepercayaan Metode Fotogrametri UAV

Dalam penentuan tingkat kepercayaan dalam pengukuran ini, penulis menggunakan uji tabel *T-student* dengan tingkat kepercayaan 95% dengan nilai selisih pengukuran yang diharapkan sebesar 2,5%. Hipotesis akan diterima apabila harga fungsi normal baku (T) berada pada interval kovidensi yaitu  $-2\sigma \leq T \leq 2\sigma$ , ditolak apabila harga fungsi normal baku (T) diluar interval kovidensi tersebut.

Tabel 8  
Hipotesis Pengukuran Fotogrametri UAV dan Timbangan

Blok	UAV (ton)	Timbangan (ton)	Selisih %
XY7	16144,2	15720	2,63
IJ13	8919	8680	2,68
BB8	14495,4	14160	2,31
Rata – Rata Selisih ( $\bar{x}$ )			2,54
$\sigma$ (simpangan baku)			0,20
T (harga fungsi normal baku)			0,34

*Hipotesis Research* mengatakan bahwa rata-rata perhitungan selisih metode fotogrametri uav terhadap timbangan adalah 2,54 akan diuji menggunakan tingkat kepercayaan 95% atau  $\alpha$  5% dengan hipotesis statistik:

$$H_0 : \mu = 2,54$$

$$H_1 : \mu \neq 2,54$$

Berdasarkan pernyataan hipotesis diatas ( $\neq$ ) maka diuji menggunakan uji 2 arah sehingga didapatkan nilai T hitung. Nilai ini akan dibandingkan terhadap nilai *T-table* dengan  $\alpha$  0,025;2 = 4,30265. Dengan demikian, maka T hitung berada di daerah penerimaan.

Kesimpulan  $H_0$  diterima, artinya berdasarkan uji hipotesis rata-rata 2,54 adalah benar dengan interval konvidensi  $-2\sigma < 0,34 < 2\sigma$ .

Sehingga hasil pengukuran sampel tidak berbeda jauh dengan hasil pengukuran yang diharapkan.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang diperoleh dalam penelitian ini, beberapa kesimpulan dapat dilakukan:

1. Tingkat ketelitian geometri yang didapatkan dari hasil pengukuran metode fotogrametri uav yaitu berada pada kelas 1 dan 2 dengan skala 1:500 menggunakan acuan Perka BIG Nomor 15 Tahun 2014.
2. Hasil perbandingan tonase hasil pengukuran metode fotogrametri uav terhadap laporan hasil timbangan *crusher* menunjukkan selisih rata-rata sebesar 2,54%. Selisih ini memenuhi standar toleransi yang diberikan perusahaan dalam pengukuran ini yaitu maksimal sebesar 20%.
3. Uji statistik menggunakan tabel *t-students* menunjukkan penerimaan terhadap hipotesis ( $H_0$ ) dengan tingkat kepercayaan 95%. Maka perbandingan nilai pengukuran fotogrametri uav dan timbangan *crusher* memiliki perbedaan hasil yang tidak signifikan.

### 5.2 Saran

Saran yang diberikan untuk kepentingan pengembangan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Menggunakan GCP yang lebih variatif dan banyak agar hasil registrasi foto udara mendapatkan hasil yang lebih baik.
2. Menggunakan ICP (*Independent Check Point*) untuk melakukan pengoreksian titik bebas guna untuk meningkatkan hasil ketelitian geometri.
3. Pemberian *boundary* di lapangan untuk mempermudah proses *boundary* pada saat pengolahan di *software*.
4. Melakukan perbandingan volume atau tonase menggunakan alat yang lebih detail seperti TS (*Total Station*) atau TLS (*Terrestrial Laser Scanner*).
5. Melakukan variasi tinggi terbang.

## VI. DAFTAR PUSTAKA

- Adi, A.P., Prasetyo, Y. dan Yuwono, B.P. 2017. Pengujian Akurasi dan Ketelitian Planimetrik Pada Pemetaan Bidang Tanah Pemukiman Skala Besar Menggunakan Wahana *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV). *Jurnal Geodesi Undip*, Semarang: Universitas Diponegoro, Vol. 6, Nomor 1, hal. 208-217.
- Agisoft. 2013. Agisoft PhotoScan User Manual Professional Edition, Version 1.0.0, Copyright Agisoft LLC



- AirpixelsHD. How We Use Drones with Photogrammetry to Survey, <http://www.airpixelshd.co.uk/>, akses tgl. 10 Maret 2017
- Canon. 2017. Sensor Gambar CMOS, <http://www.canon-asia.com/cplus/id/cmosimage-sensor/>, akses tgl. 10 Maret 2018.
- DJI. 2017. Phantom 4 Professional User Manual.
- Eisenbeiss, H. 2008. UAV Photogrammetry in Plant Sciences and Geology, In: 6th ARIDA Workshop on Innovations in 3D Measurement, Modeling and Visualization, Povo (Trento), Italy.
- Immanuel, B.A.A. 2017. Analisis Ketelitian Model Terrain Digital Hasil Pemetaan Metode Fotogrametris Menggunakan Wahana UAV Dan Metode iTerrestrial Laser Scanning, Skripsi, Departemen Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
- Kennie, T. J. M. dan Petrie, G. 1990. Introduction to Terrain Modelling - Application Fields And Terminology, In: Terrain Modelling In Surveying and Civil Engineering, Whittles Publishing, hal. 1-3.
- Kraus, K. 2007. Photogrammetry: Geometry from Images and Laser Scans, Second Edition, Walter De Gruyter, New York.
- Li, Z., Zhu, Q., Gold, C. 2004. *Digital Terrain Modelling: Principles and Methodology*, CRC Press, Florida.
- Linder, W. 2005. *Digital Photogrammetry: Theory and Application*, Springer, New York.
- Peckham, R. J. Jordan, G., 2007. *Lecture Notes in Geoinformation and Cartography: Digital Terrain Modelling*, Springer, New York.
- Plumridge, J. 2017. What Are Image Sensors? Understand the Differences Between CMOS and CCD Sensors, <http://www.lifewire.com/what-are-image-sensors493722>, akses tgl. 10 Maret 2018.
- Quinn, P., Beven, K., Chevallier, P. dan Planchon, O. 1991, The Prediction of Hillslope Flow Paths for Distributed Hydrological Modelling Using Digital Terrain Models. *Hydrol Process.*, 5: 59–79.
- Weng. 1992. Camera Calibration with Distortion Model and Accuracy Evaluation, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 14, Nomor 10, hal. 965-980.
- Wolf, P.R. 1983. *Elements of Photogrammetry with Air Photo Interpretation and Remote Sensing*, Second edition. Madison: McGraw-Hill, Inc