

# **SHOTCRETE DELIVERY PROCESS DI TAMBANG BAWAH TANAH DEEP MILL LEVEL ZONE PT. FREEPORT INDONESIA**

**Mahatir Eko Sulastyo<sup>1)</sup>, Jance Murdjani Supit<sup>2)</sup>**

<sup>1) 2)</sup> Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan  
Universitas Papua  
Jl. Gunung Salju, Amban, Manokwari  
Email: <sup>1)</sup> mahatirs2803@gmail.com

## **Abstract**

*In ground support of underground mine, it is important to understand the shotcrete delivery process, since shotcrete is the main buffer applied. The problem found in this study is that there is an indication that the shotcrete volume has not matched the reported shotcrete. So it is important to acknowledge the shotcrete delivery process, the difference in volume and the correction factor. Variables used to calculate shotcrete volume and correction factors obtained in nine main variables as follow: shotcrete trace length, shotcrete trace width, shotcrete trace height, shotcrete transfer distance, shotcrete transfer time, shotcrete transfer time, material weight, material density and shotcrete volume in the Daily Report. Descriptive statistical method is used to select anomaly data outside the population. The research results that average volume of shotcrete on the Batch Plant is 4,83 m<sup>3</sup>, then transferred to WS Mixer reduced to 4,76 m<sup>3</sup> and at Getman the Mixer was reduced by 3,92 m<sup>3</sup>. The volume difference is due to the unequal aggregate conditions of the shotcrete constituents, the Mixer drum rotates outside the specified speed, shotcrete hardening occurs on the drum causing a reduction in drum volume capacity. Based on these differences, conversion values were obtained to the reported shotcrete volume, which is 0,87 with the shotcrete assumption reported at 4 m<sup>3</sup>, 0,89 assuming 5 m<sup>3</sup> and 0,79 assuming 4,98 m<sup>3</sup>.*

**Keywords:** *Correction Factor, Delivery Process, Difference in Shotcrete Volume*

## **Abstrak**

Dalam penyanggaan (ground support) tambang bawah tanah, penting untuk mengetahui *shotcrete delivery process*, mengingat *shotcrete* merupakan penyangga utama yang diterapkan oleh perusahaan. Masalah yang terdapat pada penelitian ini yaitu, adanya indikasi volume *shotcrete* belum sesuai dengan *shotcrete* yang dilaporkan. Sehingga penting untuk mengetahui *shotcrete delivery process*, perbedaan volume dan faktor koreksinya. Variabel yang digunakan dalam menghitung volume *shotcrete* dan faktor koreksi didapatkan hasil sembilan variabel utama yaitu panjang jejak *shotcrete*, lebar jejak *shotcrete*, tinggi jejak *shotcrete*, jarak transfer *shotcrete*, waktu pindah *shotcrete*, waktu transfer *shotcrete*, berat material, densitas material dan volume *shotcrete* pada *Daily Report*, juga menggunakan metode statistika deskriptif untuk menyeleksi data-data anomali di luar populasi. Didapatkan rata-rata volume *shotcrete* pada *Batch Plant* sebesar 4,83 m<sup>3</sup>, kemudian ditransfer ke *WS Mixer* berkurang menjadi 4,76 m<sup>3</sup> dan di *Getman Mixer* berkurang 3,92 m<sup>3</sup>. Perbedaan volume disebabkan karena kondisi agregat penyusun *shotcrete* yang tidak sama, *Drum Mixer* berputar diluar kecepatan yang sudah ditentukan terjadi pengerasan *shotcrete* pada *drum* sehingga menyebabkan terjadinya pengurangan kapasitas volume *drum*. Berdasarkan perbedaan tersebut, diperoleh angka untuk mengkonversi volume *shotcrete* yang dilaporkan, yakni 0,87 dengan asumsi *shotcrete* yang dilaporkan sebesar 4 m<sup>3</sup>, 0,89 dengan asumsi 5 m<sup>3</sup> dan 0,79 dengan asumsi 4,98 m<sup>3</sup>.

**Kata kunci:** *Delivery Process, Faktor Koreksi, Perbedaan Volume Shotcrete*

## PENDAHULUAN

PT Freeport Indonesia merupakan perusahaan tambang yang bergerak dalam bidang penambangan tembaga dan emas. Perusahaan ini menggunakan dua sistem penambangan yaitu dengan sistem tambang terbuka (Surface Mine) dan sistem tambang bawah tanah (Underground Mine). DMLZ (Deep Mill Level Zone) merupakan salah satu lokasi tambang bawah tanah yang berada di PT Freeport Indonesia, yang metode penambangannya menggunakan metode ambrukan (Block Caving).

*Block Caving* merupakan cara penambangan bawah tanah dengan efisiensi sumberdaya yang tinggi untuk melakukan penambangan, di mana blok-blok besar bijih dipotong dari bawah sehingga bijih tersebut runtuh akibat gaya beratnya sendiri (Kresno, 1998). Bidang pada masa batuan dengan ukuran yang sudah ditentukan diledakan pada level *undercut* sehingga masa batuan yang berada di atasnya akan runtuh. Penarikan bijih hasil runtuh pada bagian bawah kolom bijih atau *drawbell* menyebabkan proses runtuh akan berlanjut ke atas sampai semua bijih di atas level *undercut* hancur menjadi ukuran yang sesuai untuk proses selanjutnya. Dalam pekerjaan tambang bawah tanah, peran penyanggaan (ground support) sangat diperlukan agar penarikan bijih dapat berjalan secara kontinyu.

Penyanggaan adalah suatu metode yang digunakan untuk menahan beban dari massa batuan untuk menjaga keseimbangan atau kestabilan bukaan terowongan sehingga keselamatan kerja dapat dicapai dengan aman. Pada tambang bawah tanah analisis dan penentuan penyangga sangat dibutuhkan. Dalam menentukan desain penyangga, perlu dipertimbangkan faktor-faktor yang berpengaruh terhadap proses penyangga seperti kondisi massa batuan yang heterogen. Kondisi massa batuan di alam yang heterogen dikontrol oleh beberapa faktor antar lain bidang diskontinuitas serta jenis litologi.

Salah satu penyanggaan yang digunakan pada tambang bawah tanah yaitu beton tembak atau lebih dikenal dengan istilah *shotcrete*. *Shotcrete* adalah suatu sistem penyanggaan yang menggunakan campuran antara semen, agregat, air, *fibre plastic* atau baja dan *additive* ataupun *admixture* yang disemprotkan dengan menggunakan udara bertekanan tinggi.

Dalam pengerjaan *shotcrete* di *underground* DMLZ PT. Freeport Indonesia perlu melalui beberapa tahapan atau proses transfer *shotcrete* dari alat ke alat, diantaranya proses *Batch & Mix*, *Delivery Process* dan *Placement*. Dalam penerapannya, ditemukan adanya indikasi

perbedaan atau pengurangan volume *shotcrete* yang ditransfer, terutama pada *shotcrete delivery process*. Perbedaan volume *shotcrete* sangat berpengaruh terhadap pelaporan *shotcrete* yang telah digunakan. Sehingga perlu dicari angka faktor koreksi untuk mengkonversi *shotcrete* yang dilaporkan dengan *shotcrete* yang telah digunakan.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Estimasi kubikasi alat

Secara fundamental, volume *shotcrete* pada tiap alat dapat dihitung menggunakan persamaan yang disesuaikan dengan kondisi di lapangan.

#### *Batch Plant*

*Batch Plant* merupakan alat yang digunakan untuk memproduksi *shotcrete*. Secara teoritis persamaan yang digunakan untuk mengestimasi produksi alat-alat *shotcrete* adalah:

$$V = \frac{m}{\rho} \quad (1)$$

Dimana  $m$  adalah massa (kg),  $V$  adalah volume ( $m^3$ ) dan  $\rho$  adalah densitas material ( $kg/m^3$ ).

#### *WS Mixer*

*WS Mixer* merupakan jenis alat transfer yang membawa material atau beton cor dari *Batch Plant* ke tempat tujuan. Untuk mengetahui berat aktual yang diantar oleh *WS Mixer* dapat menggunakan persamaan berikut:

$$T = \frac{A \times S \times W}{2000} \quad (2)$$

Untuk mengetahui volume maka persamaan dapat diturunkan seperti pada persamaan 5. Sebelum menghitung volume *shotcrete*, perlu diketahui luas penampang jejak ( $A$ ) dan kecepatan transfer ( $S$ ) terlebih dahulu, dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$A = p \times l \quad (3)$$

$$S = \frac{s}{t1} \quad (4)$$

Setelah didapatkan luas penampang jejak ( $A$ ) dan kecepatan transfer ( $S$ ), barulah dapat menghitung volume *shotcrete* dengan menggunakan persamaan:

$$V = A \times S \times t2 \quad (5)$$

Dimana  $T$  adalah Produksi (Ton/menit),  $A$  adalah Luas Penampang ( $ft^2$ ),  $S$  adalah Kecepatan transfer material ( $ft/menit$ ),  $W$  adalah Densitas

material ( $\text{lb/ft}^3$ ),  $p$  adalah panjang jejak shotcrete (ft),  $l$  adalah lebar jejak (ft),  $s$  adalah jarak (ft),  $t_1$  adalah waktu pindah shotcrete (sekon), dan  $t_2$  adalah waktu transfer (sekon).

#### Getman Mixer

Sebelum menghitung volume *shotcrete* yang diterima oleh *Getman*, perlu menghitung volume penampang dan debit aliran *shotcrete* pada *chute Getman Mixer*. Dapat dilihat pada persamaan 6 dan 7.

$$V = p \times l \times t \quad (6)$$

$$Q = \frac{V}{t_1} \quad (7)$$

$$V = Q \times t_2 \quad (8)$$

Dimana  $Q$  adalah Debit air mengalir ( $\text{m}^3/\text{sekon}$ ),  $V$  adalah Volume *shotcrete* ( $\text{m}^3$ ) dan  $t$  adalah tinggi material (m),  $t_1$  adalah waktu pindah (sekon) dan  $t_2$  adalah waktu transfer (sekon).

#### Faktor Koreksi

Faktor Koreksi merupakan rasio perbedaan volume *shotcrete* dengan *shotcrete* yang dilaporkan, yang dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$CF = \frac{\text{Volume Shotcrete Hasil Estimasi}}{\text{Volume Shotcrete Di Lapangan}} \quad (9)$$

Dimana,  $CF$  merupakan *Correction Factor*,  $V$  *Shotcrete* di Lapangan adalah volume *shotcrete* yang dilaporkan ( $\text{m}^3$ ),  $V$  *Shotcrete* Hasil Estimasi adalah volume *shotcrete* ( $\text{m}^3$ ).

### **METODOLOGI PENELITIAN**

Identifikasi masalah dilakukan dengan cara wawancara dan observasi. Pada tahap wawancara dilakukan untuk mencari informasi tentang permasalahan yang terjadi secara nyata di lapangan. Sementara observasi lapangan dilakukan dengan mengenali dan menyesuaikan diri dengan kondisi umum di lapangan. Survei lapangan dilakukan pula untuk melihat secara sekilas permasalahan-permasalahan yang terjadi pada area penelitian.

#### **Pengambilan data**

Salah satu tahapan penting dalam penelitian adalah mencari atau mengumpulkan data. Tahap pengambilan data ini merupakan tahap dimana seorang peneliti mendatangi lokasi penelitian untuk melakukan pengambilan data serta mengumpulkan data tersebut sesuai jenis data.

#### Data utama

Data utama merupakan data yang diambil baik secara langsung maupun tidak langsung yang akan diolah dianalisis. Data utama terdiri dari data primer dan data sekunder.

##### 1. Data Primer

Data primer merupakan data hasil pengamatan yang dilakukan di lapangan, meliputi pengambilan data yang sifatnya secara langsung. Berdasarkan judul dan isi yang akan dibahas, maka data primer yang peneliti butuhkan meliputi:

- panjang jejak *shotcrete* (m)
- lebar jejak (m)
- tinggi jejak (m)
- jarak transfer (m)
- waktu pindah (detik)
- waktu transfer (detik)

##### 2. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh secara tidak langsung dari narasumber atau objek penelitian, data sekunder biasanya diperoleh dari arsip-arsip, buku maupun penelitian sebelumnya, dan dijadikan perbandingan. Data sekunder yang dibutuhkan peneliti adalah:

- *Mix Design Shotcrete* (berat dan densitas bahan)
- Volume *shotcrete* berdasarkan *Daily Report*

#### Data penunjang

Data penunjang merupakan data yang digunakan sebagai acuan atau bahan pertimbangan namun tidak diolah. Data penunjang yang dibutuhkan adalah:

- Lokasi Perusahaan
- Data Geologi
- *Standard Operating Procedure* (SOP)

#### **Verifikasi data**

Verifikasi data dilakukan untuk memastikan apakah data yang telah diambil atau dikumpulkan sudah lengkap atau belum. Apabila dalam tahapan ini didapati data yang belum lengkap maka perlu dilakukan pengambilan data kembali untuk melengkapi data yang masih kurang tersebut.

#### **Pengolahan dan Analisis Data**

Dari data yang diperoleh, selanjutnya data akan diolah menggunakan perangkat lunak *Microsoft Excel*. Sedangkan analisis data akan menggunakan metode-metode statistika yaitu statistika Deskriptif. Statistika Deskriptif digunakan untuk menyajikan data agar lebih mudah

dipahami. Dalam statistika deskriptif, sampel yang anomali atau diluar populasi akan dieliminasi sehingga data yang disajikan hanya yang masuk dalam lingkup populasi.

Selanjutnya luas penampang jejak *shotcrete* pada proses transfer *Batch Plant* ke *WS Mixer* dihitung berdasarkan data panjang jejak dan lebar jejak *shotcrete* yang melintas pada *Hopper WS Mixer*. Menghitung kecepatan transfer *shotcrete* pada proses transfer *shotcrete* dari *Batch Plant* ke *WS Mixer* berdasarkan data jarak transfer dan waktu pindah *shotcrete* yang melintas pada *hopper WS Mixer*. Menghitung volume *shotcrete* yang diterima *WS Mixer* berdasarkan luas penampang yang telah dihitung, kecepatan transfer dan waktu transfer *shotcrete*. Untuk menghitung volume *Batch Plant* didapatkan berdasarkan hasil perhitungan data berat material dan densitas material penyusun *shotcrete* yang didapatkan dari perusahaan.

Volume penampang *shotcrete* pada proses transfer dari *WS Mixer* ke *Getman Mixer* dihitung berdasarkan data panjang, lebar dan tinggi jejak *shotcrete* yang melintas pada *chutte WS Mixer*. Setelah mendapatkan volume jejak *shotcrete*, selanjutnya menghitung debit aliran *shotcrete* berdasarkan hasil perhitungan volume jejak *shotcrete* dengan waktu pindah *shotcrete*. Volume *shotcrete* yang diterima oleh *Getman Mixer* didapatkan dari hasil perhitungan debit aliran *shotcrete* dengan waktu transfer *shotcrete*. Setelah mendapatkan volume *shotcrete* dari *Batch Plant*, *WS Mixer* dan *Getman Mixer*, barulah dianalisis penyebab terjadinya perbedaan volume dari ketiga alat tersebut. Selain menganalisis penyebab perbedaan volume, perlu menentukan angka faktor

koreksi Antara volume *Getman* yang telah didapatkan dengan volume *shotcrete* yang di laporkan. Sehingga pada saat *shotcrete* dilaporkan, dapat dikoreksi menggunakan angka faktor koreksi agar mendapatkan volume *shotcrete* yang sebenarnya telah digunakan.

**HASIL**

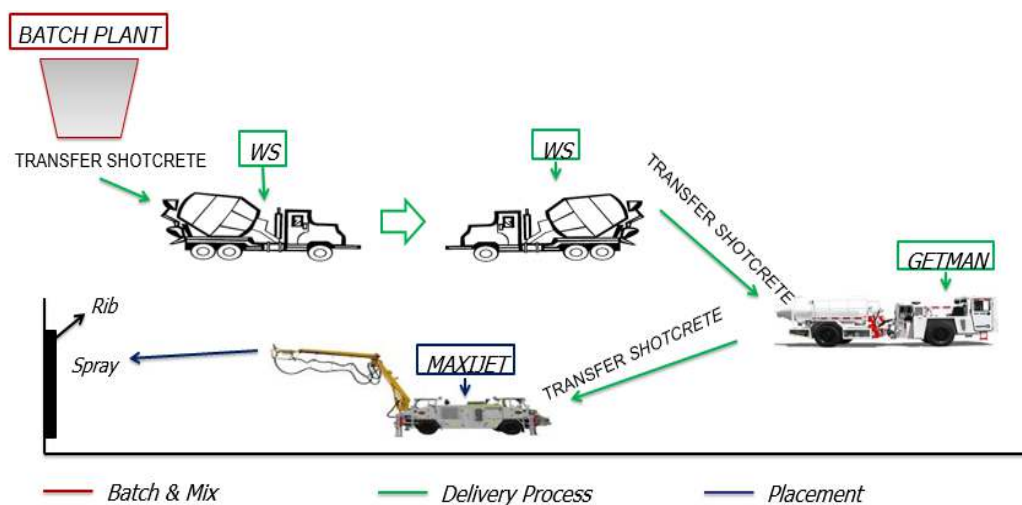
**Shotcrete Delivery Process**

Secara keseluruhan siklus pengaplikasian *shotcrete* yang diterapkan oleh PTFI terdiri dari proses *Batching and Mixing* oleh *Batch Plant*, *Delivery Process* oleh *Mixer Truck* (*WS Mixer* dan *Getman Mixer*), *Placement* oleh *Maxijet*. *WS Mixer* merupakan alat pertama pada *shotcrete delivery process*, kemudian dilanjutkan oleh *Getman Mixer* sampai ke lokasi *spray* (lihat Gambar 2).

*Delivery Process shotcrete* dimulai setelah proses transfer *shotcrete* dari *Batch Plant* ke *WS Mixer* selesai, dan berakhir pada proses transfer *Getman Mixer* ke *Maxijet* dengan waktu *delivery process* dapat dilihat pada Tabel 1 dan 2.

Tabel 1. *Shotcrete Delivery Process* Dari *WS Mixer* ke *Getman Mixer*

No	Kecepatan (km/jam)	Waktu Pengantaran (Menit)	Durasi Traffic Light (Menit)
1	30	12,28	0
2	30	10,26	3,19
Σ	60	22,54	3,19
Rata-rata	30	11,27	1,60
Nilai Minimal	30	10,26	0
Nilai Maksimal	30	12,28	3,19



Gambar 1. Siklus Aplikasi *Shotcrete*

Tabel 2. Shotcrete Delivery Process Dari Getman Mixer ke Maxijet

No.	Pergi (hh:mm:ss)	Transfer ke Maxijet (hh:mm:ss)	Delivery Process (menit)	Tempat
1	7:06:00	7:41:00	35	East Ram
2	9:30:00	9:38:00	8	NVD
3	10:40:00	11:07:00	27	NVD
4	11:47:00	12:03:00	16	NVD
5	1:40:00	2:30:00	50	East Ram
		Nilai minimal	8	
		Nilai maksimal	50	
		Jumlah	136	
		Nilai rata-rata	27.2	

**Volume Shotcrete**Perhitungan Volume Shotcrete Pada Batch Plant

Dalam pembuatan shotcrete, PTFI memiliki standar komposisi bahan penyusun shotcrete yang

sesuai dengan kuantitas dan kualitas shotcrete yang diinginkan (lihat Tabel 3).

Tabel 3. Mix Design

Bahan	Densitas (kg/m <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Volume (mL)	Volume Shotcrete (m <sup>3</sup> )
Agregat	2620,90	1680	-	0,641
Semen	3151,51	520	-	0,165
Air	1000,00	200	-	0,200
Fibre	432,00	6	-	0,014
Sikatard	370,80	-	2000	0,002
Viscocrete	6000,00	-	4500	0,005
Shotcrete	-	-	-	1,026

Karena sudah diketahui Berat komposisi shotcrete (m) dan Densitasnya ( $\rho$ ), maka untuk mengetahui Volume (V) shotcrete dapat menggunakan persamaan (1). Contoh data yang digunakan yaitu pada tanggal 7 Januari 2019 pukul 6:46 Batch & Mix 1 - 5.

Tabel 4. Data komposisi Shotcrete Pada Batch Plant

BAHAN	DENSITAS (Kg/m <sup>3</sup> )	BATCH & MIX				
		1	2	3	4	5
Agregat	2620,90	1785 kg	1800 kg	1760 kg	1760 kg	1760 kg
Semen	3151,51	516 kg	535 kg	505 kg	540 kg	500 kg
Air	1000,00	108 kg	110 kg	105 kg	108 kg	107 kg
Fibre	432,00	6 kg	6 kg	6 kg	6 kg	6 kg
Sikatard	370,80	2000 mL	2000 mL	2000 mL	2000 mL	1950 mL
Viscocrete	6000,00	4500 mL	4500 mL	4500 mL	4500 mL	4500 mL

## a. Batch &amp; Mix 1

$$V \text{ Agregat} = \frac{m \text{ Agregat}}{\rho \text{ Agregat}} = \frac{1785 \text{ Kg}}{2620,90 \text{ Kg/m}^3} = 0,681 \text{ m}^3$$

$$V \text{ Semen} = \frac{516 \text{ Kg}}{3151,51 \text{ Kg/m}^3} = 0,164 \text{ m}^3$$

$$V \text{ Air} = \frac{108 \text{ Kg}}{1000 \text{ Kg/m}^3} = 0,108 \text{ m}^3$$

$$V \text{ Fibre} = \frac{6 \text{ Kg}}{432 \text{ Kg/m}^3} = 0,014 \text{ m}^3$$

$$V \text{ Sika} = 2000 \text{ mL}$$

$$1 \text{ mL} = 0,000001 \text{ m}^3$$

$$V \text{ Sika} = 2000 \text{ mL} \times 0,000001 \text{ m}^3/\text{mL} = 0,002 \text{ m}^3$$

$$V \text{ Visco} = 4500 \text{ mL}$$

$$1 \text{ mL} = 0,000001 \text{ m}^3$$

$$V \text{ Visco} = 4500 \text{ mL} \times 0,000001 \text{ m}^3/\text{mL} = 0,005 \text{ m}^3$$

$$V \text{ total} = 0,681 \text{ m}^3 + 0,164 \text{ m}^3 + 0,108 \text{ m}^3 + 0,014 \text{ m}^3 + 0,002 \text{ m}^3 + 0,005 \text{ m}^3 = 0,973 \text{ m}^3$$

Jadi, volume shotcrete yang dihasilkan Batch and Mix pertama adalah 0,973 m<sup>3</sup>.

b. *Batch & Mix 2*

$$\begin{aligned} V \text{ Agregat} &= \frac{m \text{ Agregat}}{\rho \text{ Agregat}} \\ &= \frac{1800 \text{ Kg}}{2620,90 \text{ Kg/m}^3} \\ &= 0,687 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V \text{ Semen} &= \frac{535 \text{ Kg}}{3151,51 \text{ Kg/m}^3} \\ &= 0,170 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V \text{ Air} &= \frac{110 \text{ Kg}}{1000 \text{ Kg/m}^3} \\ &= 0,110 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V \text{ Fibre} &= \frac{6 \text{ Kg}}{432 \text{ Kg/m}^3} \\ &= 0,014 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V \text{ Sika} &= 2000 \text{ mL} \\ 1 \text{ mL} &= 0,000001 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V \text{ Sika} &= 2000 \text{ mL} \times 0,000001 \text{ m}^3/\text{mL} \\ &= 0,002 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V \text{ Visco} &= 4500 \text{ mL} \\ 1 \text{ mL} &= 0,000001 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V \text{ Visco} &= 4500 \text{ mL} \times 0,000001 \text{ m}^3/\text{mL} \\ &= 0,005 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V \text{ total} &= 0,687 \text{ m}^3 + 0,170 \text{ m}^3 + 0,110 \text{ m}^3 + \\ &0,014 \text{ m}^3 + 0,002 \text{ m}^3 + 0,005 \text{ m}^3 \\ &= 0,987 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Jadi, volume *shotcrete* yang dihasilkan *Batch and Mix* kedua adalah 0,987 m<sup>3</sup>.

c. *Batch & Mix 3*

$$\begin{aligned} V \text{ Agregat} &= \frac{m \text{ Agregat}}{\rho \text{ Agregat}} \\ &= \frac{1760 \text{ Kg}}{2620,90 \text{ Kg/m}^3} \\ &= 0,672 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V \text{ Semen} &= \frac{505 \text{ Kg}}{3151,51 \text{ Kg/m}^3} \\ &= 0,160 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V \text{ Air} &= \frac{105 \text{ Kg}}{1000 \text{ Kg/m}^3} \\ &= 0,105 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V \text{ Fibre} &= \frac{6 \text{ Kg}}{432 \text{ Kg/m}^3} \\ &= 0,014 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V \text{ Sika} &= 2000 \text{ mL} \\ 1 \text{ mL} &= 0,000001 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$V \text{ Sika} = 2000 \text{ mL} \times 0,000001 \text{ m}^3/\text{mL}$$

$$= 0,002 \text{ m}^3$$

$$V \text{ Visco} = 4500 \text{ mL}$$

$$1 \text{ mL} = 0,000001 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} V \text{ Visco} &= 4500 \text{ mL} \times 0,000001 \text{ m}^3/\text{mL} \\ &= 0,005 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V \text{ total} &= 0,672 \text{ m}^3 + 0,160 \text{ m}^3 + 0,105 \text{ m}^3 + \\ &0,014 \text{ m}^3 + 0,002 \text{ m}^3 + 0,005 \text{ m}^3 \\ &= 0,957 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Jadi, volume *shotcrete* yang dihasilkan *Batch and Mix* ketiga adalah 0,957 m<sup>3</sup>.

d. *Batch & Mix 4*

$$\begin{aligned} V \text{ Agregat} &= \frac{m \text{ Agregat}}{\rho \text{ Agregat}} \\ &= \frac{1760 \text{ Kg}}{2620,90 \text{ Kg/m}^3} \\ &= 0,672 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V \text{ Semen} &= \frac{540 \text{ Kg}}{3151,51 \text{ Kg/m}^3} \\ &= 0,171 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V \text{ Air} &= \frac{108 \text{ Kg}}{1000 \text{ Kg/m}^3} \\ &= 0,108 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V \text{ Fibre} &= \frac{6 \text{ Kg}}{432 \text{ Kg/m}^3} \\ &= 0,014 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$V \text{ Sika} = 2000 \text{ mL}$$

$$1 \text{ mL} = 0,000001 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} V \text{ Sika} &= 2000 \text{ mL} \times 0,000001 \text{ m}^3/\text{mL} \\ &= 0,002 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$V \text{ Visco} = 4500 \text{ mL}$$

$$1 \text{ mL} = 0,000001 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} V \text{ Visco} &= 4500 \text{ mL} \times 0,000001 \text{ m}^3/\text{mL} \\ &= 0,005 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V \text{ total} &= 0,672 \text{ m}^3 + 0,160 \text{ m}^3 + 0,105 \text{ m}^3 + \\ &0,014 \text{ m}^3 + 0,002 \text{ m}^3 + 0,005 \text{ m}^3 \\ &= 0,971 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Jadi, volume *shotcrete* yang dihasilkan *Batch and Mix* keempat adalah 0,971 m<sup>3</sup>.

e. *Batch & Mix 5*

$$\begin{aligned} V \text{ Agregat} &= \frac{m \text{ Agregat}}{\rho \text{ Agregat}} \\ &= \frac{1760 \text{ Kg}}{2620,90 \text{ Kg/m}^3} \\ &= 0,672 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V \text{ Semen} &= \frac{500 \text{ Kg}}{3151,51 \text{ Kg/m}^3} \\
 &= 0,159 \text{ m}^3 \\
 V \text{ Air} &= \frac{107 \text{ Kg}}{1000 \text{ Kg/m}^3} \\
 &= 0,107 \text{ m}^3 \\
 V \text{ Fibre} &= \frac{6 \text{ Kg}}{432 \text{ Kg/m}^3} \\
 &= 0,014 \text{ m}^3 \\
 V \text{ Sika} &= 1950 \text{ mL} \\
 1 \text{ mL} &= 0,000001 \text{ m}^3 \\
 V \text{ Sika} &= 1950 \text{ mL} \times 0,000001 \text{ m}^3/\text{mL} \\
 &= 0,002 \text{ m}^3 \\
 V \text{ Visco} &= 4500 \text{ mL} \\
 1 \text{ mL} &= 0,000001 \text{ m}^3 \\
 V \text{ Visco} &= 4500 \text{ mL} \times 0,000001 \text{ m}^3/\text{mL} \\
 &= 0,005 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

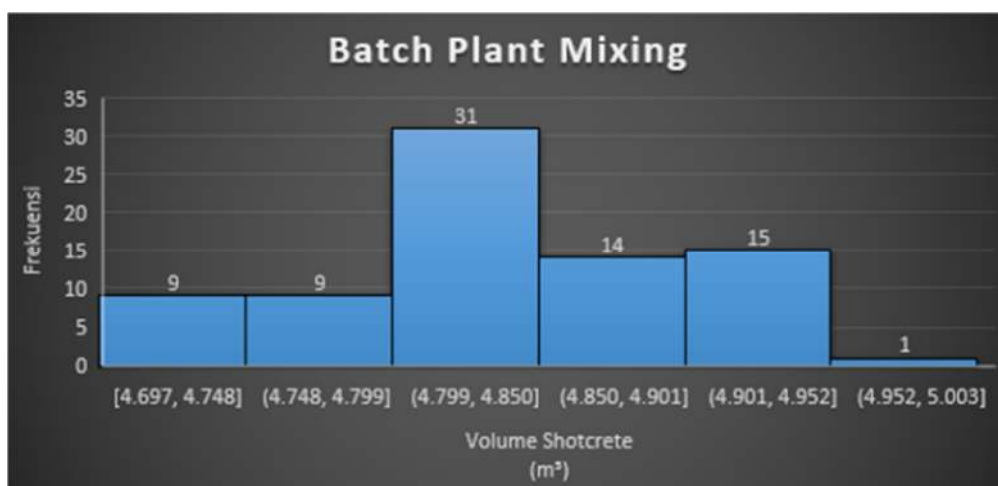
$$\begin{aligned}
 V \text{ total} &= 0,672 \text{ m}^3 + 0,159 \text{ m}^3 + 0,107 \text{ m}^3 + \\
 &0,014 \text{ m}^3 + 0,002 \text{ m}^3 + 0,005 \text{ m}^3 \\
 &= 0,958 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Jadi, volume *shotcrete* yang dihasilkan *Batch and Mix* kelima adalah 0,958 m<sup>3</sup>.

Karena dalam sekali trip dilakukan *Batch & Mix* sebanyak lima kali, maka hasil *Batch & Mix* perlu ditotalkan.

$$\begin{aligned}
 V \text{ Shotcrete} &= \text{Batch \& Mix 1} + \text{Batch \& Mix 2} + \\
 &\dots + \text{Batch \& Mix 5} \\
 V \text{ Shotcrete} &= 0,973 \text{ m}^3 + 0,987 \text{ m}^3 + 0,957 \text{ m}^3 + \\
 &0,971 \text{ m}^3 + 0,958 \text{ m}^3 \\
 &= 4,846 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil pengujian statistika deskriptif menggunakan perangkat lunak *Microsoft Excel* didapatkan hasil sebagai berikut:



Gambar 2 Histogram Volume *Batch Plant*

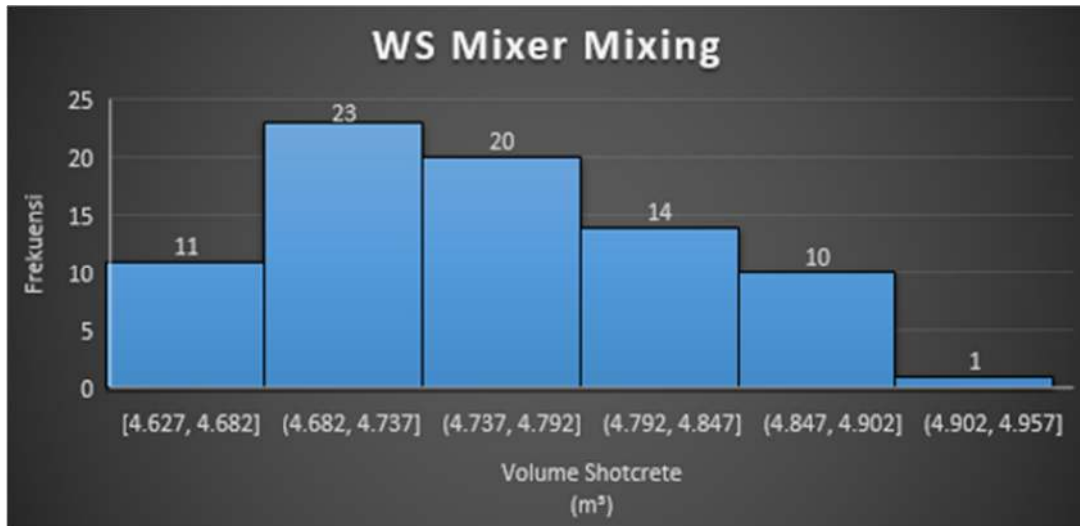
Penghitungan Volume Shotcrete Pada WS Mixer

Untuk mengetahui volume (V) *shotcrete* dapat menggunakan persamaan (5).

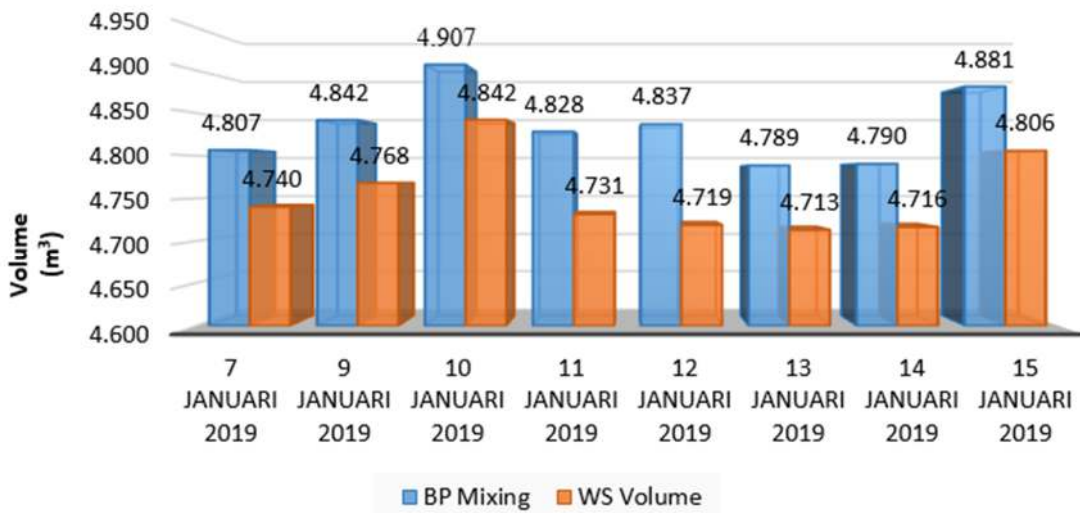
$$\begin{aligned}
 \text{Luas penampang (A)} &= p \times l \\
 &= 0,84 \text{ m} \times 0,37 \text{ m} \\
 &= 0,307 \text{ m}^2 \\
 \text{Kecepatan transfer (S)} &= \frac{s}{t_l} \\
 &= \frac{0,84 \text{ m}}{3,84 \text{ detik}} \\
 &= 0,217 \text{ m/detik} \\
 \text{Volume shotcrete (V)} &= A \times S \times t_2 \\
 &= 0,307 \times 0,217 \times 71,62 \\
 &= 4,756 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Tabel 5. Kecepatan Transfer Dari *Batch Plant* ke *WS Mixer*

NO	Batch Plant – WS Mixer		Waktu Transfer	
	Jarak			
1	83	cm	3,88	detik
2	85	cm	3,64	detik
3	82	cm	3,84	detik
4	80	cm	3,88	detik
5	88	cm	3,98	detik
Σ	418	cm	19,22	detik
	83,60	cm	3,84	detik
Rata-Rata	0,84	m	0,06	menit
	0,001	km	0,001	jam
Kecepatan (m/s)			0,217	



Gambar 3. Histogram Volume *WS Mixer*



Gambar 4. Perbedaan Volume *Batch Plant* dan *WS Mixer*

Tabel 6. Parameter Luas Penampang *Shotcrete* Pada *Hopper WS Mixer*

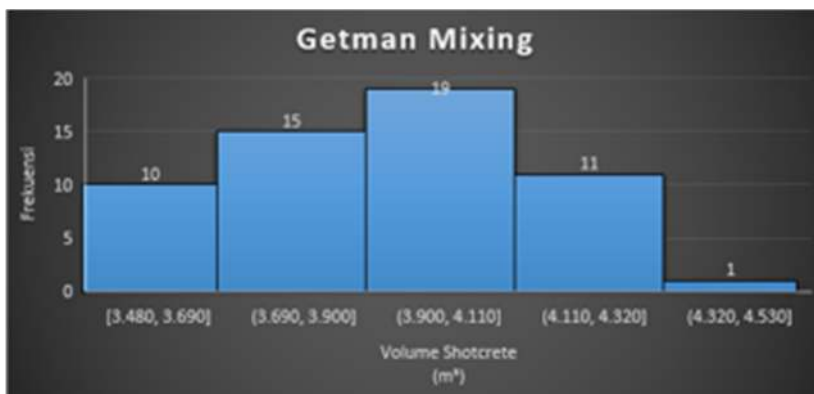
No	BP - WS			
	Panjang Jejak		Lebar Jejak	
1	83	cm	37	cm
2	85	cm	39	cm
3	82	cm	34	cm
4	80	cm	38	cm
5	88	cm	35	cm
Σ	418	cm	183	cm
Rata-rata	83,6	cm	36.60	cm
	0,84	m	0.37	m
Luas Penampang			3059,760 cm <sup>2</sup>	
			0,306 m <sup>2</sup>	

Pehitungan Volume *Shotcrete* Pada *Getman Mixer*  
 Untuk mengetahui Volume (V) *shotcrete* dapat menggunakan persamaan (6).

$$\begin{aligned} \text{Volume shotcrete pada Chute (V)} &= p \times l \times t \\ &= 1,87 \text{ m} \times 0,51 \text{ m} \times 0,11 \text{ m} \\ &= 0,11 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Debit shotcrete pada Chute (Q)} &= \frac{V}{t1} \\ &= \frac{0,11 \text{ m}^3}{2,56 \text{ detik}} \\ &= 0,04 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume shotcrete tertampaung} &= Q \times t2 \\ &= 0,04 \times 96,38 \\ &= 3,915 \text{ m}^3 \end{aligned}$$



Gambar 5. Histogram Volume Getman Mixer



Gambar 6. Volume Shotcrete Pada Getman

Perhitungan Faktor Koreksi

Berdasarkan data *Dayly Report* Departemen DMLZ, rata-rata *shotcrete* yang digunakan sebesar 4,962 m³.

Diketahui:

Volume *shotcrete* Aktual = 3,92 m³

Volume *shotcrete* yang dilaporkan = 4,98 m³

$$\begin{aligned} \text{Faktor Koreksi} &= \frac{\text{Volume Shotcrete Hasil Estimasi}}{\text{Volume Shotcrete Dilapangan}} \\ &= \frac{3,92 \text{ m}^3}{4,98 \text{ m}^3} \\ &= 0,79 \end{aligned}$$

Tabel 7. Faktor Koreksi

	Volume Shotcrete (m³)			Report (m³)	Faktor Koreksi
	Batch Plant	WS Mixer	Getman Mixer		
Nilai Minimal	4,7	4,63	3,48	4,00	0.87
Nilai Maksimal	4,94	4,93	4,43	5,00	0.89
Nilai Rata-rata	4,83	4,76	3,92	4,98	0.79
Standar Deviasi	0,06	0,07	0,2	-	-
Standar Error	0,01	0,01	0,03	-	-

**PEMBAHASAN**

**Delivery Process**

*Delivery Process* dimulai setelah proses *Batching* dan *Mixing* oleh *Batch Plant* dan berakhir pada proses *Placement* oleh *Maxijet*. Setelah *Batch*

*Plant* menimbang (*batching*) dan mencampur (*mixing*) bahan-bahan penyusun *shotcrete* dalam waktu 60 detik, *chute* dari *Batch Plant* akan terbuka untuk mentransfer *shotcrete* ke dalam *drum WS Mixer* melalui *hopper WS Mixer* dengan waktu

transfer rata-rata 71,62 detik. Proses ini akan berulang selama lima kali.

Setelah proses *batch, mix* dan transfer *shotcrete* ke *WS Mixer* selesai, *WS Mixer* akan mengantarkan *shotcrete* ke dalam area tambang bawah tanah (*Bottom Batch Plant*) untuk melakukan transfer *shotcrete* ke *Getman Mixer* dengan waktu pengantaran rata-rata 32 menit. Setelah tiba di *bottom batch plant*, *shotcrete* akan ditransfer ke *Getman Mixer* dengan waktu transfer rata-rata sebesar 99,22 detik. Setelah *shotcrete* terisi penuh, *Getman Mixer* akan mengantarkan *shotcrete* ke lokasi *heading*, tempat dimana *Maxijet* akan melakukan *spray* (penyemprotan) *shotcrete* ke *heading* dengan waktu pengantaran rata-rata sebesar 2,5 menit.

### Analisis perbedaan volume *shotcrete*

Setelah dilakukan pengukuran dan perhitungan, didapatkan rata-rata volume *shotcrete* yang dihasilkan oleh *Batch Plant* sebesar 4,83 m<sup>3</sup>. Setelah ditransfer ke *WS Mixer*, volume *shotcrete* berkurang rata-rata 4,76 m<sup>3</sup>. Sementara dari *WS Mixer* ke *Getman Mixer*, *shotcrete* berkurang menjadi 3,92 m<sup>3</sup>. Perbedaan volume ini disebabkan oleh beberapa faktor, yaitu kondisi agregat yang sering berubah-ubah, terlalu basah atau terlalu kering agregat menyebabkan *Mix Design* ikut berubah (tidak mengikuti *Mix Design Standar*), pada saat proses transfer *shotcrete*, *drum mixer* berputar diluar kecepatan yang sudah ditentukan 1800 – 2000 Rpm yang menyebabkan *shotcrete* tumpah, kurang dari 1800 Rpm disebabkan karena operator *mixer* tidak *stand by* di dalam *cabin* untuk mengatur kecepatan putar *drum mixer* terhadap kecepatan transfer *Batch Plant* yang cepat dan konstan. Dalam proses transfer *shotcrete*, sering didapati *Mixer Truck* baik itu *WS Mixer* maupun *Getman Mixer* dalam keadaan menunggu antrian. Untuk mengejar target waktu, pada proses transfer *shotcrete* dari *WS Mixer* ke *Getman Mixer*, kecepatan putaran *drum* dapat melebihi 2000 Rpm, sehingga *shotcrete* yang masuk ke dalam *drum Getman Mixer* tidak mengisi celah-celah kosong di dalam *drum* dengan sempurna, terjadi pengerasan *shotcrete* pada dinding *drum mixer* yang menyebabkan terjadinya pengurangan kapasitas volume *drum*.

### Faktor koreksi

Berdasarkan hasil pengukuran dan perhitungan, terdapat pengukuran volume *shotcrete* yang akan digunakan dari *Batch Plant*, *WS Mixer* sampai ke *Getman Mixer*. Setelah *Getman Mixer* menerima *shotcrete* dari *WS Mixer*, pengawas akan

melaporkan *shotcrete* yang telah diterima oleh *Getman Mixer*. Namun karena tidak dilakukan pengukuran secara detail atau masih berdasarkan asumsi (1 drum *Getman Mixer* atau 1 lot = 5 m<sup>3</sup>), maka peneliti mencari angka konversi, sehingga pada saat *shotcrete* dilaporkan akan langsung dikonversi oleh angka yang didapatkan oleh peneliti berdasarkan pengukuran dan perhitungan.

Berdasarkan data *Daily Report* dan hasil perhitungan, terdapat perbedaan volume *shotcrete* secara aktual dengan *shotcrete* yang dilaporkan, diperoleh angka faktor koreksi sebesar 0,89 artinya pada saat *Daily Report* melaporkan *shotcrete* yang digunakan sebesar 5 m<sup>3</sup>, maka hasil 5 m<sup>3</sup> harus dikali atau dikonversi dengan angka 0,89 untuk mendapatkan hasil aktual dari *shotcrete* yang telah digunakan. Sehingga didapatkan *shotcrete* aktualnya sebesar 4,43 m<sup>3</sup>.

## PENUTUP

### Kesimpulan

1. *Delivery Process* dimulai setelah proses *Batching* dan *Mixing* oleh *Batch Plant* dan berakhir pada proses *Placement* oleh *Maxijet*, dengan waktu transfer rata-rata:

- *Batch Plant* ke *WS Mixer* 71,62 detik
- *WS Mixer* ke *Getman Mixer* 99,22 detik

Dan waktu pengantaran rata-rata:

- *WS Mixer* ke *Getman Mixer* 27 menit
- *Getman Mixer* ke Lokasi *Heading* 5 menit

2. Rata-rata volume *shotcrete* yang di transfer sebesar:

- *Batch Plant* 4,83 m<sup>3</sup>
- *WS Mixer* 4,76 m<sup>3</sup>
- *Getman Mixer* 3,92 m<sup>3</sup>

Perbedaan volume ini disebabkan karena:

- Kondisi agregat penyusun *shotcrete* yang berubah-ubah
- *Drum Mixer* berputar diluar kecepatan yang sudah ditentukan
- Terjadi pengerasan *shotcrete* dan pengurangan volume pada *drum Mixer*

3. Berdasarkan perbedaan volume aktual dengan *report*, diperoleh angka faktor koreksi 0,87, 0,89 dan 0,79.

### Saran

1. Karena *Mix Design* yang dibuat masih dalam kondisi agregat yang normal (tidak terlalu basah dan kering), maka perlu dibuat *Mix Design* dalam beberapa kondisi, keadaan basah, standar dan kering yang sesuai dengan target (1 × batch & mix = 1 m<sup>3</sup>). Agar *Batcher* (operator *Batch*

- Plant) tidak lagi mengira-ngira takaran *Mix Design* yang menyebabkan kuantitas *shotcrete* berubah.
2. Pada saat proses transfer dari *WS Mixer* maupun *Getman Mixer* sebaiknya operator *stand by* di *cabin* untuk mengatur kecepatan putar *drum* agar *shotcrete* yang tertampung pada *drum Getman Mixer* dapat tertampung secara optimal.
  3. Untuk meminimalisir kemungkinan terburuk, perencanaan kebutuhan *Shotcrete* menggunakan angka Faktor Koreksi 0.89.
  4. Agar dinging *drum* tetap bersih dan tidak terjadi pengurangan kapasitas volume *drum Getman* yang disebabkan oleh *shotcrete* yang mengeras, perlu dibuatnya jadwal Chipping secara berkala dan dimasukkan ke dalam SOP.
  5. Agar Faktor Koreksi dapat diperbaharui, perlu dilakukan pengukuran ketika hasil *report* sudah melebihi *Shotcrete* yang sudah direncanakan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, (2018), *Rock Support Theory & Practice*. PT Freeport Indonesia, Tembapapura.
- Antoni D, (2012), *Efek Kekasaran Pipa Terhadap Koefisien Gesek*, Skripsi Program Studi Teknik Mesin Universitas Indonesia, Depok.
- Höfler, dkk, (2011), *Sika Sprayed Concrete Handbook*, Switzerland.
- Kresno, (1998), *Metode Tambang Bawah Tanah*, Jurusan Teknik Pertambangan UPN “Veteran”, Yogyakarta.
- Nugraha dan Antoni, (2007), *Teknologi Beton*, Andi, Yogyakarta.
- Rostiyanti, Susi Fatena, (2008), *Alat Berat Untuk Proyek Konstruksi*, PT. Rineka Cipta, Jakarta.
- Sugiyono, (2003), *Metode Penelitian Administratis Dilengkapi Dengan Metode R&D Edisi Revisi Dilengkapi dengan Metode R&D*, Alfabeta. Bandung.
- Sukandarrumidi, (2006), *Metodologi Penelitian*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Tjokodimuljo K, (1996), *Teknologi Beton*, Nafiri. Yogyakarta.
- Tumatar, Jeffry Franky, (2009), *Analisa dan Perbandingan Metode Wet Mix Dengan Dry Mix Shotcrete Pada Pekerjaan Kontruksi PT. Gematek Kontruksitama*, Skripsi Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Bandung, Bandung.