

OPTIMALISASI MIXER DAN MAXIJET UNTUK DEVELOPMENT GROUND SUPPORT PADA TAMBANG GRASBERG BLOCK CAVE (GBC) PT.FREEPORT TEMBAGAPURA, PAPUA

Teguh Indra Putra^{1*}, Yoszi Mingsi Anaperta^{1**}

¹Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang

*teguhindraputra12@gmail.com

**yoszi_mingsi@yahoo.com

Abstract. One of the underground mining areas in PT Freeport Indonesia that uses the collapsing method is the Grasberg Block Cave (GBC). The shotcrete production target per day is 40m³ while the production achieved is 33m³. The method to get the optimization effort is done by checking the multiple regression relationship value of the Equipment Availability relationship to the productivity of the mixer and maxijet tools. From the regression results, it is estimated that the optimal working time to achieve shotcrete productivity target is 40 m³ per day. The results of the analysis show that the optimum conditions in the Mixer and Maxijet devices the UA and PA values are at least 83% in order to achieve 40m³/day shotcrete production. To achieve UA and PA values of 83% so that the production of 40m³ shotcrete per day is needed, it takes real work 399 minutes to 500 minutes. In the case of repair (repair), to achieve ideal conditions required the addition of working hours to 720 minutes which was initially only 480 minutes. During working hours, the plan is 720 minutes, minimum actual working hours are 500 minutes and maximum standby is 100 minutes.

Keywords: Shotcrete, Underground Mining, Productivity, Mixer and Maxijet Tools, Equipment Availability

1. Pendahuluan

Salah satu area tambang bawah tanah di PT Freeport Indonesia yang menggunakan metode ambrukan adalah *Grasberg Block Cave* (GBC). Area tambang bawah tanah GBC merupakan area yang saat ini masih dalam tahap *development* yang ditargetkan akan mencapai tahap produksi pada tahun 2019 dengan target produksi 160.000 ton/hari. Pada metode ambrukan, kestabilan lubang bukaan menjadi salah satu faktor penting karena hal ini berhubungan erat dengan keselamatan kerja, baik bagi pekerja tambang maupun bagi peralatan tambang. Untuk meningkatkan stabilitas lubang bukaan, maka dilakukan perkuatan terhadap batuan dengan sistem penyanggaan bawah tanah (*groundsupport*).

Salah satu sistem penyanggaan yang digunakan di area tambang bawah tanah GBC adalah beton tembak atau yang lebih dikenal dengan istilah *shotcrete*. *Shotcrete* merupakan suatu campuran dari semen, pasir, air, dan bahan *additive* yang pembuatannya dilakukan di

batch plant^[1]. Untuk memenuhi kebutuhan *ground support*, khususnya di tambang bawah tanah GBC, maka diperlukan produktivitas dan distribusi *shotcrete* yang baik. *Shotcrete* yang digunakan di lapangan seringkali melebihi volume *shotcrete* hasil estimasi.

Dalam Kegiatan Penyemprotan, produktivitas alat merupakan faktor penting dalam kegiatan *support*^[1]. Hal ini sangat berpengaruh kepada seberapa besar dapat mengetahui waktu kerja efektif dan produktifnya alat *Maxijet* target produksi perharinya adalah 40 m³ sedangkan produksiyang tercapai perharinya adalah 33 m³ oleh sebab itu diperlukan upaya optimalisasi *mixer* dan *maxijet* untuk dapat mencapai target produksi yang diberikan.

Namun demikian kenyataan yang terjadi ketika di lapangan bisa lain. Banyak kendala yang mungkin timbul yang dapat menyebabkan tidak produktifnya alat tersebut, sehingga waktu kerja tidak efektif dan tidak produktif. Hal ini sebabkan oleh berbagai faktor yang tidak atau diperhitungkan yang menjadi hambatan

dilapangan. Oleh karena itu, optimalisasi alat diperlukan untuk mempercepat proses support di GBC dan kemampuan kerja alat tersebut dilapangan.

Oleh karena itu, jika permasalahan dapat dihilangkan atau dilakukan usaha-usaha untuk mengurangi permasalahan yang ada sehingga proses support yang diharapkan dapat terpenuhi.

Saat ini PT.Freeport melakukan kegiatan penyagaan di lokasi tambang *Grasberg Block Cave* salah satunya yaitu penyagaan menggunakan *shotcrete* dan alat yang digunakan untuk kegiatan ini adalah *Maxijet* dan *mixer* dan perusahaan juga ada pengurangan jadwal kerja para pekerja tambang bawah tanah dari 6 x 1 dan 6 x 2 dalam satu minggu menjadi 5 x 2 dan 5 x 3 dalam satu minggu. Hal ini menimbulkan hambatan dalam kegiatan penyagaan dengan *shotcrete* yang ada di *Grasberg Block Cave*. Oleh karena itu penulis berkeinginan untuk melakukan penelitian mengenai kontrol alat untuk development *Ground Support* agar tidak mengurangi kegiatan penyagaan *shotcrete*.

2. Tinjauan Pustaka

2.1. Lokasi Penelitian

PTFI merupakan perusahaan tambang terbesar di Indonesia dengan luas wilayah Kontrak Karya seluas 2.500.000 hektar. Lokasi PTFI terletak di pegunungan Jayawijaya, Kecamatan Mimika Timur, Kabupaten Timika, Provinsi Papua, berada pada posisi geografis 04° 06' - 04° 012' Lintang Selatan dan 137° 06' - 137° 12' Bujur Timur. Kegiatan operasional PTFI terbentang dari pelabuhan Amamapare sampai ke lokasi penambangan bijih di Grasberg, yang panjangnya lebih kurang 125 km.

Area Operasional PTFI dapat dicapai melalui dua jalur, yaitu jalur laut melalui pelabuhan laut Amamapare (*portsite*) dan jalur udara dengan menggunakan pelabuhan udara Timika. Jalan utama dibangun dengan lebar 12 m untuk menghubungkan *portsite* dengan pabrik pengolahan di *mile 74* yang berjarak 125 km. Perjalanan ditempuh melalui Timika *Airport*, Kuala Kencana, Tembagapura, dan *Ridge Camp*. Perjalanan dari Timika ke kota Tembagapura (*milepost 68*) dapat ditempuh dalam waktu sekitar 2 jam apabila melalui jalur darat atau dengan menggunakan jalur udara dengan helikopter selama 15 menit.

Untuk sampai ke lokasi pengamatan, yaitu tambang bawah tanah *Grasberg Block Cave* (GBC) dapat menggunakan kendaraan kecil (LV) dan bus dari kota Tembagapura dengan menempuh perjalanan sejauh 10 km. Perjalanan ditempuh dalam waktu sekitar 30 menit, kemudian masuk melalui *ARD Portal* atau terowongan Ali Budiardjo (*AB Tunnel*) sebagai akses masuk menuju tambang bawah.



Gambar 1. Peta Kesampaian Daerah

2.2. Teori Dasar

2.2.1 Shotcrete

Beton tembak atau lebih dikenal dengan istilah *shotcrete* adalah suatu sistem penyanggaan yang menggunakan campuran antara semen, air, agregat dan *aditive* yang kemudian disemprotkan dengan menggunakan alat bantu ke dinding dan atap terowongan. Agregat untuk *shotcrete* biasanya berukuran relatif lebih kecil (ukuran *sieve*: 0,125 mm–8 mm) daripada agregat yang biasa dipergunakan untuk beton. *Shotcrete* dirancang untuk dapat menahan gaya yang bekerja pada batuan yang disebabkan oleh lubang bukaan. Pada *shotcrete*, penambahan material tertentu (misalnya: *fiber*), diharapkan juga bisa bertahan terhadap *tension stress* [2].

Dari sifat-sifat yang dimilikinya, *shotcrete* mempunyai beberapa kelebihan bila dibandingkan dengan sistem penyanggaan dari kayu atau baja, antara lain adalah tidak ada ruang kosong pada dinding terowongan dan waktu pelaksanaan lebih singkat. Dalam mengatasi sifat dari *shotcrete* yang mempunyai kuat tarik rendah, maka sebagai sistem penyangga *shotcrete* dikombinasikan dengan *weldmesh*, *splitsets*, atau *rock bolt* sehingga membentuk satu kesatuan yang disebut beton bertulang (*reinforced*). Selain itu, juga dapat ditunjang dengan adanya kombinasi ketebalan *shotcrete* yang disemprotkan sesuai dengan kekuatan batuan yang ada [3].

2.2.2 Produktivitas

Produktivitas adalah hubungan antara kualitas yang dihasilkan dengan jumlah kerja yang dilakukan untuk mencapainya [4].

Adapun rumus untuk menghitung produktivitas alat adalah sebagai berikut [4] :

$$\text{Produktivitas} = 60/CT \times Kt \times PA \times \text{jam kerja} \quad (1)$$

Dimana:

CT= Cycle time (Detik)

Kt= Faktor pengisian (m³)

PA= *Physical Availability*

UA= Use of Availability

2.2.3 Equipment Availability

1. Mechanical Availability (MA)

Mechanical Availability (MA) merupakan suatu cara untuk mengetahui kondisi mekanis yang sesungguhnya dari alat yang sedang dipergunakan [5]. Persamaan untuk *Mechanical Availability* adalah sebagai berikut:

$$MA = \frac{W}{W+R} \times 100\% \quad (2)$$

Dimana:

W = *Working hours* dimulai dari operator berada di satu alat dan alat tersebut berada dalam kondisi *operable* (mesin dan bagian-bagian siap dipakai operasi). *Working hours* ini termasuk *delay time*

R = *Repair hours* atau waktu yang digunakan untuk *actual repair, waiting for repair, waiting for part*, waktu yang hilang untuk perawatan.

2. Physical Availability (PA)

Physical Availability merupakan catatan mengenai fisik dari alat yang sedang dipergunakan. Persamaan untuk *Physical Availability* adalah sebagai berikut [6].

$$PA = \frac{W+S}{W+R+S} \times 100\% \quad (3)$$

Dimana:

S = *Standby hours* adalah waktu dimana alat siap pakai, tetapi karena satu dan yang lain hal tidak dipergunakan ketika operasi penambangan sedang berlangsung.

W+R+S = Jumlah seluruh jam jalan dimana alat dijadwalkan untuk beroperasi.

3. Use of Availability (UA)

Menunjukkan beberapa persen waktu yang dipergunakan oleh suatu alat untuk beroperasi pada saat alat tersebut dapat dipergunakan. Persamaan untuk *Use of Availability* adalah sebagai berikut [6,7].

$$UA = \frac{W}{W+S} \times 100\% \quad (4)$$

Dari *Use of Availability* dapat diketahui seberapa efektif suatu alat yang tidak rusak dapat dimanfaatkan. Hal ini dapat menjadi ukuran seberapa baik pengelolaan (*management*) peralatan yang dipergunakan [7].

4. Effective Utilization (UE)

Menunjukkan berapa persen dari seluruh waktu kerja yang dapat dimanfaatkan untuk kerja produktif. Persamaannya adalah sebagai berikut [8].

$$U = \frac{W}{W+R+S} \times 100\% \quad (5)$$

5. Efisiensi Kerja

Efisiensi kerja adalah perbandingan waktu kerja efektif terhadap waktu yang tersedia. Waktu yang digunakan adalah waktu untuk produksi berarti ada kehilangan waktu yang disebabkan oleh adanya hambatan - hambatan selama jam kerja [9].

Pada umumnya efisiensi kerja dipengaruhi oleh keahlian operator, keadaan peralatan, keadaan medan kerja, cuaca dan keadaan material. Adapun hambatan yang tidak bisa dihindari seperti melumasi kendaraan, memperbaiki kerusakan kecil, memindahkan peralatan dan mempersiapkan front kerja. Efisiensi kerja selalu berubah - ubah tergantung dari faktor - faktor di atas dan jarang sekali waktu yang ada digunakan dengan sebenar - benarnya [9].

Tabel 1. Efisiensi Operator

Klasifikasi	Efisiensi Operator (5%)
Baik sekali	>83
Baik	75 - 82
Cukup	65 - 74
Buruk	<64

Dengan menghitung hambatan tersebut maka jam kerja efektif dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut [9].

$$We = Wp - (Wn + Wu) \quad (6)$$

Keterangan:

We = Waktu efektif

Wp = Waktu kerja produktif

Wn = Waktu hambatan yang disebabkan oleh faktor alat

Wu = Waktu hambatan yang disebabkan oleh faktor manusia

Waktu produksi efektif yang diperoleh digunakan untuk menghitung efisiensi kerja dengan persamaan [9,10].

$$E = \frac{We}{Wp} \times 100\% \quad (7)$$

Keterangan:

E = Efisiensi

We = waktu efektif

Wp = waktu produktif

2.2.4 Waktu Edar (Cycle Time)

Waktu edar (*cycle time*) terdiri dari dua jenis, yaitu waktu tetap (*fixed time*) dan waktu tidak tetap (*variable time*). Jadi waktu edar total adalah penjumlahan waktu tetap dan waktu variabel. Yang termasuk kedalam waktu tetap adalah waktu pengisian atau pemuatan termasuk *manuver* dan menunggu, waktu pengosongan muatan, waktu membelok dan mengganti gigi dan percepatan, sedangkan yang termasuk waktu variabel adalah waktu mengangkat muatan dan kembali kosong [11].

2.2.5 Korelasi dan Regresi Linier Sederhana

Korelasi merupakan istilah yang digunakan untuk mengukur kekuatan hubungan antar variabel. Analisis korelasi adalah cara untuk mengetahui ada atau tidaknya hubungan antar variabel misalnya hubungan dua variabel. Korelasi yang terjadi anatara dua variabel dapat berupa korelasi positif, korelasinegatif, tidakada korelasi, ataupun korelasi sempurna ^[12].

2.2.6 Analisis Regresi Linier Berganda

Regresi linier berganda digunakan untuk mengetahui bagaimana pengaruh antara variabel bebas (X1 dan X2) dengan variabel terikat (Y) yang menggunakan rumus regresi linier berganda. Analisis ini untuk mengetahui arah hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat, apakah masing-masing variabel bebas berhubungan positif atau negatif dan memprediksi perubahan variabel terikat akibat pengaruh dari nilai variabel bebas ^[12].

Permasalahan analisis regresi yang melibatkan hubungan dari dua atau lebih variabel bebas. Analisis regresi mampu memberi informasi kepada para manajer sehingga mereka dapat mengevaluasi dan mengubah strategi yang sedang diterapkannya ^[13].

Uji regresi berganda digunakan untuk meramalkan nilai variabel terikat (Y) apabila variabel bebas minimal dua atau lebih. Uji regresi ganda adalah alat analisis peramalan nilai pengaruh dua variabel bebas atau lebih terhadap satu variabel terikat (untuk membuktikan ada atau tidaknya hubungan fungsional atau hubungan kausal antara dua variabel bebas atau lebih, (X₁) (X₂) (X₃)... (X_n) dengan satu variabel terikat) ^[13].

3. Metode Penelitian

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan oleh penulis adalah penelitian kuantitatif yang mengacu kepada penelitian eksperimen. metode penelitian kuantitatif dapat diartikan sebagai metode penelitian yang berlandaskan pada filsafat positivisme, digunakan untuk meneliti pada populasi atau sampel tertentu. Teknik pengambilan sampel pada umumnya dilakukan secara random, pengumpulan data menggunakan instrumen penelitian, analisis data bersifat kuantitatif/statistik dengan tujuan untuk menguji hipotesis yang telah ditetapkan ^[14].

3.2 Objek Penelitian

Adapun yang menjadi objek penelitian adalah optimalisasi produktivitas dari alat *mixer* dan *maxijet*, maka penulis menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi hambatan produktivitas dari masing-masing *mixer* dan *maxijet* dan memberikan saran bagaimana upaya terhadap pengoptimalan target produktivitas masing-masing *mixer* dan *maxijet* PT. Freeport unit *Grasberg Block Cave* (GBC).

3.3 Lokasi Penelitian

Pelaksanaan penelitian berada di PT. Freeport Indonesia. Secara administrasi lokasi penelitian berada di pegunungan Jayawijaya, Kecamatan Mimika Timur, Kabupaten Timika, Provinsi Papua, berada pada posisi geografis 04° 06' - 04° 012' Lintang Selatan dan 137° 06' - 137° 12' Bujur Timur. Kegiatan operasional PTFI terbentang dari pelabuhan Amamapare sampai ke lokasi penambangan bijih di Grasberg, yang panjangnya lebih kurang 125 km.

3.4 Instrumen Penelitian

Adapun instrumen penelitian yang digunakan selama melakukan kegiatan adalah form daily production *mixer* dan *maxijet*, kamera, alat tulis kerja, dan komputer.

4. Analisis dan Pembahasan

4.1 Distribusi Shotcrete

Salah satu sistem penyanggaan yang digunakan di area tambang bawah tanah GBC adalah beton tembak atau yang lebih dikenal dengan istilah *shotcrete*. *Shotcrete* merupakan suatu campuran dari semen, pasir, air, dan bahan *additive* yang pembuatannya dilakukan di *batch plant*. Untuk memenuhi kebutuhan *ground support*, khususnya di tambang bawah tanah GBC. Selain itu karena pada perusahaan bekerja sama dengan pihak kontraktor maka harus ada pengawasan terhadap kinerja para kontraktor, bahan-bahan penyusun *shotcrete*.

4.1.1 Semen

Semen merupakan komposisi terpenting pada *shotcrete*. *Portland Composite Cement* (PCC) merupakan jenis yang terbaru digunakan pada operasi tambang. Setiap negara memiliki standar sendiri dalam penentuan spesifikasinya. Dosis semen per-kilogram dalam campuran per-m³ *shotcrete* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut ini ^[15]:

$$M_c = \frac{550}{5\sqrt{D_{max}}} \quad (8)$$

Keterangan:

M_c = Dosis minimum semen (dalam kg) per m³ *shotcrete*

D_{max} = Ukuran material terbesar (dalam mm)

Dari persamaan tersebut dapat dikatakan bahwa jika ukuran material meningkat, jumlah semen yang digunakan akan turun, membuat penggunaan *shotcrete* lebih ekonomis. Namun, jumlah semen yang digunakan juga tergantung dari kualitas *aggregate* yang digunakan. Jika *aggregate* tersebut tidak dapat memberikan kekuatan maksimal sesuai dengan kekuatan yang diinginkan, maka jumlah semen yang digunakan semakin banyak. Hal ini dimaksudkan agar

semen dapat mengikat *aggregate* yang digunakan dalam campuran *shotcrete* tersebut. Ukuran material dan semen harus dikontrol secara benar agar nilai kuat tekan yang diperoleh sesuai dengan standar dan daya lekat dari material *shotcrete* baik sehingga hasil penyemprotan *shotcrete* tidak menimbulkan banyak masalah. Pengujian kecepatan mengeras semen dapat dilakukan dengan test *vicat-setting time*.

Pengujian ini dilakukan tanpa menggunakan *accelerator* sebagai pemercepat waktu pengeringan semen. Tes ini dilakukan dengan cara menguji sampel berupa campuran antara air dan semen dalam perbandingan tertentu yang ditempatkan pada suatu tempat dan selanjutnya ditekan dengan suatu jarum penetrasi dengan interval waktu tertentu (*vicat test method*). Pembacaan hasil pengukuran diketahui melalui jarum (*needle*) petunjuk pada *gauge reading*. Angka yang terbaca pada skala paling atas dari permukaan sampel menunjukkan total jarum yang masuk pada campuran semen.

Nilainya kemudian dikurangi dengan angka maksimal jarum dan hasilnya merupakan ketebalan dari semen yang sudah mengeras.

4.1.2 Agregat / Material

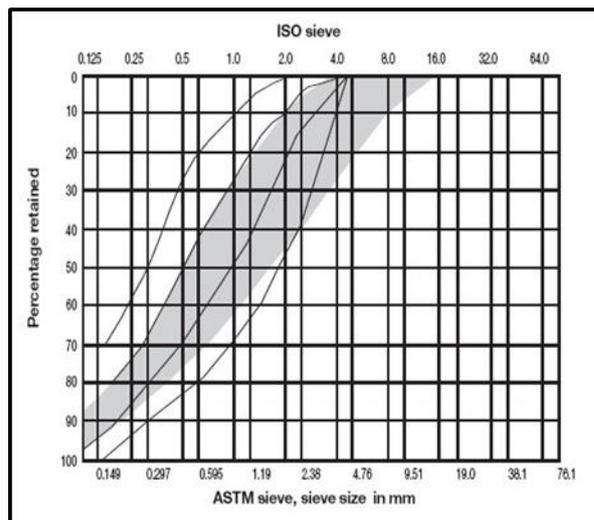
Agregat berguna untuk memberikan dimensi, yaitu sebagai struktur rangka pada material *shotcrete*, mengurangi jarak celah yang harus diisi oleh semen sebagai bahan perekatnya sehingga dapat mengurangi biaya. *Agregat* yang digunakan adalah pasir. Pasir akan menjadi kerangka beton dan meminimalkan penyusutan volume yang terjadi selama pengerasan semen. Pasir mempunyai ukuran 0,125 mm – 8 mm. Ukuran yang lebih besar dari 8 mm tidak digunakan karena akan mengakibatkan penyumbatan saat penyemprotan.

Untuk menentukan jumlah agregat yang digunakan per- m^3 *shotcrete* dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut ini^[15]:

$$\frac{M_c}{\gamma_c} + \frac{M_a}{\gamma_a} + M_w + V_{air} = 1 \text{ m}^3, \text{ dimana : } 1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ liter} \quad (9)$$

Keterangan:

- M_c = dosis minimum semen (kg/m^3)
- M_a = dosis minimum agregat (kg/m^3)
- M_w = dosis minimum air (kg/m^3)
- V_{air} = volume udara (m^3)
- γ_c = *density* semen (kg/m^3)
- γ_a = *density* agregat (kg/m^3)



Gambar 2. Rekomendasi Ukuran Agregat untuk *Shotcrete* Berdasarkan Standar ASTM

Tabel 2. Ukuran Agregat Berdasarkan ASTM Sieve

SIEVE	MIN %	MAX %
0.125	4	12
0.25	11	26
0.50	22	50
1.0	37	72
2.0	55	90
4.0	73	100
8.0	90	100
16.0	100	100

4.1.2 Air

Air merupakan bahan yang sangat penting dalam penggunaan *shotcrete*. Jumlah air yang dibutuhkan tergantung dari ukuran agregat dan kekuatan dari *shotcrete* yang diinginkan, juga tergantung dari sifat granulometri material dan kuat tekan yang ada. Jumlah air yang dibutuhkan (dalam $1 \text{ kg}/\text{m}^3$ *shotcrete*) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut ini^[15]:

$$M_w = A (7K) \quad (10)$$

Keterangan:

- M_w = jumlah air, kg/m^3
- A = koefisien, tergantung kondisi
- K = modulus kehalusan

Tabel 3. Nilai Koefisien pada Kondisi Kerja Tertentu

Kondisi kerja	Koefisien	
Basah	45	50
Plastik	50	63
Cairan	58	74

4.1.2 Bahan-Bahan Pembentuk Lainnya (*Additive*)

Tambahan material pada *shotcrete* digunakan untuk mengubah waktu penyetingan dan mudah tidaknya dialirkan (*fluidity*) serta untuk menambah kekuatan (kuat

tarik) *shotcrete* sebagai salah satu perkuatan lubang bukaan. Adapun material atau bahan tambahan yang biasanya digunakan dalam campuran *shotcrete* diantaranya Accelerator, Fiber dll.

4.2 Alat distribusi *shotcrete*

Dalam melakukan kegiatan *ground support*, alat distribusi yang digunakan, yaitu:

4.2.1 Alat Angkut *Shotcrete*

Sebagai alat angkut *shotcrete* dalam kegiatan *ground support* di tambang Blok Cave PT. Freeport digunakan alat berupa Mixer Truk.



Gambar 3. Alat Angkut *Shotcrete* Mixer Truck

4.2.2 Alat Penyemprot *Shotcrete*

Mekanisme penyemprotan sangat memegang peranan penting karena mempengaruhi persentase *rebound* yang terjadi. Mekanisme penyemprotan *shotcrete* yang benar yaitu memutar/sirkular dengan sudut antara *nozzle* dengan dinding *drift* yang disemprotkan *shotcrete* adalah 90 derajat. Adapun alat penyemprot yang digunakan berupa alat *maxijet*.



Gambar 4. Alat *Maxijet* Penyemprot *Shotcrete*

4.3. Menghitung PA dan UA dari Mixer dan *Maxijet*

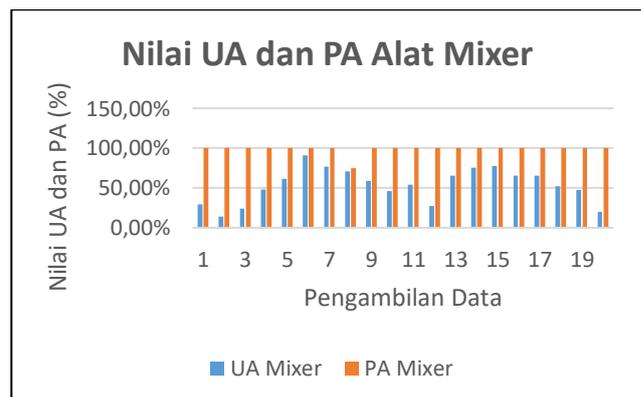
Hasil pengambilan data dari total rencana kerja yaitu 480 menit, pada alat Mixer rata-rata jam kerja real adalah 252,55 menit, *repair* 6 menit, dan *standby* 221,45 menit. Pada alat *Maxijet*, jam kerja real 236,10, *repair* 6 menit dan *standby* 237,90 menit. Hal ini menunjukkan bahwa jam kerja real hanya tercapai setengah dari jam kerja rencana alat Mixer dan *Maxijet*.

Adapun data distribusi waktu real penggunaan alat *Mixer* dan *Maxijet* bisa dilihat pada Tabel 4 berikut ini.

Tabel 4. Distribusi Nilai UA dan PA *Mixer* dan *Maxijet*

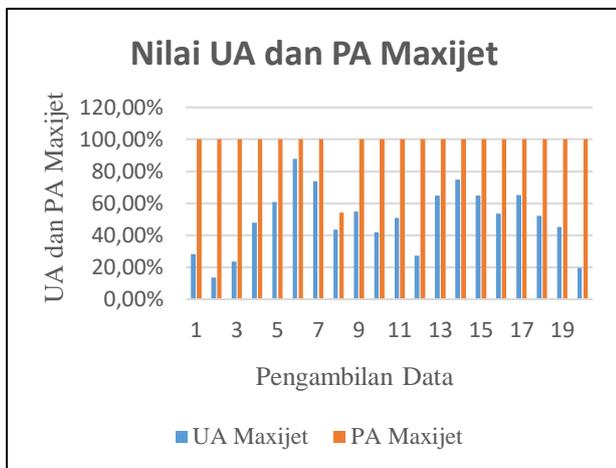
NO	UA (%)		PA (%)	
	Mixer Truck	Maxijet	Mixer Truck	Maxijet
1	29.38%	28.13%	100.00%	100.00%
2	13.75%	13.54%	100.00%	100.00%
3	23.96%	23.75%	100.00%	100.00%
4	48.13%	47.92%	100.00%	100.00%
5	61.25%	61.04%	100.00%	100.00%
6	91.04%	87.92%	100.00%	100.00%
7	76.67%	73.75%	100.00%	100.00%
8	71.11%	43.61%	75.00%	54.38%
9	58.96%	54.79%	100.00%	100.00%
10	46.25%	41.88%	100.00%	100.00%
11	54.38%	50.83%	100.00%	100.00%
12	27.29%	27.29%	100.00%	100.00%
13	65.21%	64.79%	100.00%	100.00%
14	75.21%	75.00%	100.00%	100.00%
15	77.50%	64.79%	100.00%	100.00%
16	65.42%	53.54%	100.00%	100.00%
17	65.42%	65.21%	100.00%	100.00%
18	52.08%	52.08%	100.00%	100.00%
19	47.29%	45.21%	100.00%	100.00%
20	19.79%	19.58%	100.00%	100.00%
Rata-Rata	53.50%	49.73%	98.75%	97.72%

Distribusi nilai UA dan PA masing-masing pada hari pengambilan data diperlihatkan pada gambar grafik distribusi nilai UA dan PA *Mixer* dan *Maxijet*.



Gambar 5. Distribusi Nilai UA dan PA Alat *Mixer*

Hasil hitungan menunjukkan bahwa dari 20 pengambilan data lapangan nilai Rata-rata UA (*Used of availability*) dan *Physical Availability* (PA) untuk alat mixer masing-masing adalah 53,50% dan 98,75%. Nilai UA (*Used of availability*) pada Mixer sebesar 53,50% menunjukkan bahwa jam kerja real hanya tercapai sebesar 53,50% dari rencana. Sedangkan nilai *Physical Availability* (PA) menunjukkan bahwa waktu *repair* alat Mixer sedikit. Semakin sedikit kejadian rapair maka kondisi kerja semakin efisien.



Gambar 6. Distribusi Nilai UA dan PA Alat *Maxijet*

Hasil hitungan menunjukkan bahwa dari 20 pengambilan data lapangan nilai Rata-rata UA (*Used of availability*) dan *Physical Availability* (PA) untuk alat *Maxijet* masing-masing adalah 49,73% dan 97,72%. Nilai UA (*Used of availability*) pada *Maxijet* sebesar 49,73% menunjukkan bahwa jam kerja real hanya tercapai sebesar 97,72% dari rencana. Sedangkan nilai *Physical Availability* (PA) menunjukkan bahwa waktu *repair* alat Mixer sedikit. Semakin sedikit kejadian repair maka kondisi kerja semakin efisien.

4.4. Menghitung Produktivitas dari Alat *Mixer* dan *Maxijet*

Kemampuan produktivitas alat muat dan angkut adalah besar produktivitas yang dicapai dalam kenyataan alat muat dan alat angkut berdasarkan kondisi yang dapat dicapai saat ini. Adapun rumus untuk menghitung produktivitas alat adalah sebagai berikut:

$$\text{Produktivitas} = 60/CT \times Kt \times PA \times UA \times \text{jam kerja} \quad (11)$$

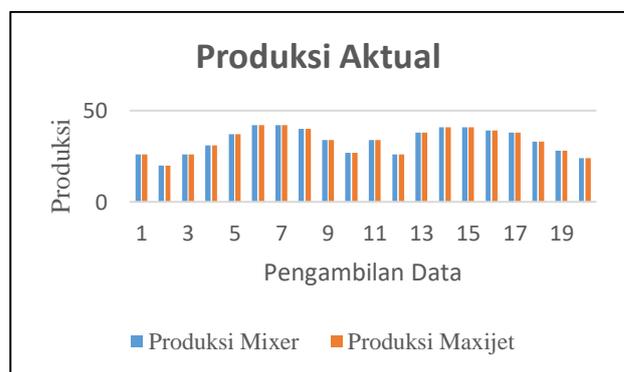
Dimana:

- CT = *Cycle time* (Detik)
- Kt = Faktor pengisian (m^3)
- PA = *Physical Availability*
- UA = *Use of Availability*

Tabel 5. Produktivitas Aktual *Shotcret*

NO	Produktivitas (m^3/day)	
	<i>Mixer Truck</i>	<i>Maxijet</i>
1	26	26
2	20	20
3	26	26
4	31	31
5	37	37
6	42	42
7	42	42
8	40	40
9	34	34
10	27	27
11	34	34
12	26	26
13	38	38
14	41	41
15	41	41
16	39	39
17	38	38
18	33	33
19	28	28
20	24	24
Rata-Rata	33,35	33,35

Berdasarkan pengambilan data aktual produktivitas *shotcrete* pada lokasi penelitian hanya mencapai 33,35 m^3/hari . Sedangkan target adalah sebesar 40 m^3/hari . Dari dua puluh (20) data, hanya lima (5) data yang menunjukkan produktivitas *shotcrete* tercapai, selebihnya dibawah produktivitas yang direncanakan.



Gambar 7. Grafik Produksi Aktual Alat

Dalam melakukan perhitungan produktivitas alat *Mixer* dan *Maxijet* ada beberapa parameter yang diperlukan, diantaranya yaitu:

4.4.1 *Cycle Time* *Mixer* dan *Maxijet*

Data *cycle time* mixer dan maxijet diambil sebanyak 20 data yaitu satu bulan pengambilan data. Berdasarkan hasil pengambilan data menunjukkan bahwa rata-rata *cycle time* alat *Mixer* adalah sebesar 20,1 menit.

Sedangkan rata-rata cycle time alat Maxijet adalah sebesar 19,75 menit. Data *cycle time* serta jam kerja *mixer* dan *maxijet* dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. *Cycle Time* dan Jam Kerja

<i>Cycle Time (CT) Menit</i>		<i>Total Jam Kerja Mixer Dan Maxijet (Jam)</i>
<i>Mixer Truck</i>	<i>Maxijet</i>	
26	24	8
15	15	8
15	15	8
18	18	8
16	16	8
21	21	8
34	32	8
20	20	8
23	23	8
22	22	8
25	22	8
18	18	8
22	22	8
17	17	8
16	16	8
20	20	8
18	18	8
18	18	8
20	20	8
18	18	8
20.10	19.75	8

4.4.2. Faktor Pengisian (Kt)

Nilai faktor pengisian (Kt) disesuaikan berdasarkan spesifikasi masing-masing alat mixer dan maxijet. Alat mixer memiliki faktor pengisian sebanyak 6m³, sedangkan alat maxijet sebanyak 4m³.

4.4.3. UA (Used of availability) dan Physical Availability (PA)

Nilai UA (*Used of availability*) dan *Physical Availability* (PA) dihitung pada point pembahasan sebelumnya. Hasil hitungan menunjukkan bahwa dari 20 pengambilan data lapangan nilai Rata-rata UA (*Used of availability*) dan *Physical Availability* (PA) untuk alat mixer masing-masing adalah 53,50% dan 98,75%.

4.4.4. Jam Kerja

Jam kerja merupakan banyaknya waktu rencana kerja penggunaan alat Mixer dan Maxijet. Berdasarkan data PT. Freeport, waktu yang disediakan untuk melakukan *shotcrete* di area penelitian adalah sebesar 8 jam (480 Menit).

Sehingga, berdasarkan parameter-parameter di atas dilakukan perhitungan nilai produktivitas mixer dan

maxijet. Berikut hasil perhitungan nilai produktivitas mixer dan maxijet.

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas Mixer} &= 60/CT \times Kt \times PA \times UA \times \text{jam kerja} \\ &= 60/20.10 \times 6 \times 0,9875 \times 0,535 \times 8 \\ &= 75,70 \text{m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas Maxijet} &= 60/CT \times Kt \times PA \times UA \times \text{jam kerja} \\ &= 60/19,75 \times 4 \times 0,9772 \times 0,4973 \times 8 \\ &= 47,24 \text{m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Dengan demikian, dari hasil perhitungan menunjukkan bahwa produktivitas dari alat Mixer dan Maxijet masing-masing adalah 75,70m³/hari dan 47,24m³/hari. Hal ini berarti dengan menerapkan kondisi jam kerja 8 jam (480 menit) maka produktivitas shotcrete akan tercapai. Akan tetapi, dalam realisasi jam kerja real hanya berkisar setengah dari jam kerja rencana.

4.5. Menganalisis Hubungan Equipment Availability Terhadap Produktivitas dari Alat mixer dan Maxijet

Analisis data statistik regresi linear dilakukan beberapa tahapan diantaranya yaitu: (1) pada tahap pertama dilakukan seleksi *bivariate* (analisis korelasi) untuk menentukan variabel mana yang dapat masuk dalam pemodelan *multivariate* (analisis regresi linear) dengan syarat nilai *pvalue* < 0,25. Bila terdapat nilai *pvalue* > 0,25 namun secara substansi sangat penting maka tetap dapat dimasukkan dalam analisis analisis regresi linear; (2) pada tahap kedua dilakukan pemodelan analisis regresi linear secara bersama-sama. Pada pemodelan analisis regresi linear dapat diketahui persentase seberapa besar variabel independen dapat menjelaskan variabel dependen, serta variabel yang memiliki pengaruh paling besar dibandingkan variabel lainnya dari persamaan yang didapatkan dari analisis regresi linier yang dilakukan. *Software* yang digunakan dalam analisis statistik korelasi dan analisis statistik regresi linear yaitu menggunakan *software* SPSS.

4.5.1. Hubungan UA (Used of Availability) dan PA (Physical Availability) dari Terhadap Produktivitas dari Alat Mixer

Menurut Colton, kekuatan hubungan dua variabel secara kuantitatif dapat dibagi menjadi empat area yaitu:

- R = 0,00 – 0,25, maka tidak ada hubungan / hubungan lemah
- R = 0,26 – 0,50, maka hubungan sedang
- R = 0,51 – 0,75, maka hubungan kuat
- R = 0,76 – 1,00, maka hubungan sangat kuat/semurna

Adapun hasil analisis korelasi hubungan UA (*Used of Availability*) dan PA (*Physical Availability*) terhadap produktivitas dari alat *mixer* bisa dilihat pada Tabel 9 berikut ini. Adapun hasil analisis korelasi dari pengolahan yang dilakukan pada *software* SPSS.

Tabel 7. Nilai Koefisien Korelasi

Parameter	Produktivitas <i>Shocrete</i>
UA_Mixer	0,561
PA_Mixer	0,456

Berdasarkan Tabel 7 diatas, terlihat bahwasanya nilai korelasi positif tertinggi yang menjelaskan pengaruh UA (*Used of availability*) dan PA (*Physical Availability*) terhadap produktivitas dari alat mixer yaitu *UA Mixer* dimana nilai koefisien korelasi yaitu +0,561 artinya parameter yaitu *UA Mixer* memiliki hubungan yang sangat kuat terhadap produksi Mixer sehingga jika *UA Mixer* besar maka akan diikuti dengan kenaikan pada produksi Mixer begitupun sebaliknya jika *UA Mixer* kecil maka akan diikuti juga dengan penurunan produksi Mixer.

Untuk mengetahui pengaruh hubungan pengaruh UA (*Used of availability*) dan PA (*Physical Availability*) terhadap produktivitas dari alat mixer maka perlu diketahui pengaruh antara kedua variabel-variabel tersebut. Untuk mengetahui pengaruh UA (*Used of availability*) dan PA (*Physical Availability*) terhadap produktivitas dari alat mixer maka dilakukan analisis regresi linear berganda dengan *software* SPSS.

4.5.2 Hubungan UA (*Used of availability*) dan PA (*Physical Availability*) dari Terhadap Produktivitas dari Alat *Maxijet*

Menurut Colton, kekuatan hubungan dua variabel secara kuantitatif dapat dibagi menjadi empat area yaitu:

R = 0,00 – 0,25, maka tidak ada hubungan / hubungan lemah

R = 0,26 – 0,50, maka hubungan sedang

R = 0,51 – 0,75, maka hubungan kuat

R = 0,76 – 1,00, maka hubungan sangat kuat/semurna

Adapun hasil analisis korelasi hubungan UA (*Used of Availability*) dan PA (*Physical Availability*) terhadap produktivitas dari alat *maxijet* bisa dilihat pada Tabel 11.

Tabel 8. Nilai Koefisien Korelasi

Parameter	Produktivitas <i>Shocrete</i>
UA_Maxijet	0,679
PA_Maxijet	0,456

Berdasarkan Tabel 11 diatas, terlihat bahwasanya nilai korelasi positif tertinggi yang menjelaskan pengaruh UA (*Used of Availability*) dan PA (*Physical Availability*) terhadap produktivitas dari alat *maxijet* yaitu *UA Maxijet* dimana nilai koefisien korelasi yaitu +0,679 artinya parameter yaitu *UA Maxijet* memiliki hubungan yang sangat kuat terhadap produksi *Maxijet* sehingga jika *UA Maxijet* besar maka akan diikuti dengan kenaikan pada produksi *Maxijet* begitupun sebaliknya jika *UA Maxijet* kecil maka akan diikuti juga dengan penurunan produksi *Maxijet*.

Untuk mengetahui pengaruh hubungan pengaruh UA (*Used of Availability*) dan PA (*Physical Availability*) terhadap produktivitas dari alat *maxijet* maka perlu diketahui pengaruh antara kedua variabel-variabel tersebut. Untuk mengetahui pengaruh UA (*Used of Availability*) dan PA (*Physical Availability*) terhadap produktivitas dari alat *maxijet* maka dilakukan analisis regresi linear berganda dengan *software* SPSS.

Dari hasil analisis regresi linear yang telah diolah dengan *software* SPSS juga didapatkan model atau persamaan analisis regresi linear berganda pengaruh UA (*Used of Availability*) dan PA (*Physical Availability*) terhadap produktivitas dari alat *maxijet* sebagai berikut ini.

$$Y = 0,225X_1 + 0,276X_2 - 4,832 \quad (12)$$

Keterangan :

Y = Produksi *Maxijet* (m³/hari)

X₁ = UA *Maxijet* (%)

X₂ = PA *Maxijet* (%)

Selanjutnya, dari analisis data yang dilakukan dengan *software* SPSS didapatkan juga nilai korelasi analisis korelasi hubungan UA (*Used of Availability*) dan PA (*Physical Availability*) terhadap produktivitas dari alat *maxijet* sebesar 0,792 dimana korelasi ini menunjukkan bahwasanya hubungan kedua variabel tersebut sangat kuat atau saling berpengaruh. Sedangkan, nilai R Square (R²) sebesar 0,628 artinya variabel independen (UA (*Used of Availability*) dan PA (*Physical Availability*)) dapat menjelaskan variabel dependen (produktivitas dari alat *maxijet*) sebesar 0,628%. Gambaran ringkas analisis regresi linear berganda tersebut dapat dilihat pada Tabel 9 berikut ini.

Tabel 9. Hasil Analisis Regresi Linear Berganda Pengaruh Hubungan UA (*Used of Availability*) dan PA (*Physical Availability*) Terhadap Produktivitas dari Alat *Maxijet*

Keterangan	Nilai
Nilai R (Koefisien Korelasi)	0,792
Nilai R Square (%)	0,628

4.6. Upaya Mengoptimalkan Alat *Mixer* Dan *Maxijet* Dari Segi Waktu Kerja

4.6.1 Nilai UA dan PA Optimal

Target produktivitas *shotcrete* yang harus dicapai di PT Freeport adalah 40 bcm/hari. Untuk mendapatkan target tersebut maka dilakukan estimasi menggunakan persamaan regresi linier berganda yang telah didapatkan dari pemodelan multivariate pada 10 kombinasi data. Kombinasi data tersebut meliputi nilai UA dan PA masing-masing alat *Mixer* dan *Maxijet*.

4.7. Rencana Jam Kerja

Hasil estimasi kondisi optimum menunjukkan pada alat Mixer dibutuhkan nilai UA dan PA minimal sebesar 80% agar tercapai produksi *shotcrete* 40m³/hari. Pada alat Maxijet dibutuhkan nilai UA dan PA minimal sebesar 83% agar tercapai produksi *shotcrete* 40m³/hari. Karenanya untuk mencapai kondisi demikian, diperlukan peningkatan jam kerja real dan pengurangan waktu *standby* alat.

Untuk mencapai target UA dan PA tersebut maka disimulasikan kondisi jam kerja mencakup jam kerja real, *standby* alat, dan *repair* alat. Berikut hasil simulasi untuk menacapi kondisi optimum.

Tabel 10. Estimasi Pada Alat Mixer Supaya Tercapai UA dan PA 80%

Jam Kerja Real (menit)	Repair (menit)	Standby (menit)	Total (menit)	UA	PA
384	0	96	480	80%	100%
385	120	95	600	80%	80%

Pada alat mixer untuk mencapai nilai UA dan PA 80% sehingga tercapai produktivitas *shotcrete* 40m³ per hari dibutuhkan jam kerja real 384 hingga 385 menit. Pada kondisi ada perbaikan (*repair*), untuk mencapai kondisi ideal diperlukan penambahan jam kerja menjadi 600 menit yang awalnya hanya 480 menit. Pada jam kerja rencana 600 menit, minimal jam kerja aktual adalah 385 menit serta *standby* maksimal 95 menit. Penambahan jam kerja dilakukan untuk mencapai kondisi idea UA dan PA 80% sehingga tercapai produktivitas *shotcrete* 40m³ per hari.

Tabel 11. Estimasi Pada Alat Maxijet Supaya Tercapai UA dan PA 83%

Jam Kerja Real (menit)	Repair (menit)	Standby (menit)	Total (menit)	UA	PA
399	0	81	480	83%	100%
500	120	100	720	83%	83%

Pada alat maxijet untuk mencapai nilai UA dan PA 83% sehingga tercapai produksi *shotcrete* 40m³ per hari dibutuhkan jam kerja real 399 menit hingga 500 menit. Pada kondisi ada perbaikan (*repair*), untuk mencapai kondisi ideal diperlukan penambahan jam kerja menjadi 720 menit yang awalnya hanya 480 menit. Pada jam kerja rencana 600 menit, minimal jam kerja aktual adalah 500 menit serta *standby* maksimal 100 menit. Penambahan jam kerja dilakukan untuk mencapai kondisi idea UA dan PA 83% sehingga tercapai produktivitas *shotcrete* 40m³ per hari.

Karena ada dua rekomendasi yaitu pada alat mixer

dan maxijet. Untuk mencapai hasil yang sesuai, maka direkomendasikan menerapkan pada kondisi alat maxijet dengan target UA dan PA 83%. Dengan nilai UA dan PA 83% maka kondisi kedua alat, mixer maupun maxijet akan terpenuhi.

5. Penutup

5.1 Kesimpulan

1. Distribusi shotcerete untuk ground support di blok Cave tamang PT. Freeport menggunakan alat mixer sebagai pengangkut dan Maxijet sebagai alat penyemprot pada dinding.
2. Hasil hitungan menunjukkan bahwa dari 20 pengambilan data lapangan nilai Rata-rata UA (*Used of availability*) dan *Physical Availability* (PA) untuk alat mixer masing-masing adalah 53,50% dan 98,75%. Sedangkan rata-rata UA (*Used of availability*) dan *Physical Availability* (PA) untuk alat Maxijet masing-masing adalah 49,73% dan 97,72%
3. Nilai produktivitas mixer dan maxijet masing-masing dengan menerapkan jam kerja sebesar 480 menit adalah 75,70m³/hari dan 47,24m³/hari.
4. Kondisi optimum menunjukkan pada alat Mixer dan Maxijet nilai UA dan PA minimal sebesar 83% agar tercapai produksi *shotcrete* 40m³/hari. Untuk mencapai nilai UA dan PA 83% sehingga tercapai produksi *shotcrete* 40m³ per hari jam dibutuhkan kerja real 399 menit hingga 500 menit. Pada kondisi ada perbaikan (*repair*), untuk mencapai kondisi ideal diperlukan penambahan jam kerja menjadi 720 menit yang awalnya hanya 480 menit. Pada jam kerja rencana 720 menit, minimal jam kerja aktual adalah 500 menit serta *standby* maksimal 100 menit.

5.2 Saran

Untuk mencapai target produktivitas *shotcrete* 40m³/hari maka PT. Freeport perlu meningkatkan jam kerja real alat Mixer dan Maxijet

Daftar Pustaka

- [1] Taggart AF. *Hand Book of Mineral Dressing*. John Willey & Sons, Inc New York: London (1954).
- [2] Imam, dkk. *Evaluasi Crushing Plant dan Alat Support untuk Pengoptimalan Hasil Produksi di Pt Binuang Mitra Bersama Desa Pualam Sari, Kecamatan Binuang*. Jurnal Himasapta, **Vol. 2, No. 2** (2017).
- [3] R.M. Safitra, dkk. *Evaluasi Waktu Dumping dan Manuver ke Primary Crusher Pada Tambang Emas Batu Hijau, Prov. Nusa Tenggara Barat*. Jurnal Geomine, **Vol. 05, No. 03** (2017).
- [4] Hambali, dkk. *Evaluasi Produksi Alat Gali Muat dan Alat Angkut Sebagai Upaya Pencapaian Target Produksi Pada PT. Pama Persada*

- Nusantara Distrik KCMB. Jurnal Himasapta*, **Vol. 2, No. 1** (2017)
- [5] R. Hadi. *Alat Berat dan Penggunaannya*. Departemen Pekerjaan Umum YBPPU: Jakarta (1992)
- [6] A. Tenrisukki. *Pemindahan Tanah Mekanis*. Gunadarma : Jakarta (2003).
- [7] P. Prodjosumarto. *Pemindahan Tanah Mekanis*. Institut Teknologi Bandung : Bandung (2014).
- [8] Y. Indonesianto. *Pemindahan Tanah Mekanis*.UPN, Yogyakarta (2014).
- [9] Putri, M., Yulhendra, D., & Octova, A. (2018). *Optimasi Geometri Peledakan Untuk Mencapai Target Fragmentasi Dan Diggability Dalam Pemenuhan Target Produktivitas Ore Di Pit Durian Barat Dan Pit South Osela Site Bakan PT J Resources Bolaang Mongondow Sulawesi Utara*. *Bina Tambang*, 3(1), 588-607.
- [10] A. Nurwaskito, dkk. *Optimalisasi Produktivitas Alat Muat dan Alat Angkut Dalam Mencapai Target Produksi Pada PT. Semen Bosowa Kabupaten Marosprovinsi Sulawesi Selatan*. Jurusan Teknik Pertambangan Universitas Muslim Indonesia.
- [11] D.P. Mahendri. *Evaluasi Kinerja Crushing Plan Batuan Andesit dalam Upaya Meningkatkan Kapasitas Produksi di PT. Ansar Terang Crushindo*. *Jurnal Pertambangan ISSN: 2460-6499*, **Vol. 3, No.1**, (2017).
- [12] Hastono, Susanto Priyo. *Analisis Data SPSS*. Jakarta: Universitas Indonesia (2006).
- [13] Y. Bachtiar, dkk. *Variabel yang Berpengaruh Terhadap Produktivitas Angkutan Batubara Yang Melalui Kota Banjarmasin*. *Jurnal Transportasi*. **Vol. 10, No. 1** (2010).
- [14] N. Martono. *Metode Penelitian Kuantitatif*. Jakarta : Rajawali Pers (2016).
- [15] C. Biron, E. Arioglu. *Design Of Supports in Mines*. John Willey & Sons, New York – Chichester – Birsbane – Toronto – Singapore (1982).