



## **Kajian Teknis Sistem Penyaliran Tambang Batubara pada Tambang Terbuka di PT. X**

Fairus Atika Redanto Putri<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Pertambangan – Institut Adhi Tama Surabaya (ITATS)

### **INFORMASI ARTIKEL**

Jurnal IPTEK – Volume 24  
Nomor 1, Mei 2020

Halaman:  
59 – 66  
Tanggal Terbit :  
29 Mei 2020

DOI:  
[10.31284/j.iptek.2020.v24i1.902](https://doi.org/10.31284/j.iptek.2020.v24i1.902)

### **ABSTRACT**

*Mining activities, especially open mines, are strongly influenced by the presence of water, a good drainage system is needed. At PT. X there is a problem because the presence of water that is not accommodated causes a decrease in performance in the production operation. Based on data collection and processing, the amount of rainwater discharge is 2.645,2 m<sup>3</sup> / day and runoff water flow is 85.245,06 m<sup>3</sup> / day (total 94.281,09 m<sup>3</sup> / day). The pump that is in the company is only capable of working 17.432,8 m<sup>3</sup> / day unable to drain the total water flow, after adding 1 pump, the resulting pump discharge becomes 34.865,6 m<sup>3</sup>. In addition, the transfer of sumps with a new sump capacity of 59.415,49 m<sup>3</sup> was carried out. It takes 9 days to move the sump using a 850 pc excavator. The mud settling pond has a dimension of 95 meters long, 20 meters wide and 6 meters deep, the percentage of deposition is 96,55% with a long time of dredging mud for 12 days.*

**Keywords:** discharge, pump, channel, sump

### **EMAIL**

[fairus@itats.ac.id](mailto:fairus@itats.ac.id)

### **PENERBIT**

LPPM- Institut Teknologi  
Adhi Tama Surabaya  
Alamat:  
Jl. Arief Rachman Hakim  
No.100,Surabaya 60117,  
Telp/Fax: 031-5997244

*Jurnal IPTEK by LPPM-  
ITATS is licensed under a  
Creative Commons  
Attribution-ShareAlike 4.0  
International License.*

### **ABSTRAK**

Kegiatan penambangan terutama tambang terbuka sangat dipengaruhi oleh adanya air, diperlukan sistem penyaliran yang baik. Pada PT. X terdapat sebuah masalah dikarenakan adanya air yang tidak tertampung menyebabkan menurunnya kinerja dalam operasi produksi. Berdasarkan pengambilan data dan pengolahannya didapatkan jumlah debit air hujan sebesar 2.645,2 m<sup>3</sup>/hari dan debit air limpasan sebesar 85.245,06 m<sup>3</sup>/hari (total 94.281,09 m<sup>3</sup>/hari). Pompa yang terdapat pada perusahaan hanya mampu bekerja 17.432,8 m<sup>3</sup>/hari tidak mampu mengalirkan debit air total tersebut, setelah dilakukan penambahan sebanyak 1 pompa maka debit pompa yang dihasilkan menjadi 34.865,6 m<sup>3</sup>. Selain itu dilakukan pemindahan *sump* dengan kapasitas *sump* baru 59.415,49 m<sup>3</sup>. Untuk memindahkan *sump* diperlukan waktu 9 hari menggunakan excavator pc 850. Kolam pengendapan lumpur mempunyai dimensi panjang 95 meter, lebar 20 meter dan kedalaman 6 meter, presentase pengendapan 96,55% dengan waktu lama pengerukan lumpur selama 12 hari.

**Kata kunci:** Debit, Pompa, Saluran, Sump.

## **PENDAHULUAN**

Batubara adalah endapan yang berasal dari tumbuhan pada masa lampau yang telah mengalami proses penggabutan untuk waktu yang sangat lama [1]. Pertambangan di Indonesia bagian Utara sebagian besar meliputi penambangan batubara. Sistem penambangan secara umum terbagi menjadi dua (terbuka dan bawah tanah), sistem penambangan terbuka dengan metode gali-isi-kembali (*back filling method*) dengan kombinasi alat gali muat dan angkut berupa *backhoe* dan *dumptruck* [3]. Metode tambang terbuka adalah metode penambangan yang seluruh kegiatan penambangannya berada di permukaan bumi dan tempat kerjanya berhubungan langsung dengan udara luar [4].

Sistem penambangan dengan metode tambang terbuka yang seluruh aktifitasnya berhubungan langsung dengan air yang berasal dari air hujan dan air limpasan. Air limpasan dipengaruhi oleh faktor meteorologi yang meliputi intensitas, durasi dan distribusi curah hujan [2]. Intensitas curah hujan besarnya tergantung pada lamanya curah hujan yang terjadi di suatu wilayah, apabila dalam suatu wilayah memiliki curah hujan yang tinggi maka dalam pelaksanaan penambangan juga akan terganggu dan diperlukannya sebuah saluran untuk mengendalikan air [5].

Pengendalian air yang masuk ke area penambangan menuju ke area yang tidak mengganggu penambangan disebut dengan sistem penyaliran tambang [6]. Sistem penyaliran tambang pada tambang terbuka dengan menggunakan metode penyaliran *mine drainage* maupun *mine dewatering* dengan analisa saluran terbuka, kapasitas *sump*, sistem pemompaan dan kolam pengendapan. Analisa tersebut didasari oleh banyaknya debit air yang masuk dan keluar dari area tambang. Sebelum dialirkan keluar area tambang menggunakan pompa, air yang masuk kedalam area tambang ditampung terlebih dahulu dalam sumuran atau *sump* [7].

Kegiatan penyaliran tambang memiliki tujuan utama yaitu mengendalikan air yang masuk ke area penambangan menuju ke area yang tidak mengganggu kegiatan penambangan. Sehingga dapat mendukung kelancaran produksi penambangan.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Curah Hujan

Satuan curah hujan adalah mm yang mempunyai arti jumlah air hujan yang jatuh pada satu satuan luas tertentu. Jadi 1 mm berarti pada luas 1 m<sup>2</sup> jumlah air yang jatuh sebanyak 1 liter. Derajat curah hujan dinyatakan dalam curah hujan per satuan waktu dan disebut dengan intensitas curah hujan, yang menyatakan ukuran hujan [8].

### Debit Air Tambang

Debit air tambang merupakan debit air yang terdiri dari air hujan yang langsung masuk ke area penambangan (*pit*) dan air limpasan (*run off*). Besarnya debit air bergantung pada koefisien limpasan, besarnya intensitas hujan serta luas dari daerah tangkapan hujan [9].

### Saluran Terbuka

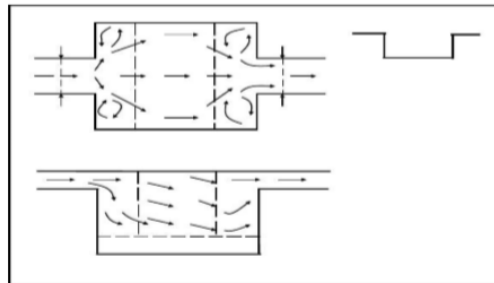
Saluran terbuka berfungsi untuk mengalirkan air yang akan masuk ke area penambangan menuju ke area yang telah ditentukan. Pemilihan bentuk dimensi saluran ini atas dasar pertimbangan pada debit air, jenis tanah pada pembuatan saluran terbuka serta cara pembuatannya. Ada beberapa macam bentuk saluran terbuka seperti bentuk trapesium, setengah lingkaran, segitiga, serta bentuk persegi. Parameter untuk menentukan saluran terbuka meliputi debit air tambang, nilai koefisien kekerasan dinding saluran, kemiringan rata – rata dasar saluran, dan luas penampang basah [9]. Sistem Penyaliran adalah suatu usaha untuk mencegah, mengeringkan, dan mengeluarkan air yang menggenangi suatu daerah tertentu [15].

### Sump/Sumuran

*Sump* atau sumuran berfungsi untuk menampung air untuk sementara waktu sebelum dipompakan keluar area tambang. Oleh karena itu, dimensi dari sumuran sangat tergantung dari besarnya debit air yang masuk dan keluar dari sumuran tersebut. Jumlah air yang masuk ke sumuran, berasal dari aliran saluran – saluran air, jumlah limpasan permukaan yang langsung mengalir ke sumuran dan air hujan yang langsung jatuh ke sumuran. Sedangkan jumlah air yang keluar yaitu berdasarkan kapasitas pompa yang digunakan. Oleh karena itu dimensi sumuran dapat ditentukan berdasarkan optimasi *input* (masukan) dan *output* (keluaran) [7].

### Kolam Pengendapan

Kolam Pengendapan Lumpur (*Settling Pond*) berfungsi sebagai pemisah material (lumpur) yang ikut terbawa oleh air, yang nantinya setelah air memenuhi syarat akan dialirkan lagi menjauh dari area penambangan seperti sungai, rawa, dan lain – lain. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam merancang suatu kolam pengendapan diantaranya volume air yang akan ditampung, volume butiran yang tersuspensi dan kecepatan waktu pengendapan [10].



Gambar 1. Sketsa *Settling Pond*

Sumber: Huisman, L., 1977

### Sistem Pemompaan

Pompa adalah suatu alat yang berfungsi untuk memindahkan cairan dari tempat satu ke tempat lainnya dengan cara menaikkan tekanan cairan tersebut. Untuk mengatasi hambatan – hambatan penyaliran digunakanlah kenaikan tekanan cairan tersebut. Dalam pemilihan pompa, hal – hal yang perlu diperhatikan meliputi debit maksimal air tambang, lamanya waktu pemompaan, keperluan debit pompa, *total head*, tipe dan ukuran pompa [11].

### METODE

Dalam penelitian ini tahapan/metode yang digunakan meliputi menghitung debit air limpasan maupun air hujan yang masuk kedalam area tambang, melakukan kajian terhadap sistem penyaliran, saluran terbuka, *sump* dan manajemen sistem penyaliran.

### Kondisi Topografi

Air mengalir dari topografi tinggi ke topografi rendah. Sebelum menjadi sumber air dari suatu sistem penyaliran, air tersebut akan melewati beberapa kondisi permukaan tanah seperti kerapatan vegetasi, kondisi topografi dan keadaan geologi. Kondisi tersebutlah yang mempengaruhi besar kecilnya debit air limpasan, dengan memperhatikan koefisien limpasan dari daerah tersebut. [12]

Tabel 1. Nilai Koefisien Limpasan

Kemiringan	Kegunaan Lahan	Koefisien Limpasan
Datar <3%	1. Sawah, Rawa	0,2
	2. Hutan, Perkebunan	0,3
	3. Perumahan dengan Kebun	0,4
Agak Miring 3%-15%	1. Hutan, Perkebunan	0,4
	2. Perumahan	0,5
	3. Tumbuhan yang Jarang	0,6
	4. Tanpa Tumbuhan, Daerah Penumbuhan	0,7
Curam >15%	1. Hutan	0,6
	2. Perumahan, Kebun	0,7
	3. Tumbuhan yang Jarang	0,8
	4. Tanpa Tumbuhan, Daerah Tambang	0,9

Sumber : Rudi Sayoga, 1993

### Curah Hujan

Pengolahan data curah hujan dilakukan untuk mendapatkan nilai curah hujan rencana maksimum serta nilai intensitas curah hujan maksimum. Metode yang digunakan adalah metode probabilitas gumbel dan persamaan Mononobe: [6]

Intensitas curah hujan

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left( \frac{24}{t} \right)^{2/3} \quad \dots (1)$$

Keterangan :

- I = Intensitas hujan untuk waktu t (mm/jam)
- R<sub>24</sub> = Curah hujan 24 jam/harian (mm)
- t = Lama waktu hujan (jam)

### Debit Air

Debit air tambang merupakan debit air yang terdiri dari air hujan yang langsung masuk ke area penambangan (*pit*), air limpasan (*run off*) dan air tanah. Debit air tambang inilah yang nantinya akan dijadikan penentuan untuk menghitung dimensi dari saluran terbuka[9].

Debit air hujan adalah jumlah debit air yang langsung masuk ke area *bottom pit*, atau daerah terendah pada pit. Debit air tersebut berasal dari curah hujan yang ada di wilayah tersebut. [12]

$$Q = Xr \times A \quad \dots (2)$$

Keterangan :

- Q = Debit air hujan (m<sup>3</sup>/detik)
- Xr = Curah hujan (mm)
- A = Luas *bottom pit* (m<sup>2</sup>)

Debit air limpasan (*peak run off*) = Q<sub>p</sub> dapat dihitung dengan menggunakan metode rasional (*US Soil Conservation Service, 1973*). [8]

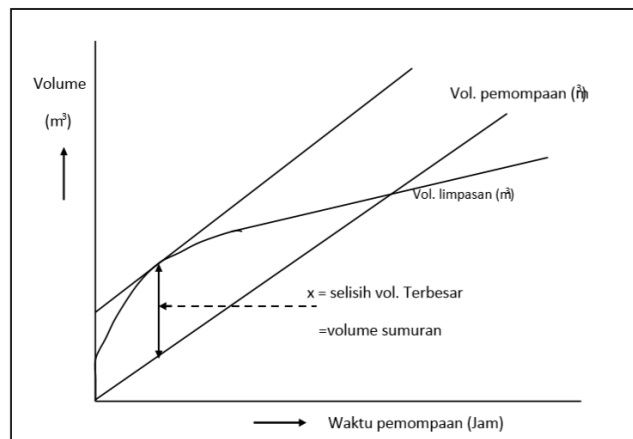
$$Q_p = 0,278 \times C \times I \times A \quad \dots (3)$$

Keterangan :

- Q<sub>p</sub> = debit air limpasan (m<sup>3</sup>/detik)
- C = koefisien limpasan
- I = intensitas hujan dan (mm/jam)
- A = luas daerah tangkapan hujan.(Ha)

### Sump

Dalam persencanaan suatu desain *sump* atau sumuran perlu diperhatikan adanya selisih tertinggi antara debit air limpasan dengan debit pompa yang biasa disebut dengan volume sumuran dan juga volume untuk jagaan sebesar beberapa persen dari volume awal. Berikut (Gambar 2) merupakan grafik penentuan volume sumuran.



Gambar 2. Grafik Penentuan Volume Sumuran

Sumber : Budiarto, 1997

## Pompa

Nilai debit suatu pompa dapat diketahui berdasarkan spesifikasi yang ada atau dengan cara pengukuran secara manual debit aktual.

$$Q_{pompa} = \pi \times r^2 \times v \quad \dots (4)$$

$$v = \frac{x}{\sqrt{\frac{2y}{g}}} \quad \dots (5)$$

Keterangan :

- Qpompa = Debit aktual outlet pompa (m<sup>3</sup>/detik)
- r = Jari-jari pipa yang digunakan perusahaan (m)
- v = Kecepatan aliran (m/s)
- x = Panjang tembakan outlet pompa (m)
- y = Panjang sisi pendek alat ukur yang digunakan (m)
- g = Percepatan gravitasi (9,8 m/s<sup>2</sup>)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Debit Saluran Terbuka

Pada PT. X, saluran terbuka yang dirancang berjumlah 5 saluran. Saluran terbuka yang dirancang berbentuk trapesium dengan pertimbangan perawatan relatif lebih mudah serta biaya pembuatan yang lebih murah.

Saluran I terdapat di sebelah timur yang berfungsi mengalirkan debit air yang berasal dari DTH 1. Saluran 2 sebelah selatan yang berfungsi mengalirkan air yang berasal dari DTH 2, DTH 3 dan saluran I. Saluran III di sebelah utara yang berfungsi untuk mengalirkan air yang berasal dari DTH 4. Saluaran IV di sebelah utara yang berfungsi mengalirkan air yang berasal dari DTH V dan saluran 3. Saluran V dan VI di sebelah barat yang berfungsi untuk mengalirkan air menuju ke void dan rawa – rawa. Berikut dibawah ini (Tabel 2) merupakan perbandingan daya tampung saluran terbuka dengan debit rencana.

Tabel 2. Perbandingan Daya Tampung Saluran Terbuka Dengan Debit Rencana

Keterangan	Saluran I	Saluran II	Saluran III	Saluran IV	Saluran V	Saluran VI
Kapasitas Saluran	2,13 m <sup>3</sup> /detik	3,81 m <sup>3</sup> /detik	2,13 m <sup>3</sup> /detik	3,19 m <sup>3</sup> /detik	3,19 m <sup>3</sup> /detik	2,13 m <sup>3</sup> /detik
Debit air yang masuk	0,718 m <sup>3</sup> /detik	3,4 m <sup>3</sup> /detik	1,243 m <sup>3</sup> /detik	1,67 m <sup>3</sup> /detik	0,47 m <sup>3</sup> /detik	0,10 m <sup>3</sup> /detik
Keterangan	tertampung	tertampung	tertampung	tertampung	tertampung	tertampung

Sumber : Pengolahan Data Peneliti

### Sump

Meluapnya *sump* terjadi karena besarnya debit air yang masuk tidak sebanding dengan debit air yang mampu dikeluarkan oleh pompa. Kinerja pompa saat ini dilakukan dengan *operating speed* 1300 rpm dengan jam kerja selama 20 jam per hari. Berdasarkan perhitungan, debit aktual pompa adalah sebesar 17.432,8 m<sup>3</sup>/hari. Volume luapan air yang menggenangi dasar pit yaitu sebesar 15.971,21 m<sup>3</sup>.

Perlu dilakukannya perbaikan pada sistem penyaliran, yaitu dengan pemindahan *sump*. Rekomendasi tersebut didasarkan pada elevasi *sump* lama dengan elevasi *sump* baru tidak berbeda jauh. Selain itu rekomendasi yang diberikan adalah penambahan satu unit pompa dengan tipe yang sama yaitu multiflo 420 dengan *operating speed* 1300 rpm.

Akibat penambahan satu unit pompa, maka debit pompa yang dihasilkan bertambah menjadi 34.865,6 m<sup>3</sup>/hari. Maka waktu yang digunakan untuk memompa air yang tergenang yaitu selama 1 hari. Setelah selesai mengeringkan genangan air, kedua pompa tersebut akan digunakan untuk mengeluarkan air yang berada pada *sump* baru. Sedangkan untuk mengatasi debit air *sump* sebesar 87.890,228 m<sup>3</sup> yaitu dengan cara dialirkan menuju ke *sump* baru yang akan dirancang.

*Sump* baru ini mempunyai kapasitas 59.415,49 m<sup>3</sup>/hari. Hal itu direncanakan berdasarkan selisih antara debit air yang akan masuk ke *sump* dengan debit pemompaan. Air yang masuk ke *sump*

yaitu berasal dari DTH 1, DTH 2, DTH 3, DTH 4 DTH 5 dan debit air hujan. Total debit yang masuk sebesar 94.281,09 m<sup>3</sup>/hari dengan debit pemompaan unit pompa sebesar 34.865,6 m<sup>3</sup>/hari.

## Manajemen Sistem Penyaliran Tambang

### a. Manajemen Pemindahan *Sump*

Langkah pertama dalam pemindahan *sump* yaitu menurunkan elevasi hingga sejajar dengan elevasi *sump* awal. Diketahui *sump* awal berada pada elevasi -23. Pada saat penurunan elevasi, material hasil pengerukan di buat tanggul pada elevasi -23 diantara *sump* baru dan *sump* lama.

Setelah elevasi sejajar, langkah selanjutnya adalah melakukan penggalian pada area yang akan dibuat *sump* baru. Penggalian dilakukan sampai dengan kedalaman 3 meter. Material hasil penggalian terlebih dahulu di timbun pada areal kosong. Setelah proses penggalian selesai dilakukan, maka material hasil penggalian akan di dumping pada *sump* lama. Pada saat proses dumping tersebut, tanggul yang sebelumnya telah dibuat, perlahan mulai dibuka agar air dapat mengisi *sump* baru yang telah digali.

Banyaknya material yang di gali didapatkan luasan yang akan diturunkan menjadi -23 yaitu 14091,67 m<sup>2</sup>. Dengan elevasi awal -20 maka banyaknya material 14091,67 m<sup>2</sup> x 3 m = 42.275,01 m<sup>3</sup>.

Setelah elevasi sama dengan elevasi *sump* awal, kemudian digali lagi sedalam 3 meter, maka material yang berhasil digali sebesar 14091,67 m<sup>2</sup> x 3 m = 42.275,01 m<sup>3</sup>. Maka total material yang digali adalah sebesar 84.550,02 m<sup>3</sup>. Lama waktu pemindahan *sump* baru yaitu selama 9 hari menggunakan 1 unit *excavator* komatsu PC 850 [13].

Sedangkan banyaknya material yang dibutuhkan untuk menimbun *sump* awal yaitu 53.853 m<sup>3</sup>. Data tersebut diperoleh dengan membuat *boundary* pada *sump* yang akan ditimbun, kemudian dikali dengan kedalaman *sump* yaitu 3 meter. Didapatkan 17.951 m<sup>2</sup> x 3 = 53.853 m<sup>3</sup>.

Dalam kegiatan pemindahan *sump*, faktor keselamatan perlu diperhatikan mengingat dengan medan kerja yang beresiko tinggi. Terutama pada saat pembukaan tanggul, air yang akan berpindah, kemungkinan besar akan terkontaminasi dengan material. Sehingga membuat medan kerja akan semakin licin. Untuk meminimalisir resiko tersebut perlu dipersiapkan *safety tools*, seperti pelampung. Karena medan kerja yang dekat dengan *sump*.

### b. Manajemen Kolam Pengendapan Lumpur

Setelah adanya penambahan satu unit pompa, maka debit air yang masuk ke kolam pengendapan lumpur akan bertambah, menjadi 871,64 m<sup>3</sup>/jam atau 0,242 m<sup>3</sup>/detik. Berdasarkan informasi dari departemen SHE PT. X setiap 1 liter air mengandung 10% padatan dan 90% air. Sehingga perhitungan waktu pengendapan dilakukan dengan menggunakan rumus *Stokes*. Hal ini dikarenakan persen *solid* yang dikandung kurang dari 40 %, Berikut di bawah ini merupakan hasil perhitungan waktu pengerukan kolam pengendapan yang ada di PT. X.

- 1) Kecepatan pengendapan (*V<sub>v</sub>*) : 0,003366 m/detik
- 2) Waktu pengendapan (*t<sub>v</sub>*) : 1.783 detik
- 3) Kecepatan air dalam kolam : 0,0019 m/detik
- 4) Waktu air untuk keluar dari kolam : 50.000 detik
- 5) Prosentase pengendapan : 96,55 %
- 6) Waktu pengerukan lumpur : 12 hari

Alat yang digunakan untuk melakukan pengerukan lumpur pada kolam pengendapan yaitu *Backhoe* KOMATSU PC 200 [14].

## KESIMPULAN

Sistem penyaliran yang diterapkan di daerah penelitian yaitu dengan sistem saluran terbuka. Hal itu dikarenakan sistem penambangan open pit yang seluruh kegiatannya berhubungan langsung dengan udara luar. Saluran terbuka yang dirancang masing – masing telah mempunyai debit aktual yang lebih besar daripada debit rencana, sehingga dapat menampung debit air yang masuk.

*Sump* pada daerah penelitian memiliki kapasitas 72.388,11 m<sup>3</sup>, namun *sump* yang ada mengalami luapan air karena debit air yang masuk tidak sebanding dengan debit air yang mampu dikeluarkan oleh pompa. Debit air yang masuk sebesar 94.281,09 m<sup>3</sup>/hari. Sedangkan debit air yang dikeluarkan oleh 1 unit pompa sebesar 17.432,75 m<sup>3</sup>/hari. Dengan penambahan satu unit pompa, maka debit pompa bertambah menjadi 34.865,6 m<sup>3</sup>/hari. Selain penambahan pompa, rekomendasi lain yang diberikan yaitu pemindahan *sump*. *Sump* yang baru memiliki kapasitas yang lebih besar yaitu 59.415,49 m<sup>3</sup> yang telah dirancang dengan mempertimbangkan rencana debit pemompaan.

Lama waktu pemindahan *sump* berjalan selama 9 hari menggunakan excavator PC 850. Sedangkan lama waktu pengerukan lumpur pada kolam pengendapan yaitu selama 12 hari menggunakan excavator pc 200.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kepada PT. X yang telah memberikan kesempatannya kepada peneliti dalam pengambilan data dan Dayang Probo Pamungkas yang telah membantu dalam pengambilan data dan pengolahan penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] SNI 5015. *Pedoman pelaporan, sumberdaya, dan cadangan batubara*. 2011.
- [2] Fairus Atika Redanto Putri. *Kajian Hidrologi Lingkungan Hidup Strategis Sebagai Penyempurnaan Kebijakan, Rencana, dan/atau Program Kawasan Pertambangan Gunung Lawu* [Report]. - Yogyakarta : UPN "Veteran" Yogyakarta, 2018.
- [3] Y. G. D. Cahyono, F. A. R. Putri, R. H. K. Putri, and L. Utamakno. *Kajian Fragmentasi Pembersihan Batuan Quarry Andesit di Bukit Tapuan PT. XYZ*. [Conference] // SNTEKPAN. - Surabaya : ITATS, 2019. - Vol. VII.
- [4] Nurhakim. *Bahan Kuliah Teknik Pertambangan*. Kotabaru : Program Studi Teknik Pertambangan Universitas Lambung Mangkurat 2004.
- [5] Budiarto. *Hidrogeologi*. Yogyakarta : FTM-UPN Veteran Yogyakarta (diktat). 2008.
- [6] Gautama, Rudy, Sayoga. *Diktat Kuliah Sistem Penyaliran Tambang*. Bandung : Institut Teknologi Bandung. 1999.
- [7] Yusran, Khairuddin. Djamaludin. Budiman, Agus Ardianto. *Sistem Penyaliran Tambang Pit Ab Eks Pada Pt. Andalan Mining Jobsite Kaltim Prima Coal Sangatta Kalimantan Timur* : Jurnal Geomine vol 3 (jurnal). 2015.
- [8] Asdak, Chay. *Hidrologi Dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press. 2002.
- [9] Adji, Dwi, Putranto. *Perencanaan Tambang*. Surabaya : ITATS (diktat). 2015.
- [10] Huisman, L. *Sedimentation and Flotation Mechanical Filtration*. Delft University of Technology. Delft. 1977.
- [11] Sularso. Haruo, Tahara. *Pompa dan Kompresor*. Jakarta : PT Pradnya Paramitha. 2006.
- [12] Suwandhi, Awang. *Perencanaan Sistem Penyaliran Tambang*. Bandung : Universitas Islam Bandung. 2004.
- [13] Komatsu. *Spesification Komatsu Excavator PC 850*.
- [14] Komatsu. *Spesification Komatsu Backhoe PC 200*.
- [15] Putra, Anton Yudi U. *Kajian Teknis Optimalisasi Pompa pada Sistem Penyaliran Tambang Bawah Tanah di PT. Cibaliung Sumber Daya, Provinsi Banten*. ITNY Journal. 2015.

*- halaman ini sengaja dikosongkan -*