

Evaluasi Sistem Penyaliran Pada Tambang Batubara Di *Pit* Langap PT. Kalimantan Prima Persada Jobsite BDMA Kecamatan Malinau Selatan Kabupaten Malinau Provinsi Kalimantan Utara

¹Aldi Armandisastra A, ²Yunus Ashari, ³Yuliadi

^{1,2,3}Prodi Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung,
Jl. Tamansari No. 1 Bandung 40116
email: armandisastra.a@gmail.com

Abstract. A surface mine is a mining method in which all mining activities are conducted on the surface of the earth, and the workplace is directly related to the atmosphere. Thus, in this method, there are factors from the outside air that will be in, one of which is water. PT. Kalimantan Prima Persada is coal mining company in Pit Langap and has operated 4 pumps on the main sump. To reduce pumps works that required a study that could overcome the water entering the mine like design channel. From the results obtained the study can be calculated Gumbel distribution, Mononobe equation, and the rational formula for runoff discharge. From the results of the calculation, the runoff debit is based on segment 1 = 0.584 m³/s, segment 2 = 1.803 m³/s, and segment 3 = 0.966 m³/s. from calculation result using Manning equation got segment 1 dimension with open length (CW) = 1.308 m, water depth (h) = 0.620 m, and base width of channel (b) = 0.895 m. This channel can overcome the surface flow of 49.75% of the total surface flow into the mine. For water that cant be prevented by using channel then it takes sump to accommodate all water entering so easily discharged by pump, where in one day water enter into Pit 51.373.61 m³/day so that the length and width of sump surface needed is = 96.297 m, then the length and width of base sump = 82,297 m, and sump depth = 7 m. Of the total discharge that enter the pump needs to remove water in the sump as much as 3 pieces of pump type MF420-EX.

Keywords: Waterflow, Channel Dimension, Pump, Drainage, Dewatering.

Abstrak. Tambang terbuka adalah suatu metode penambangan yang segala kegiatan dan aktivitas penambangannya dilakukan di atas permukaan bumi, dan tempat kerjanya berhubungan langsung dengan udara luar (atmosfer). Dengan demikian, dalam metode penambangan ini terdapat faktor-faktor dari udara luar yang akan berpengaruh dalam kegiatan penambangannya, salah satunya adalah air. PT. Kalimantan Prima Persada merupakan perusahaan tambang batubara di mana pada Pit Langap telah beroperasi 4 pompa pada main sump. Untuk mengurangi kerja pompa dibutuhkan kajian yang dapat mengatasi air limpasan yang masuk kedalam tambang seperti pembuatan paritan. Dari hasil kajian yang didapatkan maka dapat dilakukan perhitungan distribusi Gumbel, persamaan Mononobe, dan rumus rasional untuk debit limpasan. Dari hasil perhitungan tersebut didapatkan debit limpasan berdasarkan segmen yaitu segmen 1 = 0,584 m³/s, segmen 2 = 1,803 m³/s, dan segmen 3 = 0,966 m³/s. dari hasil perhitungan menggunakan persamaan Manning didapatkan dimensi paritan segmen 1 dengan panjang bukaan (CW) = 1,308 m, kedalaman air (h) = 0,620 m, dan lebar dasar saluran (b) = 0,895 m. Saluran ini mampu mengatasi aliran permukaan sebesar 49,75% dari total aliran permukaan yang masuk ke dalam tambang. Untuk air yang tidak dapat dicegah dengan menggunakan puritan maka dibutuhkan sump untuk menampung seluruh air yang masuk sehingga mudah dikeluarkan oleh pompa, di mana dalam satu hari air masuk ke dalam Pit sebesar 51.373,61 m³/hari sehingga panjang dan lebar permukaan sump yang dibutuhkan adalah = 96,297 m, lalu panjang dan lebar dasar sump = 82,297 m, dan kedalaman sump = 7 m. Dari total debit yang masuk maka kebutuhan pompa untuk mengeluarkan air yang ada pada sump sebanyak 3 buah pompa tipe MF420-EX.

Kata Kunci: Debit Air, Dimensi Paritan, Pompa, Pencegahan, Penanggulangan.

A. Pendahuluan

Latar Belakang

Air merupakan masalah utama yang harus dihadapi oleh tambang terbuka. Akibat adanya genangan air di daerah penambangan akan menghambat proses oprasi-produksi. Terdapat 2 jenis air yang masuk ke dalam tambang yaitu air limpasan yang berasal dari air hujan dan airtanah. Karena terdapat dua jenis air tersebut maka

penanganan dan penanggulangannya juga berbeda. Air limpasan yang masuk dari air hujan tidak dapat dicegah sehingga hanya dapat ditangani dengan pembuatan paritan yang akan mengalirkan air tersebut keluar dari daerah penambangan. Namun berbeda dengan air hujan yang langsung masuk dan airtanah yang keluar akibat memotong penampang akuifer. Keduanya hanya dapat ditanggulangi dengan merencanakan kolam penampungan yang nantinya akan dikeluarkan dengan menggunakan pompa.

Dari pengamatan yang dilakukan pada *Pit* Langap PT Kalimantan Prima Persada, ditemukan banyaknya genangan air yang mengganggu kegiatan penambangan. Meluapnya air ke front penambangan mengganggu proses penggalian dan pengangkutan di *Pit* Langap. Bertitik tolak pada masalah di atas, maka dilakukan penelitian hidrologi dan hidrogeologi di daerah penelitian dengan menganalisa curah hujan dan penentuan daerah tangkapan hujan (*catchment area*) serta menghitung debit airtanah yang masuk untuk memperkirakan debit air total yang berpotensi masuk ke dalam *Pit*.

Tujuan Penelitian

1. Mengevaluasi *drainage system* dan *dewatering system* yang telah ada di *Pit* Langap
2. Mendesain dimensi parit yang optimal untuk mengatasi air limpasan yang masuk ke *Pit* Langap
3. Merancang dimensi *sump* yang optimal untuk air yang masuk ke dalam tambang
4. Menentukan jumlah kebutuhan pompa dan nilai *head* pompa di *Pit* Langap.

B. Landasan Teori

Iklim dan cuaca sangat berpengaruh pada metode tambang terbuka sehingga akan mempengaruhi kegiatan penambangan. Elemen-elemen iklim tersebut antara lain hujan dan lain sebagainya, yang dapat mempengaruhi kondisi tempat kerja, kerja alat dan kondisi pekerja, yang nantinya dapat mempengaruhi produktivitas tambang. Penyaliran tambang ialah metoda atau teknik penanggulangan air sehingga air tersebut tidak melimpas ke dalam tambang. Penyaliran tambang merupakan suatu usaha/upaya yang dilakukan untuk mencegah atau mengendalikan air yang masuk ke lokasi penambangan. Sistem penyaliran tambang dilakukan suatu perusahaan agar air yang masuk ke dalam tambang tidak mempengaruhi kegiatan operasi-produksi sehingga target produksi dapat tercapai. Pengendalian air pada tambang terbuka dapat dibedakan menjadi dua, yaitu :

1. Mine Drainage
Mine Drainage merupakan upaya untuk mencegah masuknya air ke daerah penambangan. Hal ini umumnya dilakukan untuk penanganan airtanah dan air yang berasal dari sumber air permukaan, misalnya : metode Siemens, metode metode Electro Osmosis, dan metode Small Pipe With Vacum Pump
2. Mine Dewatering
Mine Dewatering merupakan upaya untuk mengeluarkan air yang telah masuk ke daerah penambangan. Upaya ini terutama untuk menangani air yang berasal dari air hujan. Cara penanganannya dengan pembuatan sump, sistem saluran pengalihan, dan pemompaan.

Debit Air Limpasan

Perhitungan yang digunakan untuk mengetahui debit air limpasan yaitu Metode Rasional (US Soil Conservation Service 1973). Rumus ini dapat digunakan hanya untuk daerah penelitian yang cangkupannya kecil atau ± 300 Ha dan kondisi

permukaan yang relatif homogen (Goldman et.al.,1986, dalam Suripin, 2004). Dengan rumus sebagai berikut:

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A$$

Di mana :

- Q = Debit rencana (m³/det)
- C = Koefisien Limpasan
- I = Intensitas hujan rencana (mm/jam)
- A = Luas *catchment area* (Km²)

Untuk menghitung debit air yang keluar dari akuifer berlaku Persamaan Darcy. Di mana pada parameter perhitungan dapat dicari dengan menggunakan pengujian infiltrasi atau pengujian slugtest untuk mendapatkan konduktifitas hidrolis. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$Q = k \times I \times A$$

Di mana :

- Q : Debit air limpasan (m³/detik)
- k : Konduktifitas hidrolis (m/detik)
- I : Gradien hidrolis
- A : Luas penampang akuifer yang terpotong lubang bukaan (m²)

Perencanaan Paritan

Perencanaan paritan pada tambang berfungsi sebagai penampung limpasan air permukaan pada suatu daerah dan mengalirkannya ke luar daerah penambangan. Dalam merancang bentuk saluran paritan, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan antara lain, debit air yang direncanakan dan teknis penerapan dilapangan berdasarkan penyesuaian dengan bentuk topografi dan jenis tanah. Penentuan dimensi paritan dapat dihitung dengan persamaan Manning sebagai berikut :

$$v = (1/n) \times (R^{2/3}) \times S^{1/2}$$

di mana :

- Q = debit pengaliran maksimum (m³/detik)
- A = luas penampang (m²)
- S = kemiringan dasar saluran (%)
- R = jari-jari hidrolis (meter)
- n = koefisien kekasaran dinding saluran menurut Manning

Dalam rumus Manning, debit (Q) dipengaruhi oleh nilai kemiringan dasar paritan (S) di mana nilai tersebut dipengaruhi oleh kecepatan aliran air (v) yang melewati paritan. Dengan demikian, maka harus ditentukan terlebih dahulu nilai kecepatan aliran mana yang sesuai dengan debit yang masuk ke dalam paritan.

Perencanaan kolam penampungan (*Sump*)

Sump merupakan kolam penampungan yang dibuat untuk menampung air yang masuk ke dalam tambang. Pada umumnya *sump* dibuat di elevasi yang paling rendah sehingga air yang tidak dapat dicegah masuk kedalam tambang mengalir menuju *sump*. Pada perencanaan *sump* dibutuhkan beberapa data penunjang seperti data air limpasan yang masuk ke dalam tambang dan airtanah yang keluar dan mengisi *front* kerja tambang. sehingga setelah mengetahui debit total yang masuk dapat diketahui volume *sump* yang dibutuhkan.

Sistem Pemompaan dan Julang Kerugian

Pompa merupakan alat yang digunakan untuk membantu pemindahan fluida dari satu tempat ke tempat lain dengan menggunakan prinsip gaya kinetik dan gaya mekanis yang memberikan tekanan terhadap fluida. Tujuan dari tekanan yang diberikan pada fluida tersebut adalah untuk mengatasi julang kerugian atau hambatan (*head*) yang timbul di dalam pipa saluran pada saat proses pengaliran sedang berlangsung.

Pada sistem pemompaan untuk mengetahui kebutuhan pompa sangat dipengaruhi oleh 2 faktor yaitu debit pompa yang akan dikeluarkan dan julang kerugian (*head*) total yang dibutuhkan untuk memindahkan air tersebut. Penentuan julang kerugian yang dibutuhkan oleh pompa dapat dicari berdasarkan beberapa parameter sehingga untuk mendapatkan julang kerugian total pompa maka dapat digunakan rumus :

$$H = H_{f1} + H_b + H_{s1} + H_v + H_{s2}$$

Di mana :

H = *Head pompa total*

H_{f1} = *Head of friction*

H_b = *Head of bend*

H_{s1} = *Head of suction valve*

H_v = *Head velocity*

H_{s2} = *Head static*

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Debit Air Limpasan yang Masuk Ke Pit

Dari hasil deliniasi peta topografi untuk mendapatkan *Catchment Area*, sehingga dapat diketahui potensi air limpasan yang masuk ke dalam *Pit*. Setelah diketahui nilai koefisien limpasan dan luasan *catchment area* (lihat Gambar 1) di lokasi penelitian, maka debit air limpasan yang masuk ke dalam *Pit* dapat dihitung dengan menggunakan rumus rasional. Berikut pada Tabel 1. adalah hasil perhitungan debit air limpasan :

Tabel 1. Total Debit Air yang Masuk ke Dalam *Pit* Periode Ulang 5 Tahun

Lokasi	Koefisien Limpasan (C)	Intensitas Curah Hujan (I) (m/s)	<i>Catchment Area</i> (A) m ²	Debit (Q) (m ³ /detik)	Q Total (m ³ /s)
<i>Catchment Area 1</i>	0,9	3,241 x 10 ⁻⁶	200.366,113	0,584	6,693
<i>Catchment Area 2</i>	0,9	4,676 x 10 ⁻⁶	402.050,550	1,692	
<i>Catchment Area 3</i>	0,9	4,985 x 10 ⁻⁶	229.276,542	1,029	
<i>Pit</i>	0,9	2,171 x 10 ⁻⁶	1.733.517,875	3,388	

Dari hasil pengujian infiltrasi dan menggunakan *slugtest* maka dapat diketahui debit airtanah yang masuk ke dalam *Pit* adalah sebagai berikut :

$$Q_g = K \times I \times A$$

$$Q_g = 3,84 \times 10^{-06} \text{ m/s} \times 0,167 \times 29.735,277 \text{ m}^2$$

$$Q_g = 0,019 \text{ m}^3/\text{s}$$

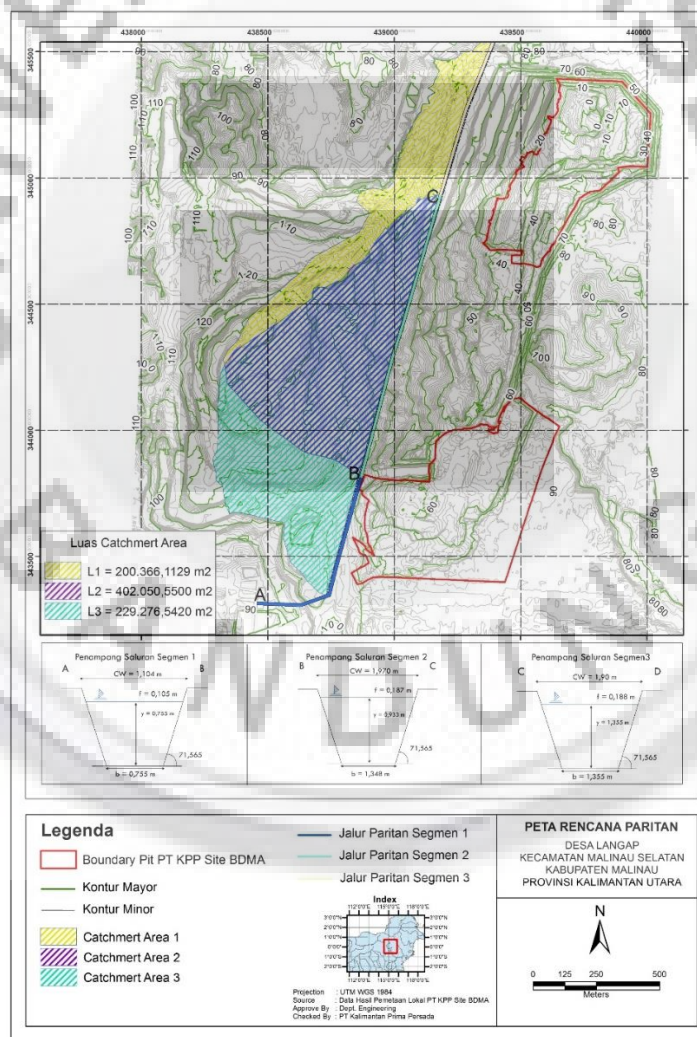
$$Q_g = 1.647,53 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Pencegahan Air Limpasan

Perencanaan paritan dilakukan setelah diketahui debit air yang masuk ke daerah tambang setiap segmen *catchment area*. Sebelum merencanakan jalur paritan, terdapat beberapa aspek yang harus diperhatikan di antaranya yaitu :

3. Aspek *Safety*, merupakan aspek yang sangat penting di mana dalam melakukan perencanaan perlu adanya tinjauan keselamatan sehingga pada saat teknis di lapangan pekerja tidak terganggu dan aman dari bahaya;
4. Aspek Ekonomi, merupakan tinjauan yang perlu diperhatikan sehingga pada saat pembuatan paritan tidak merugikan perusahaan;
5. Aspek Teknis, aspek yang perlu diawasi pada saat pelaksanaan perancangan paritan.

Penampang paritan dibuat berbentuk trapesium dengan dimensi paritan direncanakan berdasarkan volume air maksimum pada saat musim penghujan deras dengan memperhitungkan kemiringan lereng. Pembuatan saluran pengalihan ini dibagi menjadi 3 segmen untuk menampung 3 *catchment area* yang berbeda. Dari hasil perhitungan didapatkan hasil rencana paritan sebagai berikut :



Gambar 1. Peta Rencana Paritan *Pit Langap*

Tabel 2. Rencana Dimensi Paritan

Dimensi	Ukuran (m)		
	Segmen 1	Segmen 2	Segmen 3
Panjang rencana paritan (L)	661,22	1158,82	499,823
Lebar Permukaan Saluran (CW)	1,306	1,764	1,833
Lebar dasar saluran (b)	0,893	1,207	1,254
Ke dalaman Aliran (h)	0,618	0,835	0,868
Tinggi Jagaan (f)	0,124	0,167	0,174
Tinggi Saluran (H)	0,742	1,003	1,042
Debit (m ³ /s)	0.584	1.803	0.966

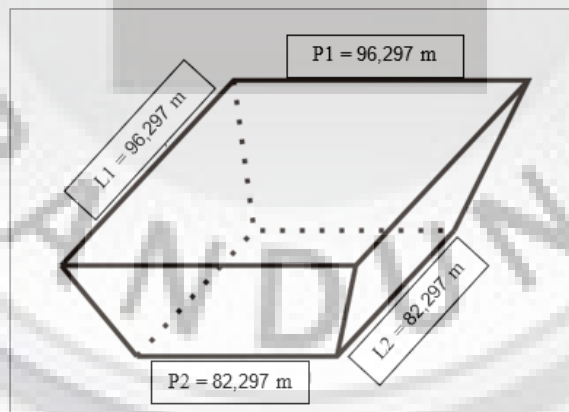
Perencanaan Desain Sump

Dari hasil perhitungan debit limpasan yang masuk ke dalam *Pit* Langap yaitu 3,388 m³/s dengan waktu hujan maksimal 3,56 jam/hari dan debit airtanah yang mengalir ke dalam *Pit* sebesar 0,144 m³/s maka debit total yang masuk ke dalam *Pit* di mana dalam satu hari air masuk ke dalam *Pit* sebesar 55.862,895 m³/hari.

Untuk memudahkan penanganan air yang masuk ke dalam *Pit* maka perlu dibuat kolam penampungan (*sump*) sementara dan sebagai tempat pengendapan material solid sebelum dipompakan keluar *Pit*. Maka untuk menampung volume air yang masuk sebesar 51.373,61 m³/hari, perlu melakukan perubahan dimensi *sump* dapat di sebagai berikut:

1. Panjang dan lebar permukaan *sump* = 96,297 m
2. Panjang dan lebar dasar *sump* = 82,297 m
3. Kedalaman = 7 m

Untuk rencana dimensi *Sump* dapat dilihat pada Gambar 2. berikut ini :



Gambar 2. Rencana Dimensi *Sump*

Perencanaan Kebutuhan Pompa

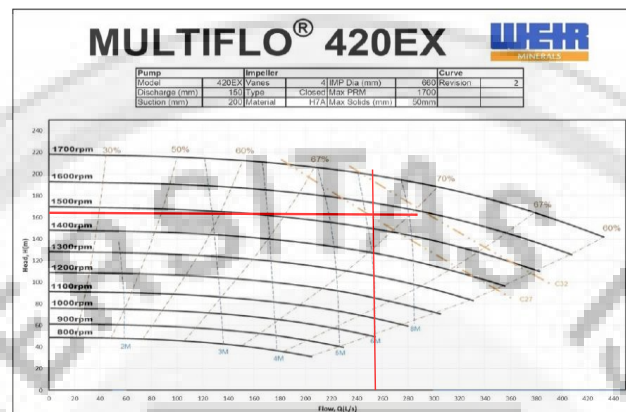
Untuk mengatasi air yang masuk ke dalam *Pit* Langap jenis pompa yang digunakan yaitu Multiflo tipe MF 420 EX di mana pompa dapat memindahkan air dari dalam tambang berdasarkan kemampuan pompa tersebut untuk mengatasi Julang Kerugian (*Head Of Pump*) yang diakibatkan oleh static head maupun *dynamic head*. Dengan seluruh hasil yang telah didapatkan maka dapat diketahui *head total* yang bekerja pada pompa MF 420 EX sebagai berikut :

$$H = Hf1 + Hb + Hs1 + Hv + Hs2$$

$$H = 25,34 + 37,37 + 1,33 + 0,76 + 98,4$$

$$H = 163,2 \text{ m}$$

Dengan begitu debit yang didapatkan untuk mengatasi air dan julang kerugian adalah sebesar 928,8 m³/jam. Setelah di plot pada kurva karakteristik maka didapatkan hasil efesensi kerja pompa dengan 20 jam sebesar 72% dengan RPM 1550. Berdasarkan hasil perhitungan kebutuhan pompa, jumlah pompa yang dibutuhkan untuk mengatasi air limpasan yang masuk kedalam *Pit* adalah 3 unit pompa MF 420 EX.



Gambar 3. Kurva Karakteristik Pompa

Perhitungan Balancing Sump

Untuk mengetahui kemampuan *sump* dalam menampung volume air yang masuk kedalam *Pit* maka perlu dilakukan perhitungan keseimbangan air dalam *sump* (*balancing sump*), di mana keseimbangan air dalam *sump* tersebut merupakan perbandingan antara air yang masuk ke dalam *Pit* terhadap air yang dikeluarkan dengan pompa, debit air (Q_{Pit}) yang masuk ke dalam *Pit* = 55.862,895 m³/hari, dan debit air yang dikeluarkan oleh pompa (Q_{pompa}) = 19.504,8 m³/pompa/hari dan pompa bekerja selama 20 jam/hari di mana pompa yang bekerja sesuai rencana adalah 3 unit, serta volume air yang dapat ditampung oleh *sump* (V_{sump}) = 56.160,679 m³ maka dapat diketahui kemampuan *sump* untuk menampung air dengan menggunakan persamaan berikut :

$$Q_{\text{in}} - Q_{\text{out}} \leq V_{\text{sump}}$$

$$(55.862,895 \text{ m}^3/\text{hari}) - (18.564 \text{ m}^3 \times 3) \leq 56.160,679 \text{ m}^3$$

$$170.895 \text{ m}^3 \leq 56.160,679 \text{ m}^3$$

$$Q_{\text{in}} - Q_{\text{out}} \leq V_{\text{sump}} = \text{kriteria aman}$$

Dari hasil analisis di atas maka dengan 3 pompa yang bekerja dalam 20 jam, *sump* dapat teratasi sehingga air tidak meluap.

D. Kesimpulan

Dari hasil kegiatan penelitian di PT Kalimantan Prima Persada dapat disimpulkan bahwa :

1. *Drainage system* dan *dewatering system* pada lokasi penelitian perlu ditinjau ulang, karena air yang masuk ke dalam tambang tidak berkurang sehingga diperlukan perencanaan ulang untuk mencegah dan mengeluarkan air yang masuk ke dalam *Pit*.
2. Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan dimensi paritan pada site BDMA dapat mengatasi debit per segmen yang masuk sebesar $Q_1 = 0,584 \text{ m}^3/\text{s}$ $Q_2 = 1,803 \text{ m}^3/\text{s}$, dan $Q_3 = 0,966 \text{ m}^3/\text{s}$ dengan dimensi sebagai berikut : Panjang

- rencana paritan (L) Segmen 1 = 661,22 m, Segmen 2 = 1158,82 m, dan Segmen 3 = 499,823 m. Lebar Permukaan Saluran (CW), Segmen 1 = 1,306 m, Segmen 2 = 1,764 m, dan Segmen 3 = 1,833 m. Lebar dasar saluran (b) Segmen 1 = 0,893 m, Segmen 2 = 1,207 m, Segmen 3 = 1,254 m. Kedalaman Aliran (h) Segmen 1 = 0,618 m, Segmen 2 = 0,835 m, Segmen 3 = 0,868 m. Tinggi Jagaan (f) Segmen 1 = 0,124 m, Segmen 2 = 0,167 m, Segmen 3 = 0,174 m. Tinggi Saluran (H) Segmen 1 = 0,742 m, Segmen 2 = 1,003 m, Segmen 3 = 1,042 m.
3. Untuk *sump* dengan bentuk trapesium kemiringan *sump* ditentukan berdasarkan *angle of repose* dari material yang terbawa oleh air, di mana material yang diambil adalah pasir dengan besar sudut 45° dan kedalaman kolam berdasarkan jangkauan alat untuk perawatan *sump*, di mana alat yang dipakai adalah Komatsu tipe PC400 dengan jangkauan digging maksimal 7 meter sehingga kedalaman yang direncanakan adalah 7 meter. Maka untuk menampung volume air yang masuk sebesar $55.862,895 \text{ m}^3/\text{hari}$, dapat menggunakan dimensi *sump* sebagai berikut: Panjang dan lebar, permukaan *sump* = 96,297 m, Panjang dan lebar dasar *sump* = 82,297 m, Kedalaman = 7 m.
 4. Berdasarkan hasil perhitungan kebutuhan pompa, jumlah pompa yang dibutuhkan untuk mengatasi air limpasan adalah 3 unit pompa MF 420 EX. Dengan lamanya waktu masing-masing pompa beroperasi 20 jam dalam 1 hari. Dari hasil penelitian maka dengan 3 pompa MF 420 EX pompa dapat menanggulangi air. Dengan *head* total yang bekerja pada pompa MF 420 EX sebesar 163,2 m. Untuk menjaga *sump* agar tidak meluap dilakukan analisis *balancing sump* dan didapatkan pada hari ke 37, waktu kerja pompa ditambah menjadi 21-22 jam/hari.

Daftar Pustaka

- Ashari, Y. 2013. *Draft Buku Ajar Hidrogeologi Untuk Pertambangan*. Jurusan Teknik Pertambangan Universitas Islam Bandung (UNISBA). Bandung.
- Bray, J, and Hoek, E.1981. "*Rock Slope Engineering*". The Institution Of Mining And Metalurgy, London.
- Chow, V. T. 1959. *Applied Hydrology*. Civil Engineering Series. New York : McGraw-Hill.
- Chow, V. T. 1961. *A general formula for hydrologic frequency analysis*, Trans.Am. Geophys. Union.
- Darcy, H. 1885. *Hydraulic Researches, Experimental research on flow of water In open channel*. Academie des Sciences. Paris.
- Fetter, C.W. 1988. *Applied Hydrogeology (4th Edition)*. London : Prentice Hall.
- Gumbel, E. J. 1954. *Statistical Theory Of Extreme Value and some Practical Applications*. National Bureau of standars (U.S) Appl Math. Ser., 33.
- L.D. Landau and E. M. Lifshitz (Auth.)-Fluid Mechanics. "Landau and Lifshitz Course of Theoretical Physics, Volume 6-Butterworth-Heinemann" Ltd ,1987.
- Manning, R. 1981. *On The Flow of Water in Open Channel and Pipes*. Civ, Eng,Ireland.
- Manning and Delp, 1991, "*Major Diagnosis Fisik*", Jakarta.
- Moody, L. F. 1944, "*Friction Factors for Pipe Flow*", Transactions of the American Society of Mechanical Engineers, New York.
- Potter, M, C., Wiggert and David C, 2008, "*Schaum's Outline of Fluid Mechanics*",The McGraw-Hill Companies, Inc., New York

- Sayoga, R. 1993. *Pengantar Penirisan Tambang*. ITB
- Seyhan, E., 1995, “*Dasar-dasar Hidrologi*”, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Suripin, 2004, “*Teknik Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan*”, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Suwandhi, Ir., M. Sc., Awang. 2008. “*Modul Perencanaan Sistem Penyaliran Tambang*”. Bandung.
- Suyono, S dan Kensaku T, 1983.*Hidrologi Untuk Pengairan*. Jakarta:PT.Pradnya Paramita.
- Wentworth, C.K., 1922, “*A Scale Of Grade and Class Terms for Clastics Sediments*”, University Of Chicago Press, Chicago.
- Widyasari, T., 2009, “*Kurva Intensitas Durasi Frekuensi (IDF) Persamaan Mononobe di Kabupaten Sleman*”, Universitas Janabadra, Yogyakarta.