

Menghitung Debit Air Limpasan di Pit Bukit Everest PT. Antam Tbk UBPN Sulawesi Tenggara

Heri Prabowo^{1*}, Aulia Mutiara C¹

¹Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang

*heri.19782000@gmail.com

Abstract. PT. Antam Tbk. Southeast Sulawesi UBPN is a state-owned enterprise engaged in the mining and nickel ore processing sector which has an IUP area located in Pomalaa District, Kolaka Regency, Southeast Sulawesi Province. The mining front area consists of 4 regions, namely the northern mine, the central mine, the southern mine, and Maniang Island with a mining area of 6324 hectares. The mining method applied by PT. Antam Tbk. Southeast Sulawesi UBPN is openpit and open cast. Based on guidance from supervisors, Everest Pit is the biggest Pit compared to Pit Wrangler and Pit Rubicon. Sampling is carried out after high rainfall. At each Mining Front, runoff water is very influential on mining activities. Which if not done earlier prevention, will result in all mining activities stopped. After an analysis of the Bukit Everest Pit discharge, the discharge value obtained in each of the catchment areas, namely DTH 1 with value of 11.32, DTH 2 was 4.31 m³ / sec and DTH 3 was 1.50 m³ / sec.

Key Word : Catchmen area, open pit, open cast, pit

1. Pendahuluan

Perusahaan milik negara yang bergerak di bidang pertambangan nikel salah satunya adalah PT. Antam Tbk. UBPN Sultra yang memproduksi bahan setengah jadi dalam pembuatan stainless steel yakni FerroNikel (FeNi) dengan pabrik yang berada di kecamatan Pomalaa kabupaten Kolaka.^[1]

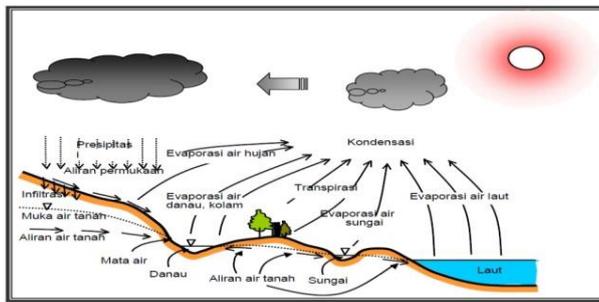
Bijih Nikel merupakan bahan utama dalam memproduksi Ferro Nikel di PT. Antam.Tbk.UBPN Sultra, bahan galian tersebut diperoleh dari proses penambangan dengan metode tambang terbuka. Penambangan dengan metode tambang terbuka, di mana dalam sistem penambangan tersebut kegiatannya berhubungan langsung dengan udara luar. Salah satu hambatan yang menjadi kekurangan dari metode tambang terbuka adalah lingkup pekerjaannya di mana iklim akan berpengaruh terhadap lingkungan kerja. Saat musim penghujan, masalah yang sering ditemukan adalah air. Air yang berasal dari atas permukaan tanah (air limpasan) maupun air yang masuk secara langsung ke dalam area bukaan tambang (air hujan). Sehingga air hujan maupun limpasan merupakan hal utama yang harus diperhatikan agar tidak mengganggu dan merusak lokasi penambangan. Penanganan air di tambang ada dua yaitu mine drainage dan mine dewatering.

Mine drainage adalah upaya untuk mencegah air masuk ke front kerja, sedangkan mine dewatering adalah upaya untuk mengeluarkan air yang masuk ke dalam tambang. Saat ini, PT. Antam Tbk.UBPN melakukan operasi produksi pada tiga Pit, yaitu Pit Bukit Fortuner, Pit Bukit Everest dan Pit Bukit Wrangler. Pada Pit Bukit Everest terlihat adanya Catchment Area yang cukup luas seiring kemajuan penambangan yang mengakibatkan debit limpasan permukaan semakin besar. Oleh karena itu, penulis tertarik untuk Menghitung Debit Air Limpasan di Pit Bukit Everest PT. Antam Tbk UBPN Sulawesi Tenggara^[2].

2. Kajian Teori

2.1 Siklus Hidrologi

Air yang ada di bumi memiliki volume yang hampir sama dari waktu ke waktu, hanya mengalami berbagai tahapan peristiwa yang akan terjadi secara berulang – ulang dan disebut siklus atau daur hidrologi. Air akan bergerak dari samudera ke atmosfer lalu turun ke bumi dan kemudian kembali lagi ke samudera. Air yang jatuh ke bumi sebagian akan tertampung di dalam tanah dan sebagiannya akan mengalir menuju dataran yang lebih rendah dan akan terkumpul ke suatu badan air seperti danau atau sungai, yang akan bermuara kembali ke samudera.



Gambar 1. Siklus Hidrologi
(Sumber : Chay Asdak, 1995)

Siklus hidrologi dimulai dari peristiwa menguapnya air laut ke atmosfer^[2]. Peristiwa penguapan ini diakibatkan oleh paparan sinar matahari langsung ke samudera. Di atmosfer, uap air akan mengalami kondensasi dan membentuk awan. Angin kemudian akan mendorong awan yang berada di atas samudra menuju ke daratan. Selama perjalanan awan menuju daratan, awan akan menampung banyak uap air yang menguap, dan pada akhirnya tidak mampu lagi menampung uap air yang naik, sehingga jika sudah mencapai titik jenuhnya, awan akan menjatuhkan uap air yang tertampung ke bumi.

2.2 Sistem Penyaliran Tambang

System Penyaliran Tambang merupakan usaha yang dilakukan untuk mencegah, mengeringkan, dan mengatasi air yang masuk ke area penambangan yang berasal dari air hujan atau air limpasan dan air tanah^[3]. Usaha ini ditujukan agar tidak terganggunya proses produksi yang berlangsung akibat adanya genangan air yang berada di muka kerja (front) produksi. System penyaliran merupakan suatu factor yang sangat penting dalam kegiatan penambangan karena tanpa adanya system penyaliran yang baik maka dapat berdampak berhentinya produksipenambangan karena adanya genangan air yang mengakibatkan basahnya material dan licinnya jalan sehingga mempersulit proses produksi

2.3 Mine Drainage System

Mine Drainage System merupakan upaya yang dilakukan untuk mencegah masuknya air ke dalam bukaan tambang. Hal ini umumnya dilakukan dengan menyediakan saluran terbuka di lingkaran luar tambang atau lantai jentang^[4].

2.3.1 Metode Siemens

Pada tiap jenjang kegiatan penambangan dibuat lubang bor, kemudian ke dalam lubang bor tersebut dimasukan pipa dan di dasar pipa tersebut di buat lubang-lubang yang menembus lapisan akuifer agar air tertampung di dasar pipa dan kemudian di pompa ke atas permukaan dan dialirkan keluar tambang.

2.3.2 Deep Well System

Metode ini umumnya digunakan pada tambang yang memiliki material yang bersifat permeabilitas rendah namun memiliki jenjang yang tinggi. Pada metode ini dibuat lubang bor yang memiliki kedalaman 50-60 meter. Pada tiap lubang bor ini kemudian akan ditempatkan pompa yang akan bekerja secara otomatis jika terendam oleh air.

2.3.3 Metode Elektro Osmosis

Pada metode ini digunakan batang anoda katoda. Ketika unsur dialiri listrik maka air akan mengalir menuju batang katoda (sumur) dan terkumpul di dalam sumur dan kemudian dipompa keluar area penambangan.

2.3.4 Small Pipe with vacuum pump

Metode ini dilakukan dengan membuat lubang bor, yang ke dalam lubang tersebut akan dimasukan pipa yang diberi lubang-lubang pada ujungnya. Diantara pipa dan lubang bor dilapisi dengan kerikil yang memiliki diameter yang lebih besar daripada lubang bor agar kotoran dapat tersaring sebelum meresap ke lapisan akuifer. Pada bagian atas antara pipa dan pompa disumbat agar kedap udara dan pada saat pompa dinyalakan air akan terhisap ke dalam lubang bor.

2.3.5 Metode Pemotongan air tanah

Metode ini digunakan untuk mengamati air tanah, dimana penggalian dilakukan sampai mencapai lapisan akuifer. Dengan terpotongnya air tanah maka aliran hilir akan menjadi kering. Lubang penggalian kemudian akan ditimbun dengan material kedap air atau dilapisi dengan semen.

2.4 Sistem 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. Beberapa metode penyaliran *mine dewatering* adalah sebagai berikut^[5]:

2.4.1 Cara Paritan

Pada metode ini dibuat paritan yang berguna untuk mengalirkan dan menampung sementara air limpasan yang masuk ke dalam front. Bentuk yang paling sering digunakan adalah bentuk paritan trapezium kolam penampung atau dibuang langsung ke tempat pembuangan dengan memanfaatkan gaya gravitasi.

2.4.2 Metode Kolam Terbuka

Pada metode kolam terbuka air akan mengalir dan ditampung sementara di kolam (sump) yang berada di dasar pit, kemudian air akan dikeluarkan menggunakan pompa dan pipa yang diletakan sesuai dengan ketinggian dan kemajuan tambang. Jika kapasitas pompa lebih besar dari aliran air yang masuk maka pompa dapat digunakan secara periodic

2.4.3 Metode Adit

Metode adit merupakan metode yang membutuhkan biaya paling tinggi. Metode ini dilakukan dengan membuat saluran horizontal dari tempat kerja menuju shaft di sisi bukit yang berfungsi untuk menampung air dari tempat kerja. Umumnya metode ini dilakukan pada tambang yang memiliki jumlah jenjang banyak.

2.5 Faktor Yang Mempengaruhi Sistem Penyaliran Tambang

2.5.1 Curah Hujan

Curah hujan merupakan faktor yang sangat penting dalam perencanaan sistem penirisan, karena besar kecilnya curah hujan pada suatu daerah tambang akan mempengaruhi besar kecilnya air tambang yang harus ditanggulangi. Angka-angka curah hujan yang diperoleh merupakan data yang tidak dapat digunakan secara langsung untuk perencanaan pembuatan sarana pengendalian air tambang, tetapi harus diolah terlebih dahulu untuk mendapatkan nilai curah hujan yang lebih akurat [6].

Persamaan Gumbel tersebut adalah sebagai berikut:

$$Xr = \bar{X} + \frac{\delta x}{\delta n} (Yr - Yn)$$

Keterangan :

Xr = Hujan harian maksimum (mm)

\bar{X} = Curah hujan rata-rata (mm)

Δx = Standar deviasi nilai curah hujan dari data

Δn = Standar deviasi dari reduksi variat, tergantung dari jumlah data (n)

Yr = nilai reduksi variat dari variabel

Yn = nilai rata-rata dari reduksi variant

2.5.2 Periode Ulang Hujan

Penentuan periode ulang hujan dilakukan dengan menyesuaikan data dan keperluan pemakaian saluran yang berkaitan dengan umur tambang serta tetap memperhitungkan resiko hidrologi^[3]. Dapat pula dilakukan perhitungan dengan metode distribusi normal menggunakan konsep peluang. Penentuan periode ulang dan resiko hidrologi dihitung dengan menggunakan rumus :

$$P_t = 1 - \left(1 - \frac{1}{T_t}\right)^{TL}$$

Keterangan :

Pt = Resiko Hidrologi

Tt = Periode Ulang

TL = Umur Tambang

Penentuan periode ulang hujan dilakukan dengan menyesuaikan data dan keperluan pemakaian saluran yang berkaitan dengan umur tambang serta tetap memperhitungkan resiko hidrologi. Dapat pula dilakukan perhitungan dengan metode distribusi normal menggunakan konsep peluang.

Tabel 1. Periode Ulang Hujan Rencana

Keterangan	Periode ulang hujan
Daerah terbuka	0 – 5
Sarana tambang	2 – 5
Lereng-lereng tambang dan penimbunan	5 – 10
Sumuran utama	10 – 25
Penyaliran keliling tambang	25
Pemindahan Aliran Sungai	100

Sumber : Rudi Sayoga G, 1999

2.5.3 Intensitas Hujan

Tabel 2. Keadaan Curah Hujan dan Intensitas Curah Hujan

Keadaan Curah Hujan	Intensitas Curah Hujan (mm)		Kondisi
	1 jam	24 jam	
Hujan sangat ringan	< 1	< 5	Tanah agak basah atau dibasahi sedikit
Hujan ringan	1 - 5	5 - 20	Tanah menjadi basah semuanya
Hujan normal	5 - 10	20 - 50	Bunyi curah hujan terdengar
Hujan lebat	10 - 20	50 - 100	Air tergenang diseluruh permukaan tanah dan bunyi keras kedengaran dari genangan
Hujan sangat lebat	> 20	> 100	Hujan seperti ditumpahkan

Intensitas curah hujan adalah jumlah hujan per satuan waktu yang relatif singkat, biasanya satuan yang digunakan adalah mm/jam^[3]. Keadaan curah hujan dan intensitas sudah diklasifikasikan oleh Takeda. Intensitas curah hujan ditentukan berdasarkan rumus Mononobe, karena data yang tersedia di daerah penelitian hanya terdapat data curah hujan harian.

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

Keterangan :

I = Intensitas Curah Hujan (mm/jam)

t = lama Waktu Hujan (jam)

R₂₄ = Curah Hujan Maksimum (mm)

2.6 Daerah Tangkapan Air Hujan

Daerah tangkapan hujan adalah luasnya permukaan, yang apabila terjadi hujan, maka air hujan tersebut akan mengalir ke daerah yang lebih rendah menuju ke titik pengaliran^[5]. Dalam lingkup kegiatan pertambangan, daerah tangkapan hujan merupakan suatu daerah yang dapat mengakibatkan air limpasan permukaan mengalir kesuatu tempat (daerah penambangan) yang lebih rendah. Penentuan luas daerah tangkapan hujan berdasarkan peta topografi daerah yang akan diteliti.

2.7 Air Limpasan

Air limpasan adalah bagian dari curah hujan yang mengalir diatas permukaan tanah menuju sungai, danau atau laut. Aliran itu terjadi karena curah hujan yang mencapai permukaan bumi tidak dapat terinfiltrasi, baik yang disebabkan karena intensitas curah hujan atau faktor lain misalnya kelerengan, bentuk dan kekompakan permukaan tanah serta vegetasi^[3]

Debit air limpasan maksimum dihitung dengan menggunakan rumus Rasional, yaitu :

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

Keterangan :

- Q = debit air limpasan maksimum (m³/detik)
- C = koefisien limpasan
- I = Intensitas curah hujan (mm/jam)
- A = Luas daerah tangkapan hujan(km²)

2.8 Saluran terbuka dan Sumuran (Sump)

2.8.1 Saluran Terbuka

Saluran Terbuka berfungsi untuk menampung dan mengalirkan air ke tempat pengumpulan (kolam penampungan atau saluran) atau tempat lain. Bentuk saluran terbuka, umumnya dipilih berdasarkan debit air, tipe material, biaya yang diperlukan, serta kemudahan dalam pembuatannya^[5].

2.8.2 Sumuran (Sump)

Sumuran tambang berfungsi sebagai tempat penampungan sementara air dan lumpur sebelum dipompa ke luar tambang^[4]. Sumuran tambang dibedakan menjadi dua macam, yaitu sumuran tambang permanen dan sementara. Sumuran tambang permanen adalah sumuran yang berfungsi selama penambangan berlangsung, dan umumnya tidak berpindah tempat. Sedangkan sumuran sementara berfungsi dalam rentang waktu tertentu dan sering berpindah tempat sesuai dengan kemajuan tambang

2.9 Kolam Pengendapan

Kolam pengendapan berfungsi untuk mengendapkan lumpur-lumpur, atau material padatan yang bercampur dengan air limpasan yang disebabkan oleh adanya aktivitas penambangan maupun karena erosi^[13].

2.10 Pompa dan Pipa

2.10.1 Pompa

Seperti sudah dibahas sebelumnya, pompa berfungsi untuk mengeluarkan air dari tambang.

2.10.2 Pipa

Pipa berfungsi sebagai sarana untuk mengeluarkan zat cair dari suatu tempat menuju tempat lainnya. Zat cair yang mengalir dalam pipa akan mengalami gesekan pada dinding sebelah dalam pipa. Besar kecilnya gesekan yang terjadi dipengaruhi oleh jenis zat cair yang mengalir dan jenis pipa yang digunakan.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Data

3.1.1 Data Curah Hujan

Data-data curah hujan yang telah didapatkan merupakan data curah hujan harian bulan januari 2020

3.1.2 Peta Topografi

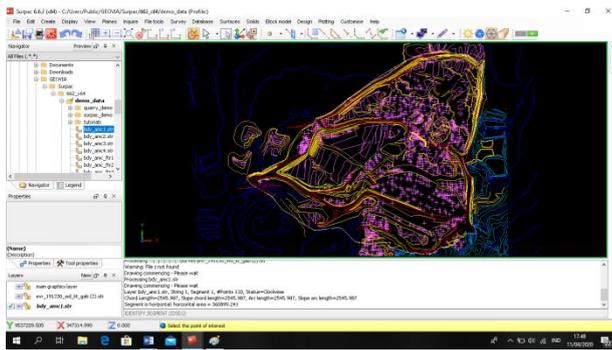
Penentuan daerah tangkapan hujan di daerah penelitian berdasarkan hasil observasi lapangan dan pengamatan topografi wilayah pit penelitian. Observasi lapangan bertujuan agar penulis dapat mengamati daerah yang mungkin menjadi daerah tangkapan hujan sebelum dilakukannya pengamatan topografi. Daerah dengan topografi tinggi seperti punggung bukit dan gunung merupakan salah satu contoh daerah potensi tangkapan hujan, sedangkan daerah dengan topografi rendah merupakan daerah tempat mengalirnya air yang berasal dari daerah bertopografi tinggi. Penentuan daerah tangkapan hujan dilakukan dengan menggunakan software Gemcom Surpac dengan menghubungkan titik-titik tertinggi sehingga membentuk polygon tertutup dan bisa didapat luasan area

3.2 Pengolahan dan Analisis Data

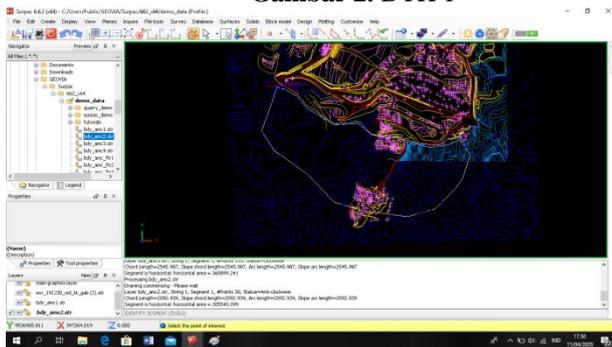
3.2.1 Penentuan Daerah Tangkapan Hujan

Penentuan daerah tangkapan hujan dilakukan dengan menggunakan software Gemcom Surpac dengan menghubungkan titik-titik tertinggi sehingga membentuk polygon tertutup dan bisa didapat luasan area.. Hasil penentuan daerah tangkapan hujan dapat dilihat pada

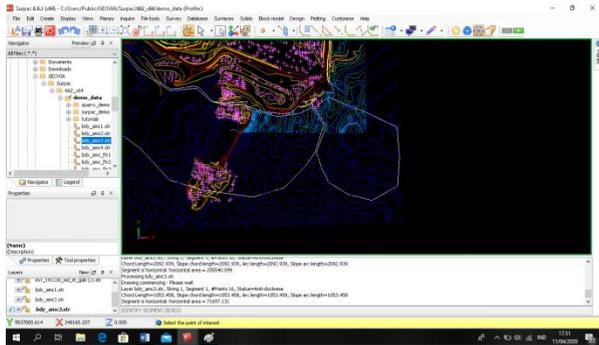
gambar dibawah ini:



Gambar 2. DTH 1



Gambar 3. DTH 2



Gambar 4. DTH 3

3.2.2 Perhitungan Debit Air Limpasan

Debit air limpasan dapat ditentukan setelah diketahui luas masing-masing daerah tangkapan hujan (catchment area), nilai intensitas curah hujan dan nilai koefisien limpasan.

3.2.2.1 Perhitungan Intensitas Curah Hujan

Intensitas curah hujan adalah jumlah hujan per satuan waktu yang relatif singkat, biasanya satuan yang digunakan adalah mm/jam.

$$\text{Rumus mononobe} : I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{2/3}$$

Keterangan :

- I = Intensitas curah hujan (mm/jam)
- t = Lama waktu hujan atau waktu konstan (jam)
- R₂₄ = Curah hujan maksimum (mm).

a. Tanggal 01 Januari 2020

Durasi 1 = 1.00.00 jam

Curah Hujan = 0,60 mm

$$I = \frac{0,60}{24} \left(\frac{24}{60/60 \text{ menit}} \right)^{2/3}$$

$$= 0,025 \times (24)^{2/3}$$

$$= 0,025 \times 6,73$$

$$= 0,16 \text{ mm/jam}$$

Intensitas Total :

$$I = \frac{\text{Curah Hujan Total}}{\text{Durasi Total} - \text{INT}(\text{Durasi Total}) \times 24}$$

$$= \frac{0,60}{((60 \text{ menit} - \text{INT}(60 \text{ menit})) \times 24)}$$

$$= 0,60 \text{ mm/jam}$$

b. Tanggal 02 Januari 2020

1.) Durasi 1 = 0.20.00 Jam

Curah Hujan = 1,20 mm

$$I = \frac{1,20}{24} \left(\frac{24}{20/60 \text{ menit}} \right)^{2/3}$$

$$= 0,05 \times 13,09$$

$$= 0,65 \text{ mm/jam}$$

2.) Durasi 2 = 0.50.00 Jam

Curah Hujan = 7,20 mm

$$I = \frac{7,20}{24} \left(\frac{24}{50/60 \text{ menit}} \right)^{2/3}$$

$$= 0,3 \times 7,528$$

$$= 2,258 \text{ mm/jam}$$

3.) Durasi 3 = 0.30.00 Jam

Curah Hujan = 2,40 mm

$$I = \frac{2,40}{24} \left(\frac{24}{30/60 \text{ menit}} \right)^{2/3}$$

$$= 0,1 \times 10,2$$

$$= 1,02 \text{ mm/jam}$$

Intensitas Total :

$$I = \frac{\text{Curah Hujan Total}}{\text{Durasi Total} - \text{INT}(\text{Durasi Total}) \times 24}$$

$$= \frac{10,80}{((100 \text{ menit} - \text{INT}(100 \text{ menit})) \times 24)}$$

Tanggal 5 Januari

$$\begin{aligned} Q &= 0,278 \times C \times I \times A \\ &= 0,278 \times 0,6 \times 4,60 \times 0,07 \\ &= 0,06 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

Tanggal 6 Januari

$$\begin{aligned} Q &= 0,278 \times C \times I \times A \\ &= 0,278 \times 0,6 \times 4,20 \times 0,07 \\ &= 0,05 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

Tanggal 7 Januari

$$\begin{aligned} Q &= 0,278 \times C \times I \times A \\ &= 0,278 \times 0,6 \times 0,24 \times 0,07 \\ &= 0,003 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

Tanggal 8 Januari

$$\begin{aligned} Q &= 0,278 \times C \times I \times A \\ &= 0,278 \times 0,6 \times 3,52 \times 0,07 \\ &= 0,04 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

Tanggal 10 Januari

$$\begin{aligned} Q &= 0,278 \times C \times I \times A \\ &= 0,278 \times 0,6 \times 64,80 \times 0,07 \\ &= 0,77 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

Tanggal 24 Januari

$$\begin{aligned} Q &= 0,278 \times C \times I \times A \\ &= 0,278 \times 0,6 \times 5,70 \times 0,07 \\ &= 0,07 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

Tanggal 26 Januari

$$\begin{aligned} Q &= 0,278 \times C \times I \times A \\ &= 0,278 \times 0,6 \times 0,70 \times 0,07 \\ &= 0,01 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

Tanggal 30 Januari

$$\begin{aligned} Q &= 0,278 \times C \times I \times A \\ &= 0,278 \times 0,6 \times 0,74 \times 0,07 \\ &= 0,01 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

Tanggal 31 Januari

$$\begin{aligned} Q &= 0,278 \times C \times I \times A \\ &= 0,278 \times 0,6 \times 14,93 \times 0,07 \\ &= 0,18 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

Jika ditotalkan debit air limpasan bukit everest dalam 1 bulan pada DTH 1 sebanyak 11,32 m³/detik, DTH 2 sebanyak 4,31 m³/detik dan DTH 3 sebanyak 1,50 m³/detik.

4. Penutup

4.1 Kesimpulan

Dari studi yang telah dilakukan penulis ditambang terbuka pada lokasi Front Bukit Everest, PT. Antam Tbk. UBPN dapat disimpulkan:

1. Jumlah tangkapan air hujan di Bukit Everest berjumlah tiga daerah
2. Dari hasil pencarian chatmen area menggunakan software surpac, didapatkan nilai DTH 1 senilai 11,32, DTH 2 sebanyak 4,31 m³/detik dan DTH 3 sebanyak

1,50 m³/detik.

4.2 Saran

Dari hasil analisis data, penulis memberikan saran yaitu, dalam merencanakan suatu sistem penyaliran tambang, perusahaan sebaiknya mempertimbangkan kondisi ekstrim yang terjadi berupa curah hujan yang tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anonim.2008.“Nikel Laterite”. http://digilib.itb.ac.id/files/disk1/619/jb_ptitbpp-gdl-rikonatane-30942-4-2008ta-3.pdf di akses tanggal 11 Agustus 2017.
- [2] Anonim.2008.“Nikel Laterite”.http://digilib.itb.ac.id/files/disk1/620/jb_ptitbpp-gdl-anasabdull-30964-4-2008ts-3.pdf di akses tanggal 11 Agustus 2017.
- [3] Gumbel, E.J. 1954. Statistical theory of extreme values and some practical applications. Applied Mathematics Series 33 (1st ed.). U.S. Department of Commerce, National Bureau of Standards. ASIN B0007DSHG4.
- [4] Haryati, O. S., Kopa, R., & Prabowo, H. (2018). PEMETAAN KESTABILAN LERENG PADA LOKASI PENAMBANGAN EMAS PIT DURIAN PT J RESOURCES BOLAANG MONGONDOW SITE BAKAN KECAMATAN LOLAYAN KABUPATEN BOLAANG MONGONDOW SULAWESI UTARA. *Bina Tambang*, 3(1), 481-482.
- [5] Kurnia, D., Rusli, H. A. R., & Prabowo, H. (2018). Evaluation of Actual Condition and Planning of Drainage System in Gold Mining at Pit Durian, Site Bakan PT. J Resources Bolaang Mongodow, Lolayan Sub-district, Kotamobagu, North Sulawesi. *Bina Tambang*, 3(1), 556-565.
- [6] Suwandhi, Awang 2004.”Diklat Perencanaan Sistem Penyaliran Tambang”. Bandung: Unisba.