PROSIDING, Seminar Teknologi Kebumian dan Kelautan (SEMITAN III)
Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya (ITATS), Indonesia, 10 Juli 2021
ISSN 2686-0651
Vol. 3, No. 1, Juli 2021

RANCANGAN TEKNIS SISTEM PENYALIRAN TAMBANG PADA PENAMBANGAN NIKEL PT. XYZ KABUPATEN LUWU TIMUR, PROVINSI SULAWESI SELATAN

Diana Irmawati Pradani[1]

[1]Jurusan Teknik Sipil, Program Studi Teknologi Pertambangan
Politeknik Negeri Malang
Jl. Soekarno-Hatta No 9 Lowokwaru, Kota Malang

e-mail: dianapradani@polinema.ac.id

ABSTRAK

Penggunaan system penambangan terbuka pada penambangan nikel akan mengakibatkan lokasi kerja (*front* penambangan) menjadi tidak teratur dan bentuk topografi yang bergelombang. Selain itu pada system penambangan terbuka akan membentuk cekungan-cekungan yang dapat menjadi tempat terakumulasinya air hujan pada lantai pit penambangan. Tujuan dari rancangan system penyaliran ini adalah untuk menentukan system penyaliran tambang sesuai dengan kondisi lapangan agar konsentrasi air permukaan yang berada di area tambang dapat dikendalikan. Solusi dari masalah air yang terkumpul di area tambang adalah dengan merencanakan *mine drainage system* untuk mengendalikan air yang berpotensi masuk ke dalam area tambang dengan perancangan saluran terbuka. Selain perencanaan *mine drainage system,* perlu dilakukan pula perencanaan *mine dewatering system* yang berfungsi memompakan air yang berada di area tambang untuk dikeluarkan menuju *settling pond.* Dalam pengendalian aliran air yang berada pada area tambang PT.XYZ, saluran terbuka berbentuk trapesium dibuat sekitar lokasi kerja dan *settling pond* yang dibuat berbentuk zigzag dengan memiliki dua kompartemen.

Kata kunci: Saluran terbuka, *settling pond,* pompa

ABSTRACT

The use of an open-pit mining system in nickel mining will result in irregular work locations (mining fronts) and undulating topography. In addition, the open-pit mining system will form basins that can be a place for the accumulation of rainwater on the mining pit floor. The purpose of this drainage system design is to determine the mine drainage system according to field conditions so that the concentration of surface water in the mining area can be controlled. The solution to the problem of water collected in the mine area is to plan a mine drainage system to control water that has the potential to enter the mine area by designing an open channel. In addition to planning the mine drainage system, it is also necessary to plan a mine dewatering system that functions to pump water in the mine area to be released to the settling pond. In controlling the flow of water in the PT. XYZ mine area, an open channel in the form of a trapezoid is made around the work site and the settling pond is made in a zigzag shape with two compartments.
Keyword: Open channel. settling pond, pump,

PENDAHULUAN

Aktivitas penambangan dengan menggunakan system penambangan terbuka akan berpotensi membentuk jenjang dan cekungan ke bawah pada area tambang. Cekungan yang terbentuk menjadi daerah tampungan air baik yang berasal dari air hujan, air limpasan permukaan tanah maupun air tanah. Pada saat kondisi cuaca dengan curah hujan yang tinggi maka air yang berasal dari air limpasan akan menggenangi dasar *pit* dan berpotensi menjadi salah satu penyebab *front* penambangan berlumpur sehingga akan menggangu proses produksi untuk sementara waktu.

Apabila dalam perencanaan system penyaliran pada area tambang kurang sesuai dengan kondisi actual, selain menimbulkan masalah produksi maka akan timbul permasalahan yang mengakibatkan erosi pada lereng *pit* dan jalan-jalan tambang, pengendapan dan pelunakan jalan tambang, dan timbulnya air asam tambang. Berdasarkan permasalahan yang timbul, diperlukan suatu perencanaan system penyaliran tambang yang optimal untuk menangani air yang masuk ke dalam *front* penambangan dengan menganalisa aspek yang berpengaruh dalam permasalahan tersebut sehingga dampak air yang ditimbulkan akibat air yang masuk ke dalam area tambang dapat dihindari dan diminimalisir.

METODOLOGI

Curah hujan merupakan data utama dalam perencanaan kegiatan penirisan tambang terbuka, karena nilai curah hujan pada suatu daerah tambang akan mempengaruhi besar kecilnya air tambang yang akan ditanggulangi. Menentukan curah hujan rencana dapat menggunakan "Distribusi Gumbel" yaitu penentuan curah hujan rencana yang dilakukan dengan cara parsial. Cara ini dilakukan dengan menentukan ambang batas curah hujan maksimum.

ISSN 2686-0651
Vol. 3, No. 1, Juli 2021

Perhitungan dilakukan terhadap curah hujan adalah sebagai berikut:

$$Xt = Xr + S\,K, \text{ dimana } K = Ytr - Yn.Sn \quad (1)$$

Keterngan:
Xt = Curah hujan rencana (untuk n periode)
Xr = Data rata-rata curah hujan (mm/bulan)
S = Standar deviasi data
Ytr = *Reduce variatei*
Yn = *Reduce mean*
Sn = *Reduce standard deviation*

Nilai standar deviasi data diperoleh berdasarkan persamaan berikut :

$$SD = \sqrt{\frac{(X-Xr)^2}{n-1}} \quad (2)$$

Keterangan :
X = Data curah hujan maksimum per hari
Xr = Data curah hujan maksimum rata-rata
N = Jumlah data
Nilai Ytr ditentukan dengan persamaan berikut:

$$Ytr = -\ln\left(-\ln\left(\frac{T-1}{T}\right)\right) \quad (3)$$

Keterangan :
T = Periode ulang hujan, n tahun
Nilai Yn dan Sn ditentukan dengan persamaan berikut :

$$Yn = -\ln\left(-\ln\frac{(n+1)-m}{n+1}\right) \quad (4)$$

$$Sn = \sqrt{\frac{\sum(Yn-\overline{Yn})^2}{n-1}} \quad (5)$$

Keterangan :
n = banyak sampel
m = urutan sampel
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 (hydrology risk).Penentuan periode ulang hujan dan resiko hidrologi dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$Pr = 1 - \left(1 - \frac{1}{Tr}\right)^{Tl} \quad (6)$$

Keterangan :
Pr = resiko Hidrolohi
Tr = Periode ulang
Tl = Umur tambang

Intensitas Hujan adalah jumlah satuan volume air hujan yang jatuh pada daerah seluas satu satuan luas dan dalam jangka waktu tertentu. Intensitas curah hujan dapat dihitung dengan rumus perkiraan intensitas curah hujan dari data curah hujan harian. Salah satu metode yang banyak dipakai di indonesia adalah metode *Mononobe* sebagai berikut :

$$I = \frac{R24}{24} x \left(\frac{24}{tc}\right)^{2/3} \quad (7)$$

Keterangan :
I = intensitas curah hujan (mm/jam)
t = lamanya waktu hujan (jam)
R_{24} = curah hujan ,aksimum (mm)
Air Limpasan adalah bagian dari curah hujan yang mengalir diatas permukaan tanah menuju sungai, danau, atau lautan. Untuk memperkirakan debit air limpasan dapat digunakan rumus rasional sebagai berikut :

$$Q = 0{,}00278 \text{ x } C \text{ x } I \text{ x } A \quad (8)$$

Keterangan :
Q = debit air, m^3/detik
I = intensitas curah hujan, mm/jam
A = luas daerah tangkapan hujan, Ha

Sump merupakan tempat yang dibuat untuk menampung air sebelum air tersebut dipompakan . Pada prinsipnya sumuran diletakkan pada lantai tambang (*floor*) yang paling rendah, jauh dari aktivitas penggalian eandapan batubara, jenjang di sekitarnya tidak mudah longsor, dekat dengan kolam pengendapan dan mudah untuk dibersihkan.Untuk menentukan volume sumuran yang akan dipakai, digunakan rumus sebagai berikut :

$$V = \frac{L1 + L2}{2} \text{ x } h \quad (9)$$

Keterangan :
V = volume sumuran, m^3
L1 = luas penampang atas, m^2
L2 = luas penampang bawah, m^2
H = kedalaman, m

Head total pompa untuk mengalirkan sejumlah air seperti yang direncanakan dapat ditentukan dari kondisi instalasi yang akan dilayani oleh pompa tersebut, sehingga julang total pompa dapat dituliskan sebagai berikut :

$$HT = HS+HV+Hi+HF1+\Delta Hp+HF2+HF3 \quad (10)$$

Keterangan :
HT = Head total pompa, m
HS = Head statis, m
HV = *Head of velocity*, m
Hi = Head perubahan diameter, m
ΔHp = *Head of pressure*, m
HF1 = *Head of friction,* m
HF2 = *Head of bend*, m
HF3 = *Head of valve*, m

ISSN 2686-0651
Vol. 3, No. 1, Juli 2021

Bentuk penampang saluran air umumnya dapat dipilih berdasarkan debit air, tipe material pembentuk saluran serta kemudahan dalam pembuatannya. Saluran air dengan penampang segi empat atau segi tiga umumnya untuk debit kecil sedangkan untuk penampang trapesium untuk debit yang besar. Bentuk penampang yang paling sering dan umum di pakai adalah bentuk trapesium, sebab mudah dalam pembuatannya, murah, efisien dan mudah dalam perawatannya serta stabilitas kemiringannya (z) dapat disesuaikan menurut keadaan topografi dan geologi. Perhitungan kapasitas pengaliran suatu saluran air dilakukan dengan rumus Manning

$$Q = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}} A \qquad (11)$$

Keterangan :

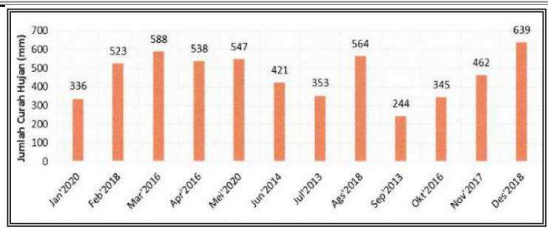
Q = Debit aliran pada saluran (m_3 /detik)
R = Jari-jari hidrolik (A/p)
S = Kemiringan dasar saluran (%)
P = Keliling basah
A = Luas penampang
n = Koefisien Manning yang menunjukan kekerasanan dinding saluran

Settling pond adalah suatu daerah yang dibuat khusus untuk menampung air limpasan sebelum dibuang langsung menuju daerah pengaliran umum. Sedangkan kolam pengendapan untuk daerah penambangan adalah kolam yang dibuat untuk menampung dan mengendapkan air limpasan yang berasal dari daerah penambangan maupun daerah sekitar penambangan. Dengan adanya kolam pengendapan diharapkan semua air yang keluar dari daerah penambangan benar-benar air yang sudah memenuhi ambang batas yang diijinkan oleh perusahaan, sehingga nantinya dengan adanya penambangan ini, tidak ada komplain dari masyarakat dan juga mencegah terjadinya pencemaran lingkungan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Curah Hujan

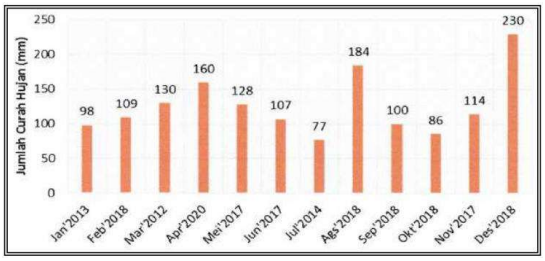
Data yang digunakan adalah data curah hujan dari Pos Hujan di sekitar area PT XYZ yaitu Desa Malili dan di Desa Manurung Kec. Malili, Kab. Luwu Timur. Pemilihan pos hujan ini berdasarkan letaknya yang representatif terhadap lokasi kegiatan penambangan.



Gambar 1: Rata-rata CH bulanan 10 tahun dibandingkan dengan rata-rata CH bulanan normal (30 tahun)

Gambar 1. menunjukkan rata-rata curah hujan bulanan periode 2011 - 2020 dibandingkan dengan rata-rata curah hujan normalnya (30 tahun), dapat dilihat pola curah hujan 10 tahun terakhir lebih tinggi dibandingkan normalnya. Curah hujan tertinggi umumnya terjadi pada bulan April dengan jumlah 438 mm. Sedangkan curah hujan terendah selama periode tersebut terjadi pada bulan Oktober dengan jumlah 129 mm.

Gambar 2. menunjukkan Curah Hujan Maksimum Absolut Harian pada periode tahun 2011 - 2020. Gurah Hujan Maksimum Absolut Harian merupakan jumlah curah hujan harian maksimum yang paling tinggi dalam satu bulan. Curah hujan maksimum absolut harian tertinggi terjadi pada bulan Desember 2018 dengan jumlah 230 mmlhari. Sedangkan curah hujan maksimum absolut harian terendah pada periode tersebut pada bulan Juli 2014 dengan jumlah 77 mm/hari.



Gambar 2: Curah hujan maksimum absolut harian tahun 2011 – 2020.

Frekuensi kejadian hujan dengan kategori hujan sedang (curah hujan berkisar antara 21-50 mm/hari), hujan lebat (51-100 mm/hari), dan hujan sangat lebat (>100 mm/hari) pada masing-masing tahun disajikan pada gambar 9.5. Berdasarkan hasil pengamatan curah hujan harian, kejadian hujan sedang hingga lebat di lokasi ini terjadi di semua tahun pada periode 2011 - 2020, sementara untuk hujan sangat lebat tidak pernah terjadi pada tahun 2014, 2016, dan 2019. Pada periode ini, frekuensi kejadian hujan harian didominasi dengan curah hujan dengan kategori sedang dengan frekuensi tertinggi pada tahun 2016 berjumlah 49 hari.

ISSN 2686-0651
Vol. 3, No. 1, Juli 2021



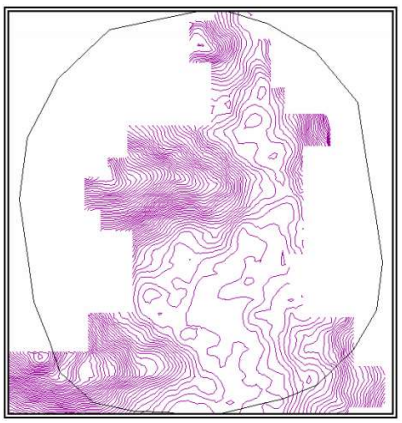
Gambar 3: Frekuensi kejadian hujan harian tahun 2011 - 2020.

Catchment Area

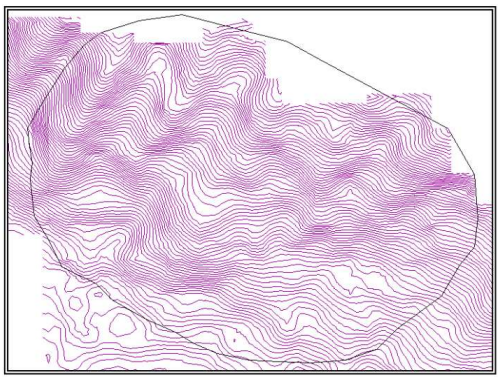
Sesuai dengan daerah peneltian yang dilakukan pada PT XYZ, maka CA terbagi atas dua bagian, yakni :

1. CA-1 mewakili penambangan blok A, B dan C
2. CA-2 mewakili penambangan blok D dan E

Pembagian CA ini dikarenakan sumber aliran air sungai yang saling berjauhan dan kondisi topografi dari daerah operasi penambangan PT XYZ. Gambar 4 dan gambar 5 berikut adalah gambar dan luas untuk CA-1 dan CA-2



Gambar 4: CA-1 (Blok A, B dan C) .



Gambar 5: CA-2 (Blok D dan E)

Saluran Terbuka

Berdasarkan *catchment area* pada area tambang PT. XYZ, direncanakan dua saluran terbuka. Kedua saluran direncanakan berdasarkan *catchment area* dan langsung diarahkan ke muara kolam pengendap. Tujuannya agar debit air yang masuk ke *front* penambangan berkurang sehingga dapat mengurangi kapasitas rencana *sump* dan mengurangi pemompaan debit air. Pembuatan saluran 1 direncanakan pada arah utara dari *front* penambangan, sedangkan pembuatan saluran 2 direncanakan pada arah selatan dari *front* penambangan.

Saliran Drainage CA-1

CA-1 merupakan daerah yang meliputi Blok A, Blok B dan Blok C, dari area penambangan PT XYZ. Dengan mengetahui curah hujan maksimal, luas area daerah aliran sungai (DAS) dan debit aliran sungai/DAS yang ada pada Blok A, Blok B dan Blok C, maka dapat dihitung dimensi saluran sebagai berikut.



Gambar 6:Saluran terbuka PT. XYZ

- H = Beda Tinggi Rischarge – Discharge (Km) = 0.050 Km
- L = Panjang Sungai (tubuh aliran) (Km) = 11.163 Km
- A = Catchment Area (luas DAS) (Ha) = 377.27 Ha
- V = Kecepatan Aliran di Suatu Titik (Km/jam) = 0.078 Km/jam
- tc = Waktu Konsentrasi (jam) = 143.231 jam
- n = Faktor Kekerasan Dinding Paritan = 0.03
- s = Gradient Paritan (%) = 0.20%
- Q pump = Kapasitas pemompaan (m3 /det) = 0 m3 /det
- Q tot = Total Debit Air di Paritan (m3 /det) = 0.914 m3 /det
- I = Intensitas Hujan (mm/jam) = 1.210 mm/jam
- Qp = Debit Puncak (m3 /det) = 0.762 m3 /det
- R = Curah Hujan Maksimum (mm) = 500 mm
- f = Faktor Pengali = 0.00278
- C = Coefisien Limpasan DAS = 0.6
- b = Lebar Bawah Paritan (m) = 0.70 m

ISSN 2686-0651
Vol. 3, No. 1, Juli 2021

– c = Lebar Atas Paritan (m) = 1.40 m
– h = Tinggi Paritan (m) = 1.21 m

Dari hasil perhitungan yang dilakukan, dapat diketahui bahwa dimensi saluran drainage untuk CA-1 (penambangan blokA, blok B dan blok C) adalah :

- Lebar bawah saluran/paritan = 0.70m x 2 = 1.40m
- Lebar atas saluran/paritan = 1.40m x 2 = 2.80m
- Tinggi saluran/paritan = 1.21m

Gambar 7 memperlihatkan dimensi saluran/paritan drainage untuk CA-1 (penambangan blok A, blok B dan blok C)

Saliran Drainage CA-2

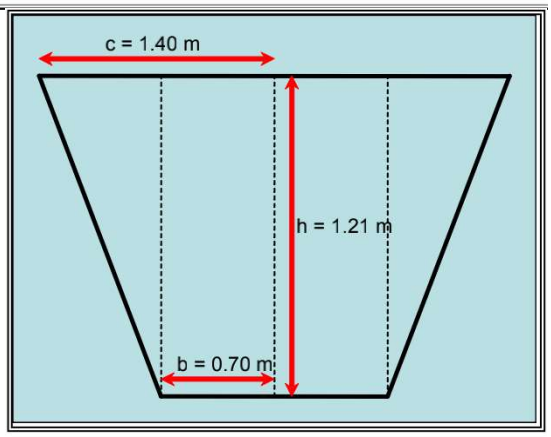
CA-2 merupakan daerah yang meliputi Blok D dan Blok E, dari area penambangan PT XYZ. Dengan mengetahui curah hujan maksimal, luas area daerah aliran sungai (DAS) dan debit aliran sungai/DAS yang ada pada Blok D dan Blok E, maka dapat dihitung dimensi saluran sebagai berikut.

- H = Beda Tinggi Rischarge – Discharge (Km) = 0.060 Km
- L = Panjang Sungai (tubuh aliran) (Km) = 8.542 Km
- A = Catchment Area (luas DAS) (Ha) = 214.81 Ha
- V = Kecepatan Aliran di Suatu Titik (Km/jam) = 0.102 Km/jam
- tc = Waktu Konsentrasi (jam) = 83.671 jam
- n = Faktor Kekerasan Dinding Paritan = 0.03
- s = Gradient Paritan (%) = 0.20%
- Q pump = Kapasitas pemompaan (m3 /det) = 0 m3 /det
- Q tot = Total Debit Air di Paritan (m3 /det) = 0.891 m3 /det
- I = Intensitas Hujan (mm/jam) = 2.072 mm/jam
- Qp = Debit Puncak (m3 /det) = 0.742 m3 /det
- R = Curah Hujan Maksimum (mm) = 500 mm
- f = Faktor Pengali = 0.00278
- C = Coefisien Limpasan DAS = 0.6
- b = Lebar Bawah Paritan (m) = 0.68 m
- c = Lebar Atas Paritan (m) = 1.36 m
- h = Tinggi Paritan (m) = 1.18 m

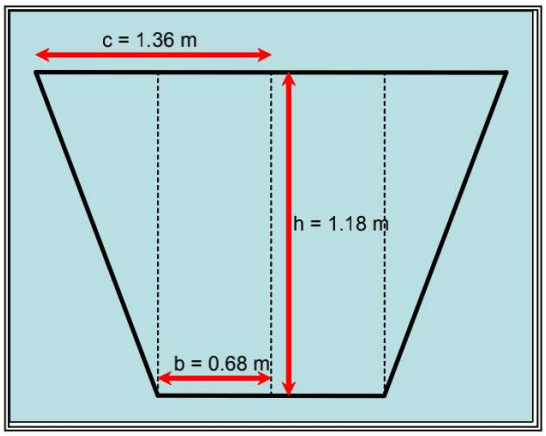
Dari hasil perhitungan yang dilakukan, dapat diketahui bahwa dimensi saluran drainage untuk CA-2 (penambangan blok D dan blok E) adalah :

- Lebar bawah saluran/paritan = 0.68m x 2 = 1.36m
- Lebar atas saluran/paritan = 1.36m x 2 = 2.72m
- Tinggi saluran/paritan = 1.18m

Gambar 8 memperlihatkan dimensi saluran/paritan drainage untuk CA-2 (penambangan blok D dan blok E)



Gambar 7: Dimensi saluran drainage CA-1 (Blok A,B dan C)



Gambar 8: Dimensi saluran drainage CA-2 (Blok D dan E)

Settling Pond

PT. XYZ telah membuat kolam pengendapan (settling pond) pada daerah penambangan Blok E, yang mana lokasi kolam pengendapan (settling pond) tepat berada di bawah daerah disposal pit penambangan Blok E. Terdapat 3 (tiga) buah kolam pengendapan (settling pond) yang telah dibuat oleh PT. XYZ, dengan dimensi panjang = 8 meter, lebar = 5 meter dan kedalaman = 3 meter. Ketiga kolam pengendapan (settling pond) tersebut terhubung dengan saluran drainage yang berasal dari front pit penambangan, berlanjut ke daerah disposal dan menuju settling pond, untuk kemudian mengendapkan material Lumpur dan zat oksidan lainnya, dan terakhir mengalirkan air yang telah bersih ke saluran drainage menuju kearah bawah (Selatan). Gambar 9 adalah kolam pengendapan (settling pond) dari PT. XYZ

ISSN 2686-0651
Vol. 3, No. 1, Juli 2021



Gambar 9: Settling pond PT. XYZ model zig-zag

Data yang diperlukan untuk menganalisis dengan Hukum Newton :
1. Nilai koefisien tahanan (Fg) adalah 1.0
2. Material yang akan diproses (Qmat) adalah 70,0 ton/jam
3. Ukuran Partikel padatan yang boleh lewat (Ukur)
4. Kepadatan partikel padatan (ps) adalah 3000 kg/m3
5. Kekentalan air (Vis) adalah 1,31×10−6 kg/ms
6. Persen padatan (Sol) adalah 45%
7. Persen Air (Air) adalah 55%

Berat padatan (Lumpur/limbah) per m3 = Sol x Qmat
Berat padatan (Lumpur/limbah) per m3 = 45% x 70.0 ton/jam x 1000
Berat padatan (Lumpur/limbah) per m3 = 31500 kg/jam

Berat air per m3 = Air x Qmat
Berat air per m3 = 55% x 70.0 ton/jam x 1000
Berat air per m3 = 38500 kg/jam

Volume padatan (Lumpur/limbah) = Berat padatan/kerapatan partikel padatan
Volume padatan (Lumpur/limbah) = (31500 kg/jam)/(3000 kg/m3)
Volume padatan (Lumpur/limbah) = 10.5 m3/jam
Volume padatan (Lumpur/limbah) = 5.3625 m3/3600 detik
Volume padatan (Lumpur/limbah) = 0.00292 m3/detik

Volume air = (38500 kg/jam)/(1000 kg/m3)
Volume air = 38.5 m3 /jam
Volume air = 38.5 m3 /3600 detik
Volume air = 0.01069 m3 /detik

Total Volume = Volume Padatan (Lumpur/limbah) + Volume Air
Total Volume = 0.00292 m3 /detik + 0.01069 m3 /detik
Total Volume = 0.01361 m3 /detik

Kecepatan pengendapan sediment liat = 0.0002 m/detik

Luas Kolam Pengendapan = Total Volume/Kecepatan Pengendapan Sedimen Liat
Luas Kolam Pengendapan = 0.01361 m3 /detik/0.0002 m/detik
Luas Kolam Pengendapan = 68.05 m2, dengan kedalaman 3 meter
Dengan asumsi lebar kolam pengendapan adalah 6 meter, maka diperoleh panjang
kolam pengendapan = 68.05 m2 /6 meter = 11.342 m
Sehingga dimensi kolam pengendapan untuk mengatasi limbah lumpur dan limbah
cair lainnya dari operasional tambang yang dilakukan adalah :
- Panjang = 11.342 meter
- Lebar = 6.0 meter
- Kedalaman = 3 meter

KESIMPULAN

Adapun kesimpulan yang dapat diambil berdasarkan hasil penelitian antara lain :

1. Dari hasil pemetaan sungai dapat disimpulkan bahwa aliran debit air pada sungai-sungai yang ada disekitar lokasi penambangan PT PUL, baik di blok A, blok B, blok C, blok D maupun blok E memiliki debit aliran yang relative kecil (< 0.1 m3 /detik)
2. Curah hujan cukup tinggi didaerah sekitar penambangan PT PUL, yakni berkisar 350mm sampai dengan 550mm, dan terjadi pada bulan Februari sampai dengan bulan Juni, dalam tahun berjalan
3. Membuat dimensi saluran/paritan drainage yang sesuai dengan hasil perhitungan yang telah dijelaskan sebelumnya, dimana :
   a. Untuk CA-1 (Blok A, Blok B dan Blok C), ukuran saluran/paritan drainage adalah :
   - Lebar bawah saluran/paritan = 0.70m x 2 = 1.40m
   - Lebar atas saluran/paritan = 1.40m x 2 = 2.80m
   - Tinggi saluran/paritan = 1.21m
   b. Untuk DAS-2 (Blok D dan Blok E), ukuran saluran/paritan drainage adalah :
   - Lebar bawah saluran/paritan = 0.68m x 2 = 1.36m
   - Lebar atas saluran/paritan = 1.36m x 2 = 2.72m
   - Tinggi saluran/paritan = 1.18m
4. Membuat kolam pengendapan (settling pond) untuk penanganan limbah lumpur, keasaman dan zat-zat reaktif lainnya seperti dijelaskan sebelumnya, dimana :
   Untuk CA-1 dan CA-2 ukuran kolam pengendapan (settling pond) adalah :
   - Panjang = 11.342 meter
   - Lebar = 6.0 meter
   - Kedalaman = 3 meter

ISSN 2686-0651
Vol. 3, No. 1, Juli 2021

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis kepada semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan paper ini.

DAFTAR PUSTAKA

Asdak, C. (2010). Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Air Sungai: Edisi Revisi Kelima. *Yogyakarta: Gadjah Mada University Press Yogyakarta*.

Budiarto. (1997). Sistem Penirisan Tambang. Jurusan Teknik Pertambangan, fakultas teknologi Mineral.Universitas pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta.

Ganti, Abraham. (2008). Potensi Pemanfaatan Low Nickel Slag Sebagai Pengganti Semen dan Agregat Kasar. Universitas petra Surabaya.

Gautama, R. S. (1999). Sistem Penyaliran Tambang. *Institut Teknologi Bandung*.

Sugiri, S., Khosoma, L.K.(1997). Penggunaan Terak Nikel Sebagai Agregat Beton Mutu Tinggi. Thesis program Magister. Intitut Teknologi Bandung.

Yusran, K. (2015). Sistem Penyaliran Tambang Pit Ab Eks Pada PT. Andalan Mining Jobsite Kaltim Prima Coal Sangatta Kalimantan Timur. *Jurnal Geomine*, *3*(1).