Kajian Teknis Sistem Penyaliran Tambang PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk, Kabupaten Tuban, Provinsi Jawa Timur

Avellyn Shinthya Sari, Wahyu Saputra.[2], Yudho Dwi Galih Cahyono.[3]
Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknologi Industri
Institu Teknologi Adhi Tama Surabaya
e-mail: avellyn.ss@gmail.com

ABSTRACT

Semen Indonesia Pte Ltd is a company engaged in the clay mining industry in Tuban Regency, East Java province. Since this company employs an open-pit mining system, it is necessary to have mine drainage so that mining activities are not hampered and it can meet its production targets. Mine dewatering becomes the mine drainage applied by this company. The actual parameters of the channel bottom width and channel depth were: top width (B) = 3.2 m, bottom width (b) = 1.1 m, height (h) = 1.07 m, and angle (°) = 46°. Semen Indonesia Pte Ltd's open pool has one sediment pond unit in a square shape with an area of 4,364.77 m^2 and a volume of 20,000 m^3. Considering the incoming runoff water discharge of 2.18 m^3/second, the drainage at this company has not been optimal yet. Therefore, a new geometry change is needed so that it can fully accommodate runoff water discharge with a top width (B) of 3.2 m, a bottom width (b) of 1.4 m, a height (h) of 1.56 m, and an angle (°) of 60° with a channel capacity of 7.45 m^3/second.

Keywords: *Mine Dewatering, Open Channel, Drainage Method, Drainage Size Dimension.*

ABSTRAK

PT. Semen lndonesia (Persero) Tbk merupakan salah satu perusahaan yang bergerak di bidang industri pertambangan tanah liat yang terletak di kabupaten Tuban, provinsi Jawa Timur. Sistem penambangan yang diterapkan yaitu dengan metode *open pit*. Oleh karena itu perlu adanya penyaliran tambang yang dilakukan agar kegiatan penambangan tidak terhambat dan dapat memenuhi target produksi pada PT. Semen lndonesia (Persero) Tbk. Penerapan penyaliran tambang yang digunakan pada PT. Semen lndonesia (Persero) Tbk menggunakan *mine dewatering*. Diketahui parameter aktual lebar dasar saluran dan kedalaman saluran sehingga di dapatkan Lebar atas (B) = 3,2 m, Lebar dasar (b) = 1,1 m, Tinggi (h) 1,07 m dan Sudut (°) = 46°. Kolam terbuka pada PT. Semen lndonesia (Persero) Tbk memiliki satu unit *sedimen pond* berbentuk persegi, dengan Luas = 4.364,77 m^2 dan Volume = 20000 m^3. Dengan mempertimbangkan debit air limpasan yang masuk yaitu sebesar 2,18 m^3/detik dapat diketahui bahwa penyaliran di PT. Semen lndonesia (Persero) Tbk tidak optimal sehingga diperlukan perubahan geometri baru agar dapat menempung debit air limpasan Lebar atas (B) = 3,2 m, Lebar dasar (b) = 1,4 m, Tinggi (h) 1,56 m dan Sudut (°) = 60° dengan kapasitas saluran sebesar 7,45 m^3/detik agar dapat sepenuhnya menampung debit air limpasan.

Kata kunci: Mine Dewatering, Saluran Terbuka, Metode Penyaliran, dan Dimensi Ukuran Penyaliran

PENDAHULUAN

PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk ialah sebuah badan usaha yang bidang pergerakannya di bagian pertambangan tanah liat (*Clay*) dan batu gamping, serta berlokasikan pada Desa Sumber Arum, Kecamatan Kerek, Tuban, Kabupaten Tuban, provinsi. Jawa Timur. Sistem pertambahangan yang dipergunakan oleh perusahaan ini yakni dengan cara terbuka, yakni mempergunakan metode *quarry*, dimana seluruh aktifitasnya berhubungan langsung dengan cuaca dan iklim [4]. Hal ini menyebabkan *front* penambangan akan disebabkan oleh adanya pengaruh air, yang berasalkan dari air limpasan, sehingga curah hujan yang tinggi bisa memberikan pengaruh terhadap penghambatan aktivitas operasional penambangannya. Metode penambangan terbuka *quarry* ini akan mengakibatkan terjadinya pembentukan cekungan yang besar dimana hal tersebut akan berpotensi untuk jadi tempat penampungan air, baik yang berasalkan dari air tanah ataupun dari air limpasan permukaannya [2].

ISSN 2775-5630

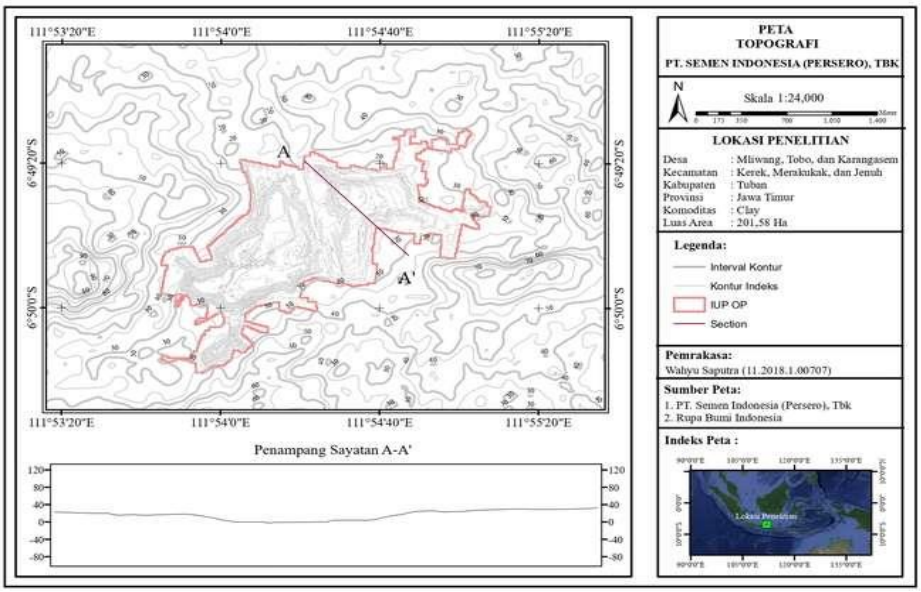
Ketika keadaan cuaca tergolong ekstrim yang ditandakan dengan tingginya curah hujan, maka hal tersebut akan mengakibatkan tergenangnya air pada lantai dasar terutama air yang asalnya dari limpasan permukaan sehingga mengakibatkan bagian *front* penambangan menjadi berlumpur dan pada akhirnya aka mengakibatkan pihak perusahaan merugi. Lebih lanjut, material yang terbawa oleh air limpasannya akan mengakibatkan terjadinya kerusakan pada ekosistem di sekitarnya apabila tidak dilaksanakan penanganan secara optimal.

Penyaliran tambang termasuk ke dalam sebuah hal yang krusial dalam penambangan terbuka, terutama yang berhubungan dengan keselamatan kerja, kondisi, lingkungan serta produktivitasnya yang mana kegiatan ini ditujukan untuk meminimalisir jumlah air dari wilayah penambangan tersebut. Agar air tambangnya bisa dikendalikan secara optimal, maka perlu pemahaman yang lebih terkait dengan perilaku serta sumber airnya. Dan terkait dengan berbagai hal yang mendasari perencanaan penyaliran tambang tersebut yakni di lihat dari sisi hidrologi serta hidrogeologinya, yang terdiri atas pemahaman mengenai curah hujan, daur hidrologi, air limpasan, infiltrasi, air tanah dan juga teknik penyaliran tambangnya.

Pelaksanaan kajian ini ditujukan untuk mengkaji sistem penyaliran tambang pada PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk, menghitung debit total air pada lokasi penambangan PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk, mengupayakan pencegahan air yang masuk pada area penambangan, serta menghitung dimensi saluran terbuka dan *sedimen pond* yang dibuat sejalan dengan masuknya debit air

TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian ini dilaksanakan pada area penambangan PT. Semen Indonesian (Persero) Tbk di Kabupaten Tuban, Provinsi Jawa Timur. Penelitian ini dimulai pada bulan April sampai Juni 2022.



Gambar 1 Lokasi Penelitian

Sistem penyaliran tambang pada dasarnya membahas 2 aspek sumber air, yaitu air permukaan (hidrologi) dan air bawab tanah (hidrogeologi) , untuk bisa melakukan pengendalian air tambnag dengan baik harus mrngetahui sumber dan perilaku air [2]. Penhgendalian permasalahan air pada tambnag terbuka dapat dibedakan menjadib 2 cara. Yaitu :

1. Mine drainage

   Yaitu upaya penanganan air tambnag dengan mencegah masuknya air kedaerah penambngan, pada umumnya cra ini dillakukan untuk penanganan air tanah dan air yang bersumber dari permukaan.

ISSN 2775-5630

2. Mine dewatering

Yaitu upaya penanganan air tambang dengancara mengeluarkan air yang telah masuk ke daera penambangan. Cara ini dilakukan untuk menangani air yang berasal dari air hujan.

Faktor- faktor yang mempengaruhi sistem penyalkiran tambang [6].

1) Curah hujan

Hujan terencana adalah curah hujan harian maksimum yang akan digunakan untuk menghitung intensitas hujan. Perhitungan curah hujan rencana.

$$CHR = X + \left(\frac{S}{Sn}\right)(Yt - Yn) \quad \text{.....(1)}$$

keterangan:
X = Rata-rata curah hujan (mm/bulan)
S = Standar Deviasi
Sn = Koreksi simpangan
Yt = koreksi variansi
Yn = koreksi rata-rata

2) Intensitas Curah Hujan

curah hujan diperlukan untuk menentukan besarnya debit air. Derajat curah hujan dinyatakan oleh jumlah hujan per satuan waktu tertentu yang disebut dengan intensitas curah hujan. Metode yang digunakan untuk menentukan intensitas curah hujan dapat ditentukan menggunakan metode mononabe:

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

Keterangan:
I = intensitas curah hujan (mm/jam)
T = waktu konsentrasi hujan (jam)
R24 = curah hujan maksimum (mm)
2/3 = ketetapan

3) Air limpasan

Air limpasan merupakan air hujan yang tidak meresap ke dalam tanah dan mengalir dipermukaan tanah.

4) Daerah tangkapan hujan

Daerah tangkapan hujan adalah daerah permukaan yang pada saat terjadi hujan, permukaan akan mengalirkan air ke tempat yang lebih rendah.

5) Saluran Terbuka

Bentuk dimensi dari saluran terbuka ini sangat mempengaruhi efisiensi dari saluran terbuka itu sendiri. Untuk menentukan dimensi saluran terbuka digunakan rumus manning, yaitu:

$$Q = \frac{1}{n} R^{2/3} \, x \, S^{1/2} \, x \, A \quad \text{.....(3)}$$

Keterangan :
Q = Debit (m^3/detik)
R = Jari – jari hidrolik (m)
S = Kemiringan rata – rata
A = Luas penampang saluran (m^2)
n = Koefisien kekerasan Manning, yangmenunjukkan kekasaran dinding saluran.

ISSN 2775-5630

METODE

Penelitian ini termasuk ke dalam penelitian aplikatif dengan mempergunakan metode kuantitatif. Penelitian ini berkaitan dengan pengolahan data hidrologi untuk merancang pembuatan saluran terbuka. Data yang di butuhkan dalam penelitian ini ialah data curah hujan pada wilayah kajian yang nantinya akan diperhitungkan untuk menentukan daerah tangkapan hujan, air limpasan dan dimensi puritan

1) Tahap Persiapan

   Tahap persiapan termasuk ke dalam tahapan awal dalam penelitian. Dimana dalam tahapan ini melakukan studi literatur berupa referensi jurnal, buku, laporan penelitian, dan referensi lainnya yang berkaitan dengan penelitian yang dilaksanakan serta melakukan tinjauan pustaka tentang perusahaan.

2) Tahap Penelitian

   Dalam tahap ini dilaksanakan penelitian lapangan di PT. Semen Indonesian (Persero) Tbk yang berupa pengumpulan data baik primer maupun sekunder.

   a. Data primer

      Data primer yakni pengumpulan data yang berupa pengukuran secara langsung di lapangan meliputi:

      a) Data dimensi saluran drainase
      b) Data dimensi *sediment pond*

   b. Data sekunder

      Berikut data yang akan diperolehkan tidak secara langsung dari lapangan meliputi:

      a) Data curah hujan
      b) Keadaan umum perusahaan (profil)
      c) Litologi wilayah kajian
      d) Data penunjang lainnya

3) Tahap Pengolahan dan Analisis Data

   Data yang telah diperolehkan dari penelitian berikutnya akan dilaksanakan pengolahan dan anailisis secara bertahap sesuai literatur-literatur yang berhubungan dengan tahapan sebagai berikut :

   a. Mengkaji sumber aliran air, baik air hujan, air limpasan maupun air tanah serta analisis saluran pada area penambangan
   b. Melakukan perhitungan nilai curah hujan rencana dengan persamaan *gumbel* dan intensitas curah hujan dengan persamaan *mononobe*. Perhitungan tersebut bertujuan untuk menentukan besarnya debit air limpasan dan air hujan.
   c. Mengkaji peta topografi untuk mengetahui arah aliran air limpasan serta luas daerah tangkapan hujan dengan bantuan *software* dan peta geologi untuk menentukan koefisien limpasan.
   d. Menentukan dimensi saluran untuk mengendalikan air yang masuk ke area penambangan.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Sistem Penyaliran
   Dari hasil penelitian, secara garis besar metode penyaliran yang diterapkan pada PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk adalah metode *mine dewatering.* Salah satu metode *mine dewatering* merupakan metode paritan, hal itu dibuktikan dengan adanya paritan pada area penambangan, sistem paritan digunakan untuk mengalirkan alir yang masuk di area penambangan kemudian air dialirkan menuju *sediment pond* [6]. Berikut merupakan sistem paritan pada PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk.
2. Debit Air Total Air Tambang
   Adalah banyaknya debit air hujan yang jatuh langsung kedalam area penambangan serta debit air limpasan. Untuk mngetahui berapa besar jumlah debit total air tambang dibutuhkan beberapa data yaitu :

   a. Data topografi
      Peta topografi merupakan peta berskala besar yang menggambarkan bentuk roman muka bumi dengan menggunakan garis kontur dan umumnya menyajikan objek dengan tingkat relatif tinggi.
   b. Data kondisi lapangan
      Data kondisi lapangan bertujuan untuk mengetahui kondisi permukaan tanah di lapangan supaya mengetahui nilai koefisien air limpasan. Koefisien air impasan ini dapat dikaji berdasarkan vegetasi apa saja yang ada di daerah tersebut, serta berapa persen kemiringan lahan di wilayah tersebut.

ISSN 2775-5630

c. Data curah hujan
Meliputi data curah hujan bulanan, curah hujan harian maksimum, jumlah hari hujan, data jam hujan komulatif bulanan, serta data jam hari hujan. Semua data tersebut didapat penulis dari perusahaan

3. Pengolahan Data

Setelah melakukan kegiatan pengambilan data selanjutnya dilakukan kegiatan pengambilan data. Tujuan dari penggolahan data adalah untuk mendapatkan jawaban atas hal yang telah diteliti dan diperoleh dari pengaambilan data tersebut, pengolahan data untuk menentukan debit air total air meliputi :

a. Peta Topografi
Pengolahan data topografi digunakan untuk menentukan arah aliran air, daerah tangkapan hujan serta digunakan untuk menentukan kemiringan daerah penelitian yang nantinya akan digunakan untuk mencari nilai koefisien limpasan [8]. Dari hasil pengolahan data topografi diperoleh nilai daerah tangkapan hujan yaitu seluas 376,40 ha dengan kemiringan 13,33%.

b. Data Kondisi Lapangan
Berdasarkan pengamatan pada kondisi permukaan tanah di daerah penelitian yang merupakan wilayah penambagan. Vegetasi disekitar tambang sangat rapat terdapat banyak tumbuhan perkebunan yang sebagian dikelola oleh perhutani dan warga sekitar, selain itu memiliki kemiringan yang relatif Agak Miring dengan kegunaaan lahan sebagai perkebunan. Maka ditentukan dari hasil pengamatan dan perhitungan tersebut nilai koefisien limpasan pada daerah penelitian sebesar 0,4 yaitu hutan perkebunan, nilai tersebut mengacu pada standar yang dikemukakan oleh Rudi Sayoga Gautama (1999).

c. Perhitungan curah hujan
Metode untuk mengolah data curah hujan yaitu menggunakan metode probabilitas gumbel. Dalam perhitungan curah hujan rencana bertujuan untuk mendapatkan intensitas curah hujan maksimum dengan menggunakn rumus persamaan mononobe

Tabel 1. Perhitungan Curah Hujan

n	Tahun	Curah Hujan Harian Maksimal (mm/hari) (Xi)	Xi-Xrt	(Xi-Xrt)^2	Yn	Yn - YN	(Yn - YN)^2
1	2017	39,10	18,27	333,94	1,70	1,24	1,55
2	2018	15,01	-5,82	33,89	0,90	0,44	0,20
3	2019	9,86	-10,97	120,26	0,37	-0,09	0,01
4	2020	23,52	2,69	7,24	-0,09	-0,55	0,31
5	2021	16,65	-4,18	17,44	-0,58	-1,04	1,09
Jumlah		**104,13**	**0**	**513**			**3,14**
Xrt		**20,83**	**0**	**103**	**0,459**		
Sx		**11,32**					**0,793**
Yt		**1,50**					

4. Hasil Pengolahan Data

Adapun hasil pengolahan data adalah sebagai berikut :

1. Debit Air Hujan
Berdasarkan data diperoleh luas daerah tangkapan hujan debit air hujan sebesar 91.700 m^2, dan nilai dari intensitas curah hujan ialah sebesar 5,44 mm/jam.
Untuk menghitung besarnya nilai debit air hujan digunakan rumus rasional yaitu :

$$Q = I \times A \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(4)$$

ISSN 2775-5630

Keterangan :
Q = Debit Air Hujan (m^2/detik)
I = Intensitas Hujan (m/jam)
A = Luas Area Pit (m^2)

Maka :
Q = 5,44 mm/jam x 91700 m^2
= 0,00544 m/jam x 91700 m^2
= 499,34 m^3/jam
= 0,14 m^3/detik
= 1.712,29 m^3/hari

diperoleh debit air hujan yang masuk area penambangan sebesar 499,34 m^3/jam atau 1.715,07 m^3/hari

2. Debit Air Limpasan
Berdasarkan data diperoleh luas daerah tangkapan hujan debit air limpasan sebesar 3.764.000 m^2, dan nilai dari intensitas curah hujan ialah sebesar 12,20 mm/jam.
Perhitungan Debit Air Limpasan Dapat Dihitung Menggunakan Persamaan Rasional Q = C x I x A. dengan C adalah koefisien limpasan, I adalah intensitas hujan maksimum, serta A adalah luas daerah tangkapan hujan. Berikut dibawah ini merupakan perhitungan serta hasil debit air limpasan

Diketahui
Koefisien Limpasan (C)= 0,4. Nilai tersebut didapat berdasarkan pengukuran kemiringan topografi. Pengukuran kemiringan topografi dihitung dengan cara menyayat peta topografi kemudian didapatkan :

Slope = (Beda tinggi/jarak datar)x100%
Slope = (50/375,1)x100%
Slope = 13,33%

Maka persen kemiringan yang di dapat adalah = 13,33%
Berdasarkan pengamatan di lapangan, di daerah penelitian terdapat vegetasi yang rapat. Sedangkan kemiringan lahan sebesar 13,33 %. Maka dapat disimpulkan berdasarkan nilai koefisien limpasan yaitu 0,4

Intensitas hujan (I) = 5,44 mm/jam
= 5,44/1000
= 0,00544 m/jam

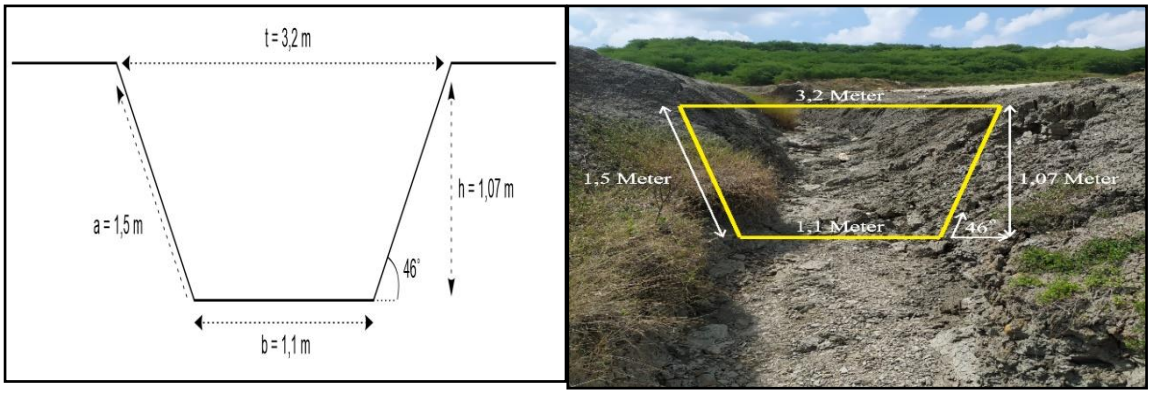
Luas DTH air limpasan = 3764000 m^2
Maka :
Q = 0,4 x 0,00544 m/jam x 3764000 m^2
= 8.198,54 m^2/jam
= 28.825,89 m^2/hari

3. luas saluran terbuka dan *settling pond*
Saluran Terbuka
Saluran terbukaberjumlah 1 buah dan dibuat puritan dengan bentuk trapesium. Berikut merupakan tabel data perhitungan saluran dalam bentuk tabel.

Tabel 2. Perhitungan Saluran Terbuka

KETERANGAN	UKURAN
Lebar Dasar Saluran Terbuka (b)	1,1 m
Lebar Atas Saluran Terbuka (t)	3,2 m
Kedalaman Saluran (h)	1,07 m
Panjang Saluran	2662 m
Kemiringan Dasar Saluran/Gradien (s)	0,56 %
Koefisien Kekerasan Manning (n)	0,04
Sudut (^{0})	46 ^{o}
Luas Penampang Basah (a)	1,85 m^2
Debit tampungan saluran terbuka (Q)	2,18m^3/detik

Gambar 2. Saluran Terbuka Daerah Penelitian



Sedimen Pond

Bentuk *sedimen pond* adalah persegi berjumlah 1 unit sedimen pond. dari hasil perhitungan didapat volume ukuran *sedimen pond* pada perusahaan PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk.

Tabel 3. Perhitungan *Sedimen Pond*

		Sedimen Pond	
Keterangan	**Dimensi**	**Ukuran**	**Satuan**
Alas Atas	Panjang (x)	66,07	m
	Lebar (y)	66,07	m
	Luas A	4.364,77	m^2
Alas Dasar	Panjang (x)	60,29	m
	Lebar (y)	60,29	m
	Luas B	3.635,23	m^2
Volume Rancangan Aktual	Jumlah	1	Unit
	Volume (Kapasitas = Q)	20.000	m^3

c. Pencegahan dan Penanganan Air

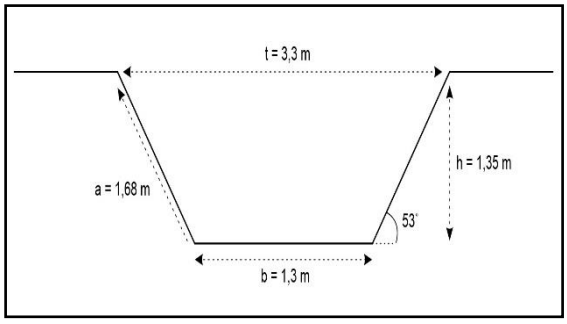
pencegahan air yang akan masuk pada area penambangan yaitu dengan membuat rancangan saluran terbuka tambahan yang sesuai dengan debit air limpasan yang akan masuk pada area penambangan. Untuk penanganan air yang masuk yang sebabkan oleh air hujan yang langsung jatuh pada area penambangan yaitu dengan membuat paritan di sekitar cekungan yang terdapat genangan air.

ISSN 2775-5630

4. Rekomendasi Saluran Terbuka
   Berdasarkan penelitian, luas Saluran tebuka PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk memiliki kapasitas yang kurang besar dengan dimensi saluran hanya sebesar 2,18 m3/detik, untuk menampung debit air limpasan yang direncanakan mengalir di area tersebut. Namun hasil yang diperoleh air limpasan yang masuk ke area penambangan lebih besar yaitu 5.11 m3/detik, sehingga geometri aktual saluran yang ada perlu di perbesar agar mampu menampug debit limpasan tersebut. Adapun rancangan geometri yang di rekomendasikan dapat dilihat pada tabel dibawah ini

Tabel 4. Rekomendasi Saluran Terbuka

KETERANGAN	UKURAN
Lebar Dasar Saluran Terbuka (b)	1,4 m
Lebar Atas Saluran Terbuka (t)	3,2 m
Kedalaman Saluran (h)	1,56 m
Panjang Saluran (L)	2662 m
Kemiringan Dasar Saluran/Gradien (s)	0,56 %
Koefisien Kekerasan Manning (n)	0,04
Sudut (^{0})	60 ^{0}
Luas (a)	3,26 m^2
Debit Tampungan Saluran Terbuka (Q)	7,45 m^3/s



Gambar 3. Rekomendasi Saluran Terbuka

5. *Settling Pond*
   Bentuk sedimen pond pada PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk adalah prisma trapesium berjumlah 1 unit *sedimen pond*. Dimensi *sedimen pond* pada daerah penelitian yaitu sebesar 20.000 m^3 sehingga dapat menampung debit air hujan yang masuk pada area penambangan sebesar 499,34 m^3/jam atau 1.715,07 m^3/hari, dan juga dapat menampung air yang berasal dari air limpasan sebesar 8.198,54 m^3/jam atau 28.159,25 m^3/hari.

6. Pencegahan dan Penanganan Air
   Untuk pencegahan air dengan memperbesar geometri saluran terbuka sesuai rancangan rekomendasi penulis, sehingga dapat menampung air limpasan disetiap area yang dilewati arah aliran air yang ada di lokasi penmbangan, serta bertujuan untuk mengalirkan air langsung ke *Sedimen Pond* sehingga tidak terjadi genangan air yang dapat mengganggu aktivitas penambangan dan target produksi nantinya akan tercapaai.

KESIMPULAN

Setelah melakukan kegiatan penelitian memencakup pengambilan data, analisis data serta pengolahan data yang ada di PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk, bisa diambil kesimpulan yakni :

1. Sistem Penyaliran yang diterapkan adalan *mine dewatering*
2. Desain saluran terbuka yang dibuat mempergunakan bentuk trapesium dengan diketahui debit air limpasan sebesar 0,14 m^3/detik.
3. Berdasarkan hasil rancangan perhitungan diperolehkan kapasitas saluran aktual sebesar 2,18 m^3/detik maka bisa disimpulkan bahwasanya kapasitas paritan belum mampu menampung air limpasan tersebut, sehingga di perlukan rancangan baru saluran terbuka dengan kapasitas sebesar 4,53 m^3/detik untuk menmpung debit limpasan. Sedangkan Dimensi *Sedimen Pond* yang dibuat pada perusahaan PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk telah mampu menampung volume air yang masuk dengan volume sebesar 20.000 m^3.
4. Sumber air yang masuk ke tambang pada perusahaan PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk yaitu: Debit air limpasan sebesar 5,11 m^3/detik, dan debit air hujan sebesar 0,31 m^3/detik. Diketahui lebar dasar saluran terbuka 1,4 m, lebar atas saluran terbuka 3,2 m, kedalaman saluran 1,56 m, yang mempunyai kapasitas tampungan sebesar 7,45 m^2/detik, diketahui settling pond mempunyai panjang dan lebar alas atas 66,07 m serta alas dasar 60,29 m dengan kapasitas total 20.000 m^2.
5. Pencegahan dan penanganan air yang masuk pada area penambangan bisa dilaksanakan dengan membuat rancangan saluran terbuka sesuai dari debit air limpasan. Sedangkan penanganan air yang masuk pada area penambangan dengan membuat penirisan berupa paritan.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Chay, Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai, Yogyakarta: Gadjah Mada University , 2002

[2] Budiarto and A. D. Putranto, Perencanaan Tambang, Surabaya: Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, 2015.

[3] Badan Pusat Statistika, "Data Curah Hujan Kabupaten Tuban," Badan Pusat Statistika Kab Tuban, Tuban, 2021.

[4] *Unit Section Of Mine Planning & Monitoring,* Pt. Semen Indonesia Persero (Tbk), Tuban Jawa Timur

[5] R. L. Situmorang, R. Smit dan E. J. Van Vessem pada 1992. Formasi Tuban (Tmtn) geologi regional jatirogo

[6] Gautama, Rudy Sayoga 1999. Diktat Kuliah Sistem Penyaliran Tambang, Bandung: Institut Teknologi Bandung.

[7] Haryanto, Suis Edi, Budiarto, Avellyn Shintya Sari, and Fajar Rizki Widiatmoko. 2019. "Kajian Teknis Sistem Penyaliran Tambang Dan Rancangan Sumuran Pada Pit Majapahit PT. Prolindo Cipta Nusantara, Kabupaten Tanah Bumbu, Kalimantan Selatan." SEMITAN VII 539.

[8] I. Suryani, "Rancangan Sistem Penyaliran Tambang Terbuka PT. Mitra Bara Adiperdana Tbk, Desa Long Loreh, Kecamatan Malinau Selatan, KabupatenMalinau Kalimantan Utara," Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, Surabaya, 2019.

[9] Sapan, Grains Silvester, Yudho Dwi Galih Cahyono, and Yazid Fanani. 2020. "Kajian Teknis Dimensi Ssump Dan Kebutuhan Pompa Pada Penyaliran Tambang Terbuka di Pit 1 PT. Sinamas Energindo Mineral Kecamatan Jawetan, Kabupaten Barito Timur, Provinsi Kalimantan Tengah." SEMITAN II 615.

[10] Suyono and K. Takeda, Hidrologi untuk Pengairan, Jakarta: PT. PrandyaParamita, 1983.