

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

El Harisaf Taufik^{1*}, and Tamrin Kasim^{1**}

¹Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang

*elharisaf@gmail.com

**tamrinkasim@gmail.com

Abstract. The water that goes to the location of the mining is largely derived from rainwater, which, at the time a high rainfall season cause the puddle on the mining front. Besides that the plan of the progress of the mine will cause in shifting mining front closer to the direction of sump. Because of that would require the re-planning for mine sump dimensions to keep mining activity running optimally. Beside that also required the calculation of pump, pipes, open channel dimension that is able to flow water to the KPL and KPL dimension itself. The rainfall plan processed using Gumbell Method. While the determination of the intensity of the rain with Monnonobe method that will be used to obtain discharge water runoff. So that it can be specified sump dimensions pump needs, open channels dimensions and KPL dimension. Catchment area in Yarder pit PT. Kalimantan Prima Persada Jobsite BDMA, as large as 65,57 hectares. Maximum capacity sump to collect water runoff and groundwater amounted to 116.254,23 m³. Pumping systems were performed using HDPE pipes and pumps used is a centrifugal pump Multiflow MF-420 EXHV, which has a maximum head 220 meter and pump discharge to a maximum of 430 liters / sec as a single unit. Results of pumping flowed into an open channel for later deposited on the mud settling ponds (KPL) with a maximum volume of 10.784 m³.

Keywords: Sump, Pump, Open Channel, KPL, Catchment Area

1. Pendahuluan

Pertambangan adalah suatu kegiatan pengambilan dan pemanfaatan endapan bahan galian yang bernilai ekonomis dengan memiliki beberapa tahapan yang meliputi penyelidikan umum, eksplorasi, studi kelayakan, konstruksi, eksploitasi, pengolahan dan pemurnian, pengangkutan dan penjualan serta pasca tambang. Salah satu dari endapan bahan galian itu adalah batubara. Batubara adalah batuan sedimen organik sisa-sisa tumbuhan dan terbentuk melalui pengendapan yang memiliki unsur utama karbon, hidrogen dan oksigen. Salah satu perusahaan pertambangan batubara yang bergerak dalam bidang mining kontraktor adalah PT. Kalimantan Prima Persada. PT. Kalimantan Prima Persada *Jobsite* BDMA menjalin kerja sama dengan PT. Mitrabara Adiperdana dan PT. Baradinamakan Mudasukses yang berlokasi di Desa Loreh, Kecamatan

Malinau Selatan, Kabupaten Malinau, Provinsi Kalimantan Utara. Dalam kegiatan penambangan batubara, PT. Kalimantan Prima Persada *Jobsite* BDMA menggunakan metode penambangan open *pit*.

Metode open *pit* yang digunakan oleh PT. Kalimantan Prima Persada *Jobsite* BDMA menyebabkan terbukanya cekungan yang luas sehingga sangat potensial untuk menjadi daerah tampungan air, baik yang berasal dari air limpasan permukaan maupun air tanah. Pada cuaca ekstrim yang menimbulkan curah hujan yang tinggi, maka air yang berasal dari air limpasan akan menggenangi lantai dasar sehingga berpotensi menyebabkan genangan-genangan air, berlumpurnya front dan hauling road penambangan yang berakibat terhentinya produksi untuk sementara waktu. *Pit Yarder* merupakan salah satu lokasi penambangan di PT. Kalimantan Prima Persada *Jobsite* BDMA, untuk mengeluarkan air di *Pit Yarder* sebelumnya dialirkan ke

Pit Paus yang saat itu tidak dilakukan kegiatan penambangan lagi, setelah dilakukan evaluasi lagi oleh perusahaan ternyata sumberdaya di *pit* tersebut masih bernilai ekonomis. Oleh karena itu perlu dilakukan perencanaan untuk memindahkan sistem penyaliran dari sump *Pit* Yarder menuju saluran terbuka yang akan mengalirkan air menuju KPL.

Pompa yang digunakan pada sistem penyaliran sebelumnya yaitu Pompa MF-420 EX dan Pipa HDPE 12 Inch PN 16 dengan inside diameter Pipa 251,80 mm, untuk perencana sistem penyaliran tambang selanjutnya menggunakan Pompa MF-420 EX-HV dan Pipa HDPE 14 Inch PN 16 dengan inside diameter Pipa 283,80 mm.

Berdasarkan beberapa referensi jurnal yang telah penulis baca dapat disimpulkan bahwa sistem penyaliran tambang dapat mempengaruhi aktivitas penambangan salah satunya kegiatan produksi. Dimana, target produksi dapat tercapai atau tidak tergantung dari sistem penyaliran yang digunakan. Apabila sistem penyaliran yang digunakan tidak berjalan dengan baik maka front kerja berpotensi tergenang sehingga mengganggu kegiatan produksi.

Seiring kemajuan penambangan di *Pit* Yarder mengakibatkan luasan catchment area pada lokasi tersebut semakin luas. Hal ini dapat mempengaruhi besarnya nilai debit limpasan permukaan. Luasan sump sebelumnya adalah seluas 3.362,37 m², dengan adanya kemajuan tambang perlu dilakukan penambahan ukuran sump supaya bisa menampung debit limpasan.

2. Lokasi Penelitian

PT. Kalimantan Prima Persada Jobsite BDMA terletak di Desa Loreh, Kecamatan Malinau Selatan, Kabupaten Malinau, Provinsi Kalimantan Utara. KPP BDMA melakukan kontrak kerjasama sebagai kontraktor atau pengelola jasa penambangan dengan PT. Mitrabara Adiperdana (PT. MA) dan PT. Baradinamika Mudasuskes (PT. BDMS) selaku *mining owner*.



Gambar 1. Denah Kesampaian Daerah PT. Kalimantan Prima Persada

Lokasi BDMA PT. Kalimantan Prima Persada dapat dicapai dari kota padang dengan rute perjalanan sebagai berikut:

- Dari bandara Internasional Minang Kabau di Kabupaten padang pariaman menuju Bandara Soekarno-Hatta di Tangerang Banten menggunakan

transportasi udara yaitu pesawat ditempuh dalam waktu ± 1 jam 45 menit.

- Dari Bandara Soekarno-Hatta di Tangerang Banten menuju bandara Juwata tarakan dengan menggunakan pesawat udara ditempuh dalam waktu $\pm 2,5$ jam.
- Dari Tarakan menuju pelabuhan malinau menggunakan sarana yang digunakan adalah speed boat ditempuh dalam waktu ± 3 jam.
- Dari pelabuhan menuju PT. Kalimantan Prima Persada Jobsite BDMA menggunakan sarana mobil ditempuh dalam waktu ± 3 jam.

3. Metode Penelitian

Adapun kegiatan yang dilakukan selama penelitian di PT. Kalimantan Prima Persada yang penulis mulai tanggal 20 Maret 2018 s/d tanggal 20 Mei 2018.

3.1. Jenis Penelitian

Dalam melaksanakan penelitian studi kasus ini, penulis coba menggabungkan antara teori dengan data-data lapangan, maka akan diperoleh sebuah penyelesaian masalah. Metode Penelitian yang digunakan adalah metode penelitian yang bersifat kuantitatif. Penelitian ini lebih terarah ke penelitian terapan, yaitu salah satu jenis penelitian yang bertujuan untuk memberikan solusi atas permasalahan tertentu secara praktis.

Metode penelitian kuantitatif dapat diartikan sebagai metode penelitian yang berlandaskan terhadap filsafat positifme, digunakan dalam meneliti terhadap sampel dan populasi penelitian, teknik pengambilan sampel umumnya dilakukan secara acak atau random sampling, sedangkan pengumpulan data dilakukan dengan cara memanfaatkan instrument penelitian yang dipakai, analisis data yang digunakan bersifat kuantitatif/bisa diukur dengan tujuan untuk menguji hipotesis yang diterapkan sebelumnya.^[1]

3.2. Tahap Pengumpulan Data

Pada tahap ini dilakukan dengan mengumpulkan data primer yang diperoleh dari observasi lapangan seperti luas *catchment area*. Data sekunder yang diperoleh adalah data curah hujan, peta topografi, spesifikasi pompa Multiflo 420 EX-HV, diameter pipa, debit air tanah, nilai TSS, dimensi *sump*, geometri saluran terbuka dan geometri *settling pond*.

3.3. Tahap Analisis Data

Teknik analisis data yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu dengan menggabungkan antara teori dengan data-data lapangan, sehingga dari keduanya didapat pendekatan penyelesaian masalah. Setelah mendapatkan data-data yang diperlukan penulis menggunakan rumus-rumus melalui literatur yang ada untuk menganalisis data. Analisis data yang dilakukan antara lain^[2]:

- Menghitung data curah hujan rencana dengan metode *Gumbel*.
- Menghitung luas *catchment area* menggunakan salah satu *software* tambang.
- Menghitung intensitas hujan dengan metode *Mononobe*.
- Menghitung debit limpasan pada *catchment area* dengan metode rasional.
- Menentukan kebutuhan pompa.
- Menentukan ukuran dimensi *sump*.
- Menentukan ukuran saluran terbuka menggunakan metode *Manning*.
- Menentukan ukuran dimensi *settling pond*.

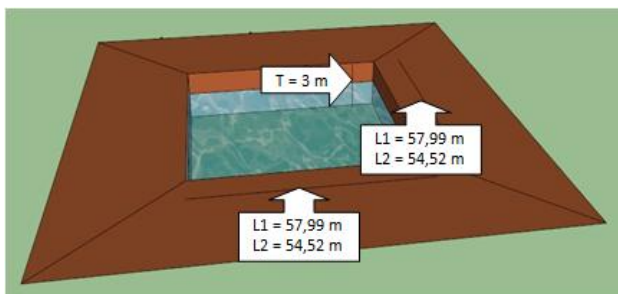
4. Hasil dan Pembahasan

Hasil dan pembahasan berisi tentang hasil penelitian, pengolahan data dan pembahasan. Adapun hal tersebut dapat dilihat pada penjelasan berikut :

4.1. Pengolahan Data

4.1.1 Dimensi Sump Aktual

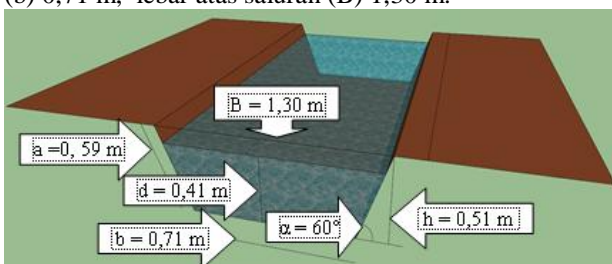
Dimensi *sump Pit Yarder* berbentuk trapesium dengan sudut 60° , panjang permukaan 57,99 m, lebar permukaan 57,99 m, panjang dasar sumuran 54,52 m, lebar dasar sumuran 54,52 m, dan kedalaman 3 m dengan kapasitas volume sump 9.502 m^3 .



Gambar 2. Dimensi *Sump Pit Yarder*

4.1.2 Dimensi Saluran Terbuka Aktual

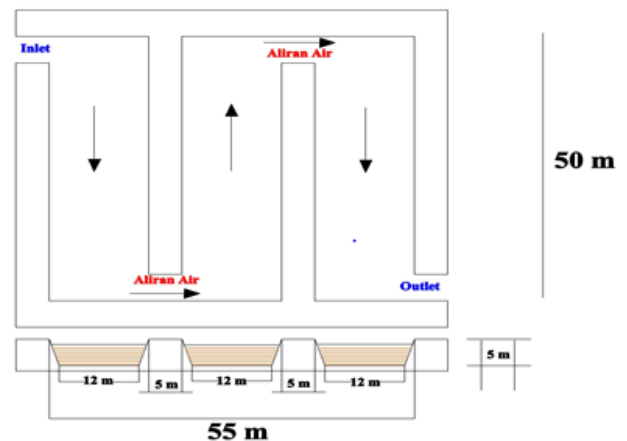
Saluran terbuka berbentuk trapesium dengan sudut 60° , kedalaman saluran (*h*) 0,51 m, kedalaman air (*d*) 0,41 m, panjang sisi luar saluran (*a*) 0,59 m lebar dasar saluran (*b*) 0,71 m, lebar atas saluran (*B*) 1,30 m.



Gambar 3. Saluran Terbuka

4.1.3 Kolam Pengendapan Lumpur Aktual

Settling Pond (kolam pengendapan) MA merupakan *settling pond* yang digunakan untuk menangani air di *sump Pit Yarder*.



Gambar 4. Kolam Pengendapan Lumpur

Ukuran kolam pengendapan lumpur dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Ukuran Kompartemen *Settling Pond* MA

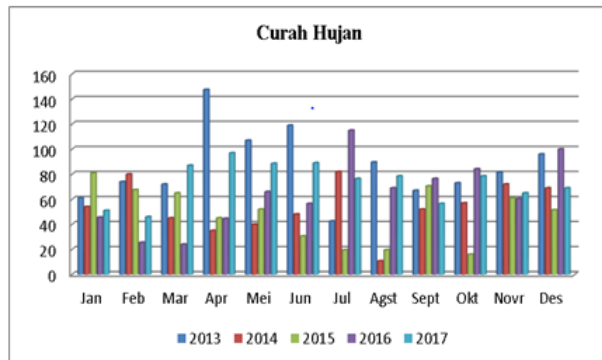
No	Dimensi Kolam Pengendapan	
1	Lebar atas kolam	50 meter
2	Lebar bawah kolam	48 meter
3	Panjang atas kolam	56 meter
4	Panjang bawah kolam	54 meter
5	Lebar atas penyekat	5 meter
6	Lebar bawah penyekat	7 meter
7	Panjang atas penyekat	50 meter
8	Panjang bawah penyekat	50 meter
9	Banyak kompartemen	3
10	Lebar atas masing-masing kompartemen	15 meter
11	Lebar bawah masing-masing kompartemen	12 meter
12	Banyak penyekat	2
13	Kedalaman kolam (<i>d</i>)	5 meter
14	Kedalaman aliran (<i>h</i>)	4 meter
15	Kapasitas seluruh kompartemen	10.784 m^3
16	Kapasitas tiap kompartemen	2.748 m^3

4.2 Pengolahan Data

Pengolahan data optimasi terdiri dari beberapa perhitungan diantaranya:

4.2.1 Curah Hujan Rancangan

Data curah hujan didapat dari departemen engineering. Analisa dilakukan untuk 5 tahun terakhir mulai dari tahun 2013 sampai tahun 2017. Grafik curah hujan maksimum tahun 2013-2017 PT. Kalimantan Prima Persada dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Grafik Data Curah Hujan Maksimum

Data curah hujan tersebut merupakan data mentah yang belum bisa digunakan langsung untuk perencanaan tambang. Tetapi data tersebut perlu diolah terlebih dahulu dengan prinsip statistika. Hasil pengolahan ini merupakan angka angka perkiraan tinggi hujan maksimum yang dianggap terjadi sekali dalam periode ulang hujan yang direncanakan.

Pengolahan data curah hujan dimaksudkan untuk mendapatkan data curah hujan tiap selang waktu dan intensitas curah hujan yang siap pakai untuk perencanaan. Metode yang dipakai dalam pengolahan data curah hujan adalah Metode Analisis *Gumbell*. Data curah hujan harian maksimum dapat dilihat pada tabel 2^[3,4].

Tabel 2. Data Curah Hujan Harian Maksimum dari Tahun 2013-2017

Bulan/Tahun	Curah hujan aktual (mm)				
	2013	2014	2015	2016	2017
Jan	61	54	81	45,6	51
Feb	74	80	67,5	25,5	46
Mar	72	45	65	24	87
Apr	147,5	35	45	44,6	97
Mei	107	40	52	66	88,5
Jun	119	48	30,5	56,5	89
Jul	42,5	82	19,5	115	76,5
Agst	89,6	10,7	19,5	69	78,5
Sept	67	52	70,5	76,5	56,5
Okt	73	57	16	84,2	78,5
Novr	81,5	72	61	60,5	65
Des	96	69	51,5	100	69
Total	882,6	644,7	579	767,4	882,5
Min	42,5	10,7	16	24	46
Mak	147,5	82	81	115	97
Jumlah Mak	522,5				
Rata-Rata Mak	104,5				

Perhitungan curah hujan harian maksimum ini dilakukan dengan menggunakan metode distribusi gumbel sebagai berikut^[4,5]:

$$X = \bar{x} + k \cdot SD \quad (1)$$

Perhitungan curah hujan rata-rata, *standar deviation*, *reduced mean*, *reduced standard deviation*, dan *reduced variate* dapat dihitung dengan rumus:

Curah harian rata-rata

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n}$$

Standart deviation

$$SD = \sqrt{\frac{\sum (xi - \bar{x})^2}{n-1}}$$

Reduced standart deviation

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

Reduced mean

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

Reduced variate

$$Yt = -\ln \left\{ -\ln \frac{T-1}{T} \right\}$$

Perhitungan curah hujan untuk mendapatkan rata-rata curah hujan harian maksimum adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Curah harian rata-rata } (\bar{X}) &= \frac{\sum X}{n} \\ &= \frac{522,5 \text{ mm/hari}}{5} \\ &= 104,5 \text{ mm/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Standart deviation (SD)} &= \sqrt{\frac{\sum (xi - \bar{x})^2}{n-1}} \\ &= \sqrt{\frac{3074}{4}} \\ &= 27,72 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Reduced mean (Yn)} &= -\ln \left[-\ln \left\{ \frac{(n+1-m)}{n+1} \right\} \right] \\ &= -\ln \left[-\ln \left\{ \frac{(5+1-1)}{5+1} \right\} \right] \\ &= 1,70 \end{aligned}$$

Perhitungan *Reduced Mean* dilanjutkan sampai urutan sampel (nilai m) = 5. Selanjutnya hasil perhitungan *reduced mean* sebanyak 5 sampel ini dirata-ratakan sehingga didapat nilai *reduced meannya* 0,4588.

Dari hasil perhitungan curah hujan rencana pada periode ulang berbeda dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3. Perhitungan Data Curah Hujan Harian Maksimum

Tahun	Curah Hujan Maksimum (mm)	Curah Hujan Rata-Rata (mm)	(X-Xi)^2	n	m	Koreksi Rata-Rata (Yn)	Standar Deviasi (S)	Koreksi Simpangan (Sn)
2013	147,5	104,5	1.849,00	5	1	1,702	27,722	0,886
2014	82,0	104,5	506,25	5	2	0,903		
2015	81,0	104,5	552,25	5	3	0,367		
2016	115,0	104,5	110,25	5	4	-0,094		
2017	97,0	104,5	56,25	5	5	-0,583		
Jumlah	522,5		3.074,00			2,294		
Rata	104,5					0,4588		

$$\begin{aligned} \text{Reduced variate (Yt)} &= -\ln \left\{ -\ln \frac{T-1}{T} \right\} \\ &= -\ln \left\{ -\ln \frac{2-1}{2} \right\} \\ &= 0,375 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan *reduced variate* (Yt) pada pada periode ulang 6 sampai 10 tahun dengan menggunakan rumus yang sama. Dari hasil perhitungan curah hujan rencana pada periode ulang berbeda dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Curah Hujan Rencana Pada Periode Ulang Berbeda

Periode Ulang	Curah Hujan Rata Rata (mm/hari)	Koreksi Rata-Rata	Koreksi Simpangan	Koreksi Variansi	Faktor Reduced Variate	Standar Deviasi	Curah Hujan Rencana (mm/hari)
(Tahun)	(X)	(Yn)	(Sn)	(Yt)	(k)	(SD)	(Xt)
2	104,5	0,459	0,886	0,367	-0,201	27,722	98,924
3				0,903	0,968		131,323
4				1,246	1,716		152,059
5				1,500	2,269		167,409
6				1,702	2,710		179,618
7				1,870	3,076		189,759
8				2,013	3,389		198,435
9				2,139	3,662		206,018
10				2,250	3,905		212,753

$$\begin{aligned} \text{Curah hujan harian maksimum} &= \bar{x} + k \cdot SD \\ &= \bar{x} + \frac{Yt - Yn}{Sn} \cdot SD \\ &= 167,409 \text{ mm/hari} \end{aligned}$$

4.2.2 Intensitas

Penentuan intensitas curah hujan dimaksudkan untuk mendapatkan kurva durasi yang nantinya akan digunakan sebagai dasar perhitungan air limpasan di daerah penelitian. Penentuan intensitas hujan dapat dilakukan dengan beberapa metode, salah satunya dengan metode *Mononobe*, yaitu^[6]:

$$I = \frac{R}{24} \times \left(\frac{24}{tc}\right)^{2/3} \quad (2)$$

Harga R24 adalah besarnya curah hujan maksimum (curah hujan rencana) yang telah ditentukan yaitu sebesar 167,409 mm/hari. Pada perhitungan intensitas hujan, dikonversikan dari curah hujan harian menjadi jumlah curah hujan dalam satuan jam.

$$tc = 0,0195 (L^{0,77} \times S^{-0,385})$$

$$S = H/L$$

Keterangan:

S = gradien / kemiringan (%)

L = panjang aliran (m)

H = beda elevasi (m)

Perhitungan nilai lama waktu konsentrasi (tc) dapat dilihat di bawah ini:

$$tc = 0,0195 \times L^{0,77} \times S^{-0,385}$$

$$tc = 0,0195 (650,75^{0,77} (47,21/650,750^{-0,385}))$$

$$tc = 7,85 \text{ jam}$$

$$I = \frac{167,409}{24} \times \left(\frac{24}{7,85}\right)^{2/3} \\ = 14,69 \text{ mm/jam}$$

4.2.3 Debit Limpasan (Run Off)

Nilai Besarnya debit air yang masuk akibat limpasan air hujan dihitung dengan menggunakan rumus:

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

Dengan curah hujan periode ulang 5 tahun sebesar 167,409 mm/jam dan koefisien limpasan 0,9. Didapatkan debit limpasan dari puncak hingga masuk kedalam sump sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Q &= 0,278 \times C \times I \times A \\ &= 0,278 \times 0,9 \times 14,69 \times 0,66 \\ &= 2,410 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

4.2.4 Debit Air Total

Debit air tanah PT. Kalimantan Prima Persada *Jobsite* BDMA sudah ditetapkan oleh pihak departemen *Engineering* yaitu 0,017 m³/detik jika dikonversikan menjadi 1500 m³/hari. Debit total yang masuk ke tambang adalah debit air limpasan ditambah dengan debit air tanah, total debit air yang masuk ke *Pit* yarder sebesar^[5,7]:

$$\begin{aligned} Q_{\text{total}} &= Q \text{ Limpasan} + Q \text{ Air Tanah} \\ &= 2,4099 \text{ m}^3/\text{detik} + 0,017 \text{ m}^3/\text{detik} \\ &= 2,4272 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned} \quad (4)$$

4.2.5 Sistem Pemompaan

Perhitungan kebutuhan pompa dan pipa pada *Sump Pit* Yarder.

$$\begin{aligned} \text{Debit Air Masuk} &= 2,472 \text{ m}^3/\text{detik} \\ &= 2,472 \text{ m}^3/\text{detik} \times 3600 \text{ detik/jam} \\ &= 8.738,04 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Maka debit pompa yang dibutuhkan^[8]:

$$Q_p = \frac{Q}{D \times 3600} \\ Q_p = \frac{8738,04 \text{ m}^3/\text{jam}}{17,34 \times 3600} = 0,139979 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Keterangan:

Qp = Debit pompa yang dibutuhkan

Q = Debit limpasan

D = Lama waktu pemompaan = 17,34 jam

Dari hasil pengukuran diperoleh data sebagai berikut:

Elevasi hisap (t1)	= + 78 mdpl
Elevasi buang (t2)	= + 117 mdpl
Inside diameter pipa hisap (ID)	= 363,00 mm
Inside diameter pipa buang (ID)	= 283,80 mm
Koefisien kekerasan pipa (C)	= 140
Panjang pipa sisi buang (L)	= 1849 m
Debit pemompaan (Qp)	= 0,139979 m ³ /detik
Gravitasi (g)	= 9,8 m/detik

Untuk sudut masing-masing belokan yaitu 39°, 40°, 54°, 56°, 60°, 35°, 12°, 13°, 44°, 11°, 20°, 20°, 20°, 15°, 12°, 17°.

Julang Head total

$$\begin{aligned} \text{Julang total pompa (Ht)} &= H_s + \Delta H_p + H_f + H_b + H_v \\ &= 39 + 0,047 + 24,987 + 0,32 \\ &\quad + 0,25 \\ &= 64,604 \text{ meter} \end{aligned}$$

4.3 Pembahasan

Evaluasi sistem penyaliran tambang di lokasi penambangan akan berhasil dengan baik apabila segala aspek dan perhitungan dilakukan dengan baik. Sistem penyaliran yang diterapkan dapat mengalirkan air tambang sampai pada kondisi tertentu (tidak mengganggu kegiatan penambangan).

4.3.1 Sistem Penyaliran Tambang yang Digunakan

Perencanaan sistem penyaliran tambang yang digunakan untuk menangani air di PT. Kalimantan Prima Persada adalah metode *mine dewatering*. Metode *mine dewatering* yaitu menggunakan penyaliran dengan mengumpulkan air yang masuk kedalam area

penambangan di sump kemudian dipompa ke luar menuju saluran terbuka^[9].

4.3.2 Rekomendasi Dimensi Sump

Sumuran yang dibuat merupakan sumuran yang dapat menampung volume air yang masuk kedalam pit. Rancangan dimensi sump dihitung dari selisih terbesar antara volume air yang masuk kedalam tambang dengan volume pemompaan. Selisih terbesar antara volume air tambang dan volume pemompaan digunakan bertujuan untuk mengantisipasi kondisi ketika hujan terjadi dengan durasi waktu yang cukup lama sehingga volume sump yang dibuat masih dapat menampung volume air yang masuk kedalam bukaan tambang. Perhitungan selisih debit air dapat di lihat pada tabel berikut^[5].

Tabel 5. Penentuan Volume Sump Yarder

T	I	Air Limpasan	Air Tanah	Volume Air pada Sump	Volume Pemompaa	Selisih
Jam	mm/jam	m ³ /detik	m ³ /jam	m ³	m ³	m ³
127	2.297	0.3768	7937.5000	180227.71	63998	116229.37
128	2.285	0.3749	8000.0000	180741.23	64502	116238.97
129	2.273	0.3729	8062.5000	181252.42	65006	116246.22
130	2.262	0.3710	8125.0000	181761.28	65510	116251.17
131	2.250	0.3691	8187.5000	182267.87	66014	116253.83
132	2.239	0.3673	8250.0000	182772.20	66518	116254.23
133	2.227	0.3654	8312.5000	183274.30	67022	116252.41
134	2.216	0.3636	8375.0000	183774.21	67526	116248.40
135	2.205	0.3618	8437.5000	184271.94	68030	116242.21
136	2.195	0.3600	8500.0000	184767.54	68534	116233.88
137	2.184	0.3583	8562.5000	185261.01	69038	116223.43

Selisih terbesar antara debit air tambang yang masuk dan debit pemompaan merupakan volume sump yang harus dibuat. Dari tabel diatas diketahui volume sump yang harus dibuat pada pit yarder adalah 116.254,23 m³.

$$\text{Volume} = (\text{luas atas} + \text{luas bawah}) \times \frac{1}{2} \text{kedalaman} \quad (5)$$

Dimana:

$$X^2 = \text{Luas atas (m}^2\text{)}$$

$$Y^2 = \text{luas bawah (m}^2\text{)}$$

$$Z = \text{kedalaman (m)}$$

Maka:

$$\text{Volume} = \frac{X^2 + Y^2}{2} \times Z$$

Untuk sumuran dengan bentuk trapesium kemiringan sumuran adalah sebesar 60° dan kedalaman kolam (Z) yang direncanakan adalah 5 meter, adapun perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$\text{Volume} = \frac{5}{\tan 60} = 2,887$$

$$X = 2(W) + Y$$

$$X = 2(2,887) + Y$$

$$X = 5,774 + Y$$

Diketahui volume trapesium :

$$V = \frac{X^2 + Y^2}{2} \times Z$$

$$= (33,333 + 11,547 Y + Y^2 + Y^2) \times 2,5$$

$$= 83,333 + 28,87 Y + 5Y^2$$

Berdasarkan tabel sebelumnya, diketahui V yarder 116.254,23 m³ sehingga persamaan diatas menjadi:

$$V = 83,333 + 28,87Y + 5Y^2$$

$$116.254,23 = 83,333 + 28,87Y + 5Y^2$$

$$5Y^2 + 28,87Y - 116,170,90 = 0$$

Untuk mencari nilai Y dapat digunakan rumus abc sebagai berikut:

$$Y_{1,2} = \frac{-B \pm \sqrt{(B)^2 - 4AC}}{2A}$$

Dimana:

$$A = 5$$

$$B = 28,87$$

$$C = 116.170,90$$

Dengan memasukkan nilai-nilai di atas maka dapat dicari ukuran dimensi sump.

$$Y_{1,2} = \frac{-B \pm \sqrt{(B)^2 - 4AC}}{2A}$$

$$= \frac{-28,87 \pm \sqrt{(28,87)^2 - (4 \times 5 \times (-116.170,90))}}{2 \times 5}$$

$$= \frac{-28,87 \pm 1.524,55}{10}$$

$$= 149,57 \text{ m} \approx 150 \text{ m}$$

Maka didapatkan nilai X sebesar:

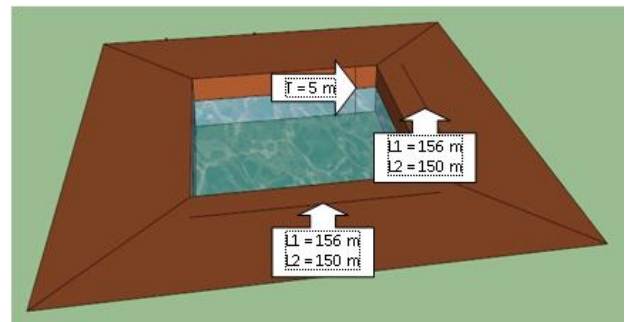
$$X = 5,774 + Y \text{ m}$$

$$= 5,774 + 149,57$$

$$= 155,34 \text{ m} \approx 156 \text{ m}$$

Maka untuk menampung volume maksimum pada yarder sebesar 116.254,23 m³, perlu melakukan perubahan pembulatan dimensi sump sebagai berikut:

- Panjang permukaan sumuran = 156 m
- Lebar permukaan sumuran = 156 m
- Panjang dasar sumuran = 150 m
- Lebar dasar sumuran = 150 m
- Kedalaman = 5 m



Gambar 5. Dimensi Sump Pit Yarder

4.3.3 Rekomendasi Dimensi Saluran Terbuka

Untuk dimensi saluran penyaliran berbentuk trapesium dengan luas penampang optimum dan mempunyai sudut kemiringan dinding saluran sebesar 60°, kemiringan dasar saluran ditentukan dengan pertimbangan bahwa suatu saluran dapat mengalir secara alamiah apabila S = 0,25 – 0,5% dan juga merupakan syarat agar tidak terjadi erosi yang berlebihan dan pengendapan partikel padatan, maka^[5,10]:

$$m = \cotg \alpha$$

$$= \cotg 60^\circ$$

$$= 0,577$$

sehingga nilai b adalah:

$$b/d = 2\{(1 + m^2)^{0,5} - m\}$$

$$b = 2\{(1 + 0,577^2)^{0,5} - 0,57\} d$$

$$= 1,15470 d$$

serta nilai A adalah:

$$A = b \times d + m \times d$$

$$= 1.15470 \times d + 0,577 \times d$$

$$= 1,7321 d^2$$

Debit air yang masuk ke saluran berasal dari *sump Pit* Yarder, *sump Pit* Selatan dan air limpasan permukaan dari daerah di sekitar saluran.

Debit air dari pompa *Pit* Yarder = 0,13998 m³/detik

Debit air dari pompa *Pit* Selatan = 0,2 m³/detik (Debit maksimum)

Debit air limpasan permukaan:

Dimana:

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

$$Q = 0,278 \times 0,6 \times 41,58 \text{ mm/jam} \times 0,064 \text{ km}^2$$

$$= 0,44429 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$C = 0,6$$

I = Intensitas Curah Hujan (41,58 mm/jam)

A = *Catchment area* Saluran tambang = 0,064 km²

Debit air total yang masuk ke saluran adalah:

$$Q \text{ total} = 0,44429 \text{ m}^3/\text{detik} + 0,13998 \text{ m}^3/\text{detik} + 0,2 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$= 0,78428 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Luas penampang saluran yang akan dibuat berdasarkan pada besaran jumlah debit air yang akan di alirkannya

$$Q = A \frac{1}{n} x S^{1/2} x R^{2/3} \quad (6)$$

$$0,78428 = 1,7321 d^2 x \frac{1}{0,03} x 0,005^{1/2} x 0,5^{2/3}$$

$$0,78428 = 2,57188 d^{2/3}$$

$$d^{8/3} = 0,304952$$

$$d = 0,6406 \approx 1$$

$$\text{Tinggi jagaan (f)} = 15\% \times d$$

$$= 15\% \times 0,6406$$

$$= 0,10 \text{ meter}$$

$$\text{Kedalaman saluran h} = f + d$$

$$= 0,10 + 1$$

$$= 1,10 \text{ meter}$$

$$\text{Lebar dasar saluran b} = 2\{(1 + 0,577^2)^{0,5} - 0,577\} d$$

$$= 2\{(1 + 0,577^2)^{0,5} - 0,577\} 1$$

$$= 1,15 \text{ meter}$$

$$\text{Luas Penampang Basah saluran A} = [b + m \times h] \times h$$

$$= [1,154 + (0,577 \times 1,096)] \times 1,096$$

$$= 1,96 \text{ m}^2$$

$$\text{Lebar permukaan saluran B} = b + (2 \times m \times h)$$

$$= 1,154 + (2 \times 0,577 \times 1,096)$$

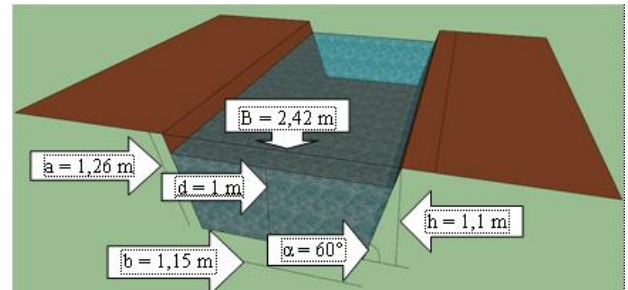
$$= 2,42 \text{ meter}$$

$$\text{Panjang sisi luar saluran a} = h / \sin 60^\circ$$

$$= 1,096 / \sin 60^\circ$$

$$= 1,26 \text{ meter}$$

Saluran Terbuka	
Q (m ³ /detik)	0,784
α (°)	60°
n	0,03
d (m)	1
h (m)	1,1
b (m)	1,15
A (m ²)	1,96
B (m)	2,42
a (m)	1,26



Gambar 6. Dimensi Saluran Terbuka Optimal

4.3.4 Rekomendasi Dimensi Saluran Terbuka

Pembuatan kolam pengendapan lumpur bertujuan untuk menampung air dari tambang yang mengandung material (lumpur) sebelum dialirkan ke perairan umum (sungai). Hal ini dilakukan agar partikel-partikel material halus yang tersuspensi di dalam air diendapkan terlebih dahulu sebelum dialirkan ke perairan umum, sehingga nantinya tercipta suatu penambangan yang berwawasan lingkungan.

1) Perhitungan persen *solid*

Sebelum menentukan ukuran kolam pengendapan, terlebih dahulu harus diketahui persen padatan dan persen air yang terkandung di dalam air tambang yang akan dialirkan menuju kolam pengendapan.

Air yang akan masuk ke kolam pengendapan adalah debit pemompaan dari *sump* ditambah dengan debit air yang masuk ke saluran yaitu 784,28 liter/detik. Dari uji pengendapan diperoleh besarnya residu terlarut pada aliran air adalah sebesar 1.300 mg/liter. Jadi berat residu yang masuk ke kolam pengendapan adalah^[5,11]:

$$\text{Residu terlarut} = 1,3 \text{ gr/liter} \times 784,28 \text{ liter/detik}$$

$$= 1.020 \text{ gr/detik}$$

$$\text{Dari persamaan : } p = \frac{m}{v} \quad (7)$$

Jika di ketahui ρ partikel padatan adalah 1.730 kg/m³ maka, volume padatan yang masuk adalah:

$$\text{Volume padatan} = \frac{1.020 \text{ gr/detik}}{1.730.000 \text{ gr/m}^3} = 0,589341 \times 10^{-3} \text{ m}^3 / \text{detik}$$

Sehingga persentase padatan yang masuk terhadap total air dan padatan adalah:

$$\% \text{ solid} = \frac{0,589341 \times 10^{-3} \text{ m}^3 / \text{detik}}{0,789 \text{ m}^3 / \text{detik}} \times 100\% = 0,07514$$

$$\% \text{ air} = 100\% - 0,07514\%$$

$$= 99,9249\%$$

Dari hasil perhitungan persen *solid* diketahui persen padatan yang terlarut adalah 0,07514 %. Maka untuk

Tabel 6. Ukuran Saluran Terbuka

persen padatan yang kurang dari 40 % digunakan persamaan "stokes"

$$V = \frac{g \times D^2 \times (p_p - p_a)}{18\mu} \quad (8)$$

Keterangan :

- V = Kecepatan pengendapan partikel (m/detik)
- g = Percepatan gravitasi (9,8 m/detik²)
- ρ_s = Berat jenis partikel padatan (1.730 kg/m³)
- ρ_a = Berat jenis air (1.000 kg/m³)
- μ = Kekentalan dinamik air (0,801 × 10⁻³ kg/m detik)
- D = Diameter partikel padatan (6,25 × 10⁻⁵ m)

Maka kecepatan pengendapan adalah (V):

$$V = \frac{g \times D^2 \times (p_s - p_a)}{18 \times \mu} \quad (9)$$

$$V = \frac{9,8 \times (6,25 \times 10^{-5})^2 \times (1730 - 1000)}{18 \times (0,801 \times 10^{-3})}$$

$$V = 0,001938 \text{ m / det ik}$$

2) Dimensi Kolam Pengendapan Lumpur

Ukuran kolam pengendapan yang dibuat harus mempertimbangkan spesifikasi alat gali yang akan bertugas dalam perawatan kolam, alat yang akan digunakan adalah *komatsu PC-200LC 8* dengan spesifikasi sebagai berikut :

- a) Kapasitas bucket = 0,8 m³
- b) Kemampuan kedalaman penggalian = 6,62 m
- c) Jangkauan mendarat maksimum = 9,875 m
- d) Lebar alat = 4 m

Tabel 7. Ukuran Kolam Pengendapan

No	Dimensi Kolam Pengendapan	
1	Lebar atas kolam	50 meter
2	Lebar bawah kolam	48 meter
3	Panjang atas kolam	56 meter
4	Panjang bawah kolam	54 meter
5	Lebar atas penyekat	5 meter
6	Lebar bawah penyekat	7 meter
7	Panjang atas penyekat	50 meter
8	Panjang bawah penyekat	50 meter
9	Banyak kompartmen	3
10	Lebar atas masing-masing kompartmen	15 meter
11	Lebar bawah masing-masing kompartmen	12 meter
12	Banyak penyekat	2
13	Kedalaman kolam (d)	5 meter
14	Kedalaman aliran (h)	4 meter
15	Kapasitas seluruh kompartmen	10.784 m ³
16	Kapasitas tiap kompartmen	2.748 m ³

3) Perhitungan Persentase pengendapan

Waktu yang dibutuhkan partikel untuk mengendap (tv) adalah

$$tv = \frac{h}{v} \quad (10)$$

$$= \frac{4}{0,0001938}$$

$$= 2.064 \text{ detik} = 34 \text{ menit}$$

Partikel padatan dapat mengendap dengan baik apabila $tv < th$. Kecepatan air dalam kolam adalah (Vh) :

$$Vh = \frac{Q_{total}}{A} \quad (11)$$

$$A = \left(\frac{L1 + L2}{2} \right) \times h$$

$$Vh = \frac{Q_{total}}{\left(\frac{L1 + L2}{2} \times h \right)}$$

$$Vh = \frac{0,784 \text{ m}^3 / \text{det ik}}{\left(\frac{50 \text{ m} + 48}{2} \times 4 \text{ m} \right)} = 0,0040 \text{ m / det ik}$$

Maka th (waktu yang dibutuhkan air dan material terlarut keluar dari kolam pengendapan) dapat dicari dengan rumus :

$$th = \frac{P}{Vh} \quad (12)$$

$$th = P / Vh \text{ (detik)}$$

P = Panjang aliran air dalam kolam pengendapan.

Dimana panjang aliran dianggap sama dengan sisi lebar kolam ditambah dengan lebar sekat. Nilai P untuk setiap kompartemennya berbeda sehingga waktu yang dibuthkan material untuk keluar dari kolam pengendapan juga berbeda. Kolam pengendapan memiliki 3 kompartement dengan ukuran masing-masing kompartement adalah 50m x 15m x 5m. Berikut adalah nilai P untuk setiap compartment:

$$P_{\text{kompartement 1}} = 50 \text{ m}$$

$$P_{\text{kompartement 2}} = 50 \text{ m} + 5 \text{ m} + 50 \text{ m} = 105 \text{ m}$$

$$P_{\text{kompartement 3}} = 50 \text{ m} + 5 \text{ m} + 50 \text{ m} + 5 \text{ m} + 50 \text{ m} = 160 \text{ m}$$

Maka waktu yang dibutuhkan material endapan untuk keluar dari kolam pengendapan (th) sejauh P_{total} adalah:

$$th1 = \frac{P1}{Vh} = \frac{50}{0,004 \text{ m / det ik}} = 12.495,58 \text{ det ik} = 208,26 \text{ menit}$$

$$th2 = \frac{P2}{Vh} = \frac{105}{0,004 \text{ m / det ik}} = 26.240,73 \text{ det ik} = 437,35 \text{ menit}$$

$$th3 = \frac{P3}{Vh} = \frac{160}{0,004 \text{ m / det ik}} = 39.985,87 \text{ det ik} = 666,43 \text{ menit}$$

Dari perhitungan diatas didapatkan $tv < th$. Dengan membandingkan waktu pengendapan dan waktu keluarnya air dan material dapat digunakan rumus berikut untuk mengetahui persentase pengendapan, yaitu:

$$\text{Pengendapan} = \frac{Th}{(Th + Tv)} \times 100\% \quad (13)$$

$$\text{Pengendapan Kompartmen 1} = \frac{208,26}{(208,26 + 34)} \times 100\%$$

$$\begin{aligned}
 &= 85,82\% \\
 \text{Pengendapan Kompartmen 2} &= \frac{437,35}{(437,35 + 34)} \times 100\% \\
 &= 92,71\% \\
 \text{Pengendapan Kompartmen 3} &= \frac{666,43}{(666,43 + 34)} \times 100\% \\
 &= 95,09\%
 \end{aligned}$$

Setelah hasil pengendapan masing-masing kompartmen diketahui, selanjutnya dapat dihitung padatan yang masuk pada setiap kompartmen dengan debit 0,784 m³/detik dan dengan volume padatan masuk (V_{pn}) sebesar 0,000589 m³/detik adalah:

$$\begin{aligned}
 K1 &= 0,000589 \text{ m}^3/\text{detik} \times 3.600 \times 17,34 \text{ jam} \times 85,82\% \\
 &= 1,821 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 K2 &= 0,000589 \text{ m}^3/\text{detik} \times 3.600 \times 17,34 \text{ jam} \times 6,88\% \\
 &= 0,146 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 K3 &= 0,000589 \text{ m}^3/\text{detik} \times 3.600 \times 17,34 \text{ jam} \times 2,38\% \\
 &= 0,051 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

4) Upaya Perawatan Kolam Pengendapan (*Settling Pond*)

Untuk menjaga supaya kolam pengendapan tetap berfungsi sebagaimana mestinya, maka perlu dilakukan perawatan secara teratur yaitu dengan pengerukan terhadap kolam pengendapan. Pengerukan kolam pengendapan akan dilakukan apabila lumpur sudah terendapkan sebesar ¼ dari kapasitas kolam.

Persentase padatan yang masuk akan berbeda setiap kompartmennya, maka waktu pengerukan masing-masing kompartmen juga akan berbeda sehingga waktu pengerukan:

$$\text{Waktu} = \frac{\frac{1}{4} \times \text{kapasitas kompartmen}}{\text{volumetotal pada tan yang berhasil diendapkan}} \quad (14)$$

Tabel 8. Kapasitas Kolam Pengendapan

Kompartmen	Kapasitas Kompartmen (m ³)	Volume Pengendapan (m ³ /hari)	Waktu Pengerukan (hari)
1	2748	1.821	377.29
2	2748	0.146	4704.12
3	2748	0.051	13586.24

5. Kesimpulan dan Saran

5.1. Kesimpulan

1. Dimensi sump aktual *Pit Yarder* berbentuk trapesium dengan sudut 60°, panjang permukaan 57,99 m, lebar permukaan 57,99 m, panjang dasar sumuran 54,52 m, lebar dasar sumuran 54,52 m, kedalaman 3 m dengan kapasitas volume sump 9.502 m³.
2. Dimensi saluran terbuka aktual berbentuk trapesium dengan sudut 60°, kedalaman saluran (h) 0,51 m, kedalaman aliran (d) 0,41 m, panjang sisi luar

saluran (a) 0,59 m, lebar dasar saluran (b) 0,71 m, dan lebar atas saluran (B) 1,30 m.

3. Dimensi Kolam pengendapan lumpur aktual
 - Lebar atas kolam = 50 m
 - Lebar bawah kolam = 48 m
 - Panjang atas kolam = 56 m
 - Panjang bawah kolam = 54 m
 - Lebar atas penyekat = 5 m
 - Lebar bawah penyekat = 7 m
 - Panjang atas penyekat = 50 m
 - Panjang bawah penyekat = 50 m
 - Banyak kompartmen = 3
 - Lebar atas masing-masing kompartmen = 15 m
 - Lebar bawah masing-masing kompartmen = 12 m
 - Banyak penyekat = 2
 - Kedalaman kolam (d) = 5 m
 - Kedalaman aliran (h) = 4 m
 - Kapasitas seluruh kompartemen = 10.784 m³
 - Kapasitas tiap kompartemen = 2.748 m³
4. Rekomendasi rancangan bentuk dan ukuran *sump* yang optimal untuk menampung debit air yang masuk pada *Pit yarder* yaitu berbentuk trapesium dengan sudut 60°, luas permukaan sump 156 m x 156 m, dasar sump 150 m x 150 m, kedalaman sump 5 m serta kapasitas tampung keseluruhan 116.254,23 m³.
5. Pompa yang digunakan adalah pompa sentrifugal Multiflow MF-420 EX-HV yang memiliki head maksimum 220 meter serta debit pompa maksimum sebesar 430 liter/detik. Head pompa yang didapat adalah sebesar 64,604 m serta debit pompa 0,139979 m³/detik, maka berdasarkan grafik pompa didapatkan putaran mesin sebesar 930 rpm dengan efisiensi 68%.
6. Rekomendasi rancangan bentuk dan ukuran saluran terbuka setelah dilakukan perhitungan maka diperoleh lebar dasar (b) 1,15 m, lebar permukaan (B) 2,42 m, kedalaman saluran (h) 1,1 m, kedalaman aliran (d) 1 m dan debit yang masuk kedalam saluran sebesar 0,784 m³/detik.
7. Rancangan dimensi kolam pengendapan lumpur MA yang telah dibuat sudah efisien dengan volume 10.784 m³. Volume kolam pengendapan lumpur ini dapat menampung air *sump* dari *Pit Yarder* dan *sump Pit Selatan*.

5.2. Saran

1. Dalam merencanakan suatu sistem penyaliran tambang, perusahaan sebaiknya mempertimbangkan kondisi ekstrim yang terjadi berupa curah hujan yang tinggi.
2. Perlu adanya perencanaan sistem penyaliran tambang untuk kemajuan penambangan tahun-tahun berikutnya.
3. Perlu adanya perawatan saluran terbuka dan kolam pengendapan lumpur secara teratur, agar saluran terbuka dan kolam pengendapan lumpur dapat berfungsi dengan baik dan optimal.
4. Pada saat proses penggalian, sebaiknya memperhatikan kemiringan lantai bukaan tambang

sehingga air dapat mengalir dengan baik menuju sump agar tidak terjadi genangan air pada lantai bukaan tambang.

Daftar Pustaka

- [1] Sugiyono. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Penerbit ALFABETA: Bandung. (2015).
- [2] Suyono. *Rancangan Teknis Sistem Penyaliran Tambang pada Pit 3000 Block 5 South Block PT. Trubaindo Coal Mining Kabupaten Kutai Barat, Provinsi Kalimantan Barat* Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta.. *Jurnal Teknologi Pertambangan*. **1**, 1 (2015).
- [3] Pebri Amri Oktavianono, dkk. *Perencanaan Sistem Penyaliran pada Tambang Terbuka PT. Bara Prima Mandiri, Desa Malungai, Kecamatan Gunung Bintang Awai, Kabupaten Barito Selatan*. Universitas Lambung Mangkurat. *Jurnal HIMASAPTA*. **2**, 3 (2017).
- [4] Andiliani, N., & Kasim, T. (2018). Evaluasi Mine Dewatering System Untuk Menunjang Pencapaian Target Produksi 5.000 Ton/Shift Pada Penambangan Batubara Pit B Area Selatan PT. Mifa Bersaudara, Peunaga Cut Ujong, Meurebo, Kabupaten Aceh Barat, Provinsi Aceh. *Bina Tambang*, **3** (3), 1059-1068.
- [5] Intan Agra Siwi. *Perencanaan Sistem Penyaliran Tambang Batubara Pit 3 Barat Bangko Barat PT. Bukit Asam (Persero) Tbk Unit Penambangan Tanjung Enim Sumatera Selatan Untuk Tahun 2016*. Universitas Negeri Padang. (2016).
- [6] Khairuddin Yusran. *Sistem Penyaliran Tambang Pit AB EKS pada PT. Andalan Mining Jobsite Kaltim Prima Coal Sangatta, Kalimantan Timur*. Universitas Muslim Indonesia. *Jurnal Geomine* **3** (2015).
- [7] Syarifuddin, dkk. *Kajian Sistem Penyaliran pada Tambang Terbuka Kabupaten Tanah Bumbu Provinsi Kalimantan Selatan*. Universitas Muslim Indonesia. *Jurnal Geomine*. **5**, 2 (2017).
- [8] Fauzan S Wibawa, dkk. *Rancangan Sump D1-D2 Pit Roto Selatan PT. Pamapersada Nusantara Distrik Kideco Batu Kajang Kalimantan Timur* Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta. (2015).
- [9] Sari Uly Sibarani. *Analisa Teknis Mine Dewatering Terhadap Rencana Tiga Tahun Penambangan Hingga 2016 di Pit Blok Barat PT. Muara Alam Sejahtera, Kabupaten Lahat, Sumatera Selatan*: Sriwijaya. *Jurnal Mahasiswa Pertambangan*. (2016).
- [10] Faqih Baskoro Adi, dkk. *Kajian Sistem Penirisan Tambang Batugamping Studi Kasus PT. Sinar Tambang Arthalestari di Desa Sawangan, Kecamatan Ajibarang Banyumas, Provinsi Jawa Tengah*. (2015).
- [11] Fitri Nauli, dkk. *Rancangan Sistem Penyaliran pada Tambang Batubara Tambang Air Laya, Tanjung Enim, Sumatera Selatan*. Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta. (2014).