

Kajian Teknis Sistem Penyaliran Tambang pada Tambang Terbuka Batubara PT. Nusa Alam Lestari, Kenagarian Sinamar, Kecamatan Asam Jujuhan, Kabupaten Dharmasraya

Arief Rahmat Khusairi^{1*}, Tamrin Kasim¹, Yunasril¹

Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang

*ariefrahmat180@gmail.com

Abstract. *PT. Nusa Alam Lestari is one of the companies that engaged in coal mining. PT. Nusa Alam Lestari have Izin Usaha Pertambangan (IUP) in Kanagarian Sinamar, Kec. Asam Jujuhan, Kab. Dharmasraya. PT. Nusa Alam Lestari use surface mining system with open pit mine method so it will be forming a basin in mine area. Flows system in PT. Nusa Alam Lestari are using mine dewatering system. Mine dewatering is a flow method to manage the water in mine location for a patch in the sump and drop from mine area with pump. The mine drainase system use to prevent and handle much water come in the mine area with making a channel arround the mine area. The width of the catchment area in east pit PT. Nusa Alam Lestari is 35,16 ha. The maximum capacity of sump to accomodating the runoff debi and underwater debit is 106,462 m³. The form of channels drainage is trapesium in pit mine to reducing the runoff debit that come in. The pump system that use HDPE pipe type as much as 4 unit centrifugal Sykes HH220i with total maximum head is 92 meter and maximum debit is 230 liter/second. The result of the pump flows to the settling pond (KPL) with maximum volume is 6.739 m³. The fungtion of settling pond (KPL) is to neutralize harmful substances from pumping result before flows to the river.*

Keywords: *Technical Review, Rainfall, Catchment Area, Sump and Pump.*

1. Pendahuluan

Salah satu sumberdaya energi yang dapat dimanfaatkan saat ini adalah batubara. Batubara merupakan sumberdaya alam dengan jumlah cadangan yang memadai serta cukup potensial di Indonesia. Batubara merupakan salah satu sumber energi alternatif yang saat ini berkembang dalam pasaran dunia sebagai sumber energi yang berlimpah serta ekonomis. Adanya kegiatan pertambangan akan memberikan dampak positif dan negatif bagi Negara dan daerah disekitar industri pertambangan.

Secara umum dampak positif yang akan dihasilkan pada kegiatan pertambangan yaitu dapat meningkatkan pendapatan asli daerah (PAD), pertumbuhan ekonomi, kualitas sumberdaya, serta mengurangi angka pengangguran terutama masyarakat di daerah sekitar industri pertambangan. Selain itu, dampak negatif dari kegiatan pertambangan dapat merubah bentangan alam, dan menimbulkan dampak kerusakan lingkungan hidup yang signifikan, baik itu hutan, tanah, udara, serta pencemaran air sehingga terganggunya biota.

Salah satu faktor yang harus diperhatikan dalam proses penambangan adalah masalah penanganan air, atau lebih umum disebut dengan istilah penyaliran tambang. Metode penambangan yang terpapar langsung dengan udara luar adalah metode tambang terbuka. Dimana sangat dipengaruhi oleh iklim seperti cuaca hujan, cuaca panas, dan lain-lain akan mempengaruhi kondisi tempat kerja alat dan kondisi pekerja, yang selanjutnya dapat mempengaruhi produktivitas penambangan.

Dari observasi dan pengamatan yang penulis lakukan di tambang terbuka PT. Nusa Alam Lestari, penulis menemukan terdapatnya genangan air pada area kerja di jalan tambang. Posisi jalan tambang bersebelahan langsung dengan sumuran (*sump*) yang merupakan tempat terkumpulnya air pada cekungan paling rendah di lokasi penambangan. Genangan air yang memenuhi jalan tambang dikarenakan air yang terkumpul pada *sump* telah melebihi kapasitas *sump* yang kemudian meluap hingga menggenangi badan jalan.

Sehingga kegiatan pengupasan *overburden* dan *coal getting* tidak bisa dikerjakan dikarenakan adanya genangan air yang menggenangi badan jalan. Untuk kegiatan berikutnya harus menunggu genangan air tersebut mengering dari badan jalan dengan cara menunggu proses pemompaan berlangsung sampai air pada *sump* menyusut dan tidak lagi meluap menggenangi badan jalan. Untuk mengurangi resiko meluapnya air dari *sump* tersebut diperlukan perhitungan dalam menganalisis bagaimana dimensi *sump* yang memadai dan apakah dengan 1 pompa yang sudah ada cukup atau tidak untuk memompakan air keluar dari *sump* sehingga meminimalisir terjadinya resiko air di *sump* meluap ke badan jalan tambang.

Selain itu, masalah yang ditemukan penulis yaitu adanya saluran drainase yang berada di pinggir jalan penambangan mengalami pendangkalan. Kedalaman yang awalnya 1,5 meter sekarang menjadi 0,8 meter karena menumpuknya tanah-tanah lereng yang tergerus air hujan dan menumpuk pada saluran. Saluran drainase tersebut difungsikan untuk meminimalisir air limpasan dari curah hujan yang masuk ke front dengan cara

mengalirkan air yang terkumpul langsung menuju sungai dengan memanfaatkan ketinggian saluran drainase tersebut terhadap sungai.

Dari permasalahan di atas, maka diperlukan analisis *mine dewatering system* dengan menganalisis aspek-aspek penyaliran yang menyebabkan terganggunya aktifitas penambangan seperti dimensi *sump*, *drainase*, *settling pond*, serta kebutuhan pompa. Sehingga masalah tersebut dapat ditangani dengan baik walaupun datang hujan dengan intensitas yang tinggi dimasa yang akan datang.

2. Kajian Pustaka

Air dalam jumlah yang besar merupakan permasalahan besar dalam pekerjaan penambangan, baik secara langsung maupun tidak langsung berpengaruh terhadap produktivitas. Ini berlaku baik pada tambang terbuka (*open minning*) maupun tambang dalam (*under minning*).

Pengertian dari sistem penyaliran tambang adalah suatu usaha yang diterapkan pada daerah penambangan untuk mencegah, mengeringkan, atau mengeluarkan air yang masuk ke daerah penambangan. Upaya ini dimaksudkan untuk mencegah terganggunya aktivitas penambangan akibat adanya air dalam jumlah yang berlebihan, terutama pada musim hujan. Selain itu, sistem penyaliran tambang ini juga dimaksudkan untuk memperlambat kerusakan alat serta mempertahankan kondisi kerja yang aman, sehingga alat-alat mekanis yang digunakan pada daerah tersebut mempunyai umur yang lama.

Sumber air yang masuk ke lokasi penambangan, dapat berasal dari air permukaan tanah maupun air bawah tanah. Air yang meresap ke dalam tanah sebagian mengalir kedalam tanah (perkolasi) mengisi air tanah yang kemudian ke luar sebagai mata air atau mengalir ke sungai. Akhirnya aliran air di sungai akan sampai ke laut. Proses tersebut berlangsung terus menerus yang disebut dengan siklus hidrologi^[1]. Air permukaan tanah merupakan air yang terdapat dan mengalir di permukaan tanah. Jenis air ini meliputi, air limpasan permukaan, air sungai, rawa atau danau yang terdapat di daerah tersebut, air buangan (limbah), dan mata air. Sedangkan air bawah tanah merupakan air yang terdapat dan mengalir di bawah permukaan tanah. Jenis air ini meliputi air tanah dan air rembesan. Penanganan masalah air dalam suatu tambang terbuka dapat dibedakan menjadi dua^[2] yaitu :

2.1 Mine Drainage

Merupakan upaya untuk mencegah masuknya air ke daerah penambangan. Hal ini umumnya dilakukan untuk penanganan air tanah dan air yang berasal dari sumber air permukaan.

2.2 Mine Dewatering

Merupakan upaya untuk mengeluarkan air yang telah masuk ke daerah penambangan. Upaya ini terutama untuk menangani air yang berasal dari air hujan.

Lokasi penelitian secara umum adalah daerah penyelidikan merupakan bagian dari peta geologi lembar daerah Jorong Sinamar, Nagari Sinamar, Kecamatan Asam Jujuhan, Kabupaten Dharmasraya. Areal PT. Nusa Alam Lestari secara regional terletak diantara Cekungan Sumatera Tengah dan Cekungan Sumatera Selatan. Cekungan Sumatera Tengah dan Sumatera Selatan berawal dari masa kuartar dan diendapkan Formasi Sinamar. Formasi Sinamar diendapkan dalam kondisi peralihan, dimana bagian bawah formasi menunjukkan lingkungan daratan yang diendapkan pada Kala Oligosen akhir, sedangkan bagian atas formasi diendapkan dalam lingkungan laut pada Kala Miosen Bawah. Tebal Formasi Sinamar mencapai > 1000 m.

Geomorfologi daerah disusun oleh kondisi bentang alam dengan pola perbukitan bergelombang lemah-sedang dengan kemiringan lereng berkisar antara 10 % sampai 15 % dengan memanjang ke arah Barat-Timur. Tersusun oleh litologi berupa batu lempung, konglomerat, dan batu pasir. Vegetasi pada daerah tersusun oleh vegetasi lebat berupa perkebunan rakyat yang sudah ditanami oleh pohon karet. Daerah PT. Nusa Alam Lestari tersusun oleh litologi yang berasal dari Formasi Sinamar sebagai batuan tertua dan endapan vulkanik sebagai endapan batuan termuda.

Stuktur geologi yang terdapat di daerah ini adalah berupa lipatan monoklin dengan jurus pelapisan relatif Barat Laut–Tenggara. Bentuk morfologinya berupa perbukitan bergelombang sedang sehingga kuat yang terjadi pada ketinggian berkisar 85-180 meter dari permukaan laut. Bentuk morfologi ini dikontrol oleh litologi yang berasal dari Formasi Sinamar berupa batulempung, batulanau, dan batupasir serta litologi dari endapan vulkanik kuartar berupa batuan breksi laharik. Proses infiltrasi terjadi karena hujan yang jatuh di atas permukaan tanah sebagian atau seluruhnya akan mengisi pori-pori tanah. Curah hujan yang mencapai permukaan tanah akan bergerak sebagai air limpasan permukaan (*run off*) atau sebagai infiltrasi^[3].

Pada struktur geologi Daerah Tanjung Belit Kecamatan Jujuhan ditemukan anomali geologi struktur berupa struktur patahan (sesar normal) dan banyak *cleat* (rekahan).

Sesar ditemukan indikasi sesar turun minor yang membentuk *half graben*, pada area *coal getting*. Sehingga menyebabkan *offset* pada batubara yang terlihat seolah-olah batubara mengalami penebalan kearah selatan dengan radius $\pm 15m$. Sesar turun ini mempunyai nilai *plunge* (sudut penunjangan)^[4].

Cleavage ditemukan pengkekar dalam batubara, khususnya batubara sub-bituminous, umumnya menunjukkan pola *cleavage*. Hal ini ditunjukkan oleh serangkaian retakan yang sejajar, biasanya berorientasi tegak lurus perlapisan.

3. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan di PT. Nusa Alam Lestari (NAL) terletak di jorong Sinamar, Nagari Sinamar, Kecamatan Asam Jujuhan, Kabupaten Dharmasraya,

Provinsi Sumatera Barat. Secara geografis terletak antara koordinat 01°24'15"- 01°25'15" LS dan 101°43'3" - 101°43'58" BT.

3.1 Jenis Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode penelitian kuantitatif. Penelitian tipe kuantitatif dapat digunakan apabila data yang dikumpulkan berupa data kuantitatif atau jenis data lain yang dapat dikuantitaskan dan diolah menggunakan teknik statistik^[5].

Selain menggunakan metode penelitian kuantitatif pada penelitian ini juga digunakan metode penelitian terapan. Penelitian terapan lebih menekankan pada penerapan ilmu dan aplikasi ataupun penggunaan ilmu ataupun untuk keperluan tertentu^[6].

3.2 Tahap Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data dimulai dengan mengambil data primer berupa elevasi titik tertinggi, elevasi pipa buang dan pipa hisap, penentuan luas *catchment area*, debit air limpasan, debit air tanah tanah, jarak terjauh dari daerah konsentrasi pengaliran. Data sekunder berupa peta topografi pada saat penelitian, data curah hujan harian maksimum, spesifikasi pompa, panjang dan diameter pipa, spesifikasi alat gali *settling pond*, nilai TSS.

4. Analisa data dan Pembahasan

Perencanaan sistem penyaliran tambang pada PT. Nusa Alam Lestari tidak terlepas dari curah hujan rancangan.

4.1 Hujan Rancangan

Data curah hujan didapatkan dari Badan Lingkungan Hidup (BLH), Kabupaten Dharmasraya yang berlokasi di Pulau Punjung. Analisa dilakukan selama 15 tahun terakhir dari 2002 sampai 2016 meliputi data curah hujan tiap periode waktu dan curah hujan harian 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 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 menggunakan metode analisa *Gumbell*^[2],

$$X_t = \bar{X} + \frac{(Y_t - Y_n)}{S_n} S \tag{1}$$

Keterangan:

- X_t = Curah hujan rencana (mm/hari)
- \bar{X} = Rata-rata curah hujan (mm/hari)
- Y_n = *Reduced mean*
- S_n = *Reduced standart deviation*

Y_t = *Reduced variate*

S = *Standard deviation*

didapatkan curah hujan harian maksimum seperti terlihat di tabel 1.

Tabel 1. Curah hujan harian maksimum

No	Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum
		(mm)
1	2002	98
2	2003	128
3	2004	143
4	2005	155
5	2006	149
6	2007	159
7	2008	136
8	2009	118
9	2010	110
10	2011	124
11	2012	98
12	2013	157
13	2014	134
14	2015	199
15	2016	102
Jumlah		2010
Rata-Rata		134

4.2 Intensitas Curah Hujan

Penentuan intensitas curah hujan dimaksudkan untuk mendapatkan kurva durasi yang nantinya akan digunakan sebagai dasar perhitungan air limpasan di daerah penelitian.

Pengolahan data curah hujan dimaksudkan untuk mendapatkan kurva durasi yang nantinya akan digunakan sebagai dasar perhitungan air limpasan di daerah penelitian.. Metode yang dipakai dalam pengolahan Intensitas curah hujan adalah metode Analisa *Monnonobe*^[7], yaitu:

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

dimana:

- I = intensitas hujan (mm/jam)
- R_{24} = curah hujan rencana (mm/hari)
- t_c = lamanya waktu konsentrasi (jam)

Dari perhitungan intensitas curah hujan diketahui bahwa di dalam tambang PT. Nusa Alam Lestari memiliki daerah tangkapan hujan dengan diketahui elevasi tertinggi dan elevasi terendah, sehingga didapatkan perhitungan intensitas curah hujan pada PT. Nusa Alam Lestari seperti Tabel 2 di bawah ini:

Diketahui:

- Elevasi tertinggi = 124 mdpl
- Elevasi terendah = 50 mdpl

Tabel 2. Perhitungan Intensitas Curah Hujan

L (m)	H (m)	S	Curah Hujan Maksimum Rancangan (mm/hari)	Tc (mm/jam)	I (mm/jam)
637	74	0,116	158.259	6.444	15.838

4.3 Daerah Tangkapan Hujan (Catchment Area)

Daerah tangkapan hujan pada pit penambangan PT. Nusa Alam Letari dibatasi oleh tanggul-tanggul pada sisi selatan barat dan timur dari pit tersebut. Keadaan tangkapan hujan berupa tanah gundul dengan kemiringan > 15°, sehingga koefisien limpasannya adalah 0,9. Air dari *catchment area* ini akan mengalir ke lokasi tambang dalam bentuk air limpasan.

Dari hasil pengolahan data topografi menggunakan *software* tambang dapat diketahui kemungkinan arah aliran air limpasan dengan melihat elevasi tertinggi di sekeliling *pit*. Berdasarkan data tersebut dapat ditentukan batas daerah tangkapan hujan dengan menggunakan *software* tambang dan didapatkan luas daerah tangkapan hujan pada *pit* penambangan sebesar 35,16 ha.

4.4 Debit Limpasan (Run Off)

Dengan intensitas curah hujan periode ulang 5 tahun sebesar 15,838 mm/jam dan koefisien limpasan 0,9. Didapatkan debit limpasan^[2] sebagai berikut:

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

dimana:

Q = Debit Limpasan (m³/detik)

C = Koefisien limpasan

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

A = Luas *catchment area* (km²)

Dengan intensitas curah hujan periode ulang 5 tahun sebesar 15,838 mm/jam dan koefisien limpasan 0,9. Didapatkan debit limpasan sebagai berikut:

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

$$Q = 0,278 \times 0,9 \times 15,838 \frac{\text{mm}}{\text{jam}} \times 0,3516 \text{ km}^2$$

$$Q = 1,3932 \text{ m}^3/\text{detik}$$

4.5 Debit Air Tanah

Pengukuran debit air tanah dilakukan menggunakan alat *total stations* untuk mendapatkan elevasi awal air dan elevasi akhir air dan perhitungan luas bukaan dihitung dengan menggunakan *software* tambang dengan memasukan data perbedaan elevasi pada saat pompa dimatikan.

Pengambilan sampel dilakukan dengan melakukan pengukuran kenaikan permukaan air di *sump* setelah pompa dimatikan sampai dihidupkan kembali dan pada

saat tidak terjadi hujan. Pengukuran dilakukan berkala sebanyak 10 kali selama 18 hari dengan rentang waktu 8 jam pada saat pompa diistirahatkan. Pengukuran debit air tanah dilakukan menggunakan alat *total stations* untuk mendapatkan elevasi awal air dan elevasi akhir air. Hasil dari perhitungan debit air tanah sebagai berikut:

Tabel 3. Perhitungan debit air tanah

Tanggal Pengukuran	Perhitungan Debit Air Tanah				
	elevasi awal muka air ketika pompa dimatikan (m)	elevasi akhir dalam waktu 8 jam (m)	Tinggi kenaikan (m)	Luas Bukaan awal (m ²)	Luas Bukaan akhir (m ²)
1 Maret 2017	53,175	53,206	0,031	1504,95	1505,83
3 Maret 2017	53,584	53,611	0,027	1516,52	1517,29
6 Maret 2017	52,891	52,926	0,035	1496,91	1497,90
7 Maret 2017	53,231	53,255	0,024	1506,53	1507,21
11 Maret 2017	54,179	54,219	0,04	1533,36	1534,5
12 Maret 2017	54,236	54,269	0,033	1534,98	1535,91
14 Maret 2017	53,459	53,496	0,037	1512,99	1514,03
15 Maret 2017	53,962	53,993	0,031	1527,22	1528,10
16 Maret 2017	54,043	54,072	0,029	1530,33	1530,33
18 maret 2017	54,582	54,607	0,025	1544,77	1545,48
Rata-rata Q ((m ³ /Jam)			112,32	1520,77	1521,66
Rata-rata Q ((m ³ /s)			0,0312		

4.6 Air Total yang masuk ke Front Penambangan Tambang

Total debit air yang masuk ke front penambangan adalah debit air limpasan ditambah dengan debit air tanah, sehingga didapatkan total debit air yang masuk ke pit tambang PT. Nusa Alam Lestari sebesar^[8]:

$$Q_{\text{total}} = Q_{\text{limpasan}} + Q_{\text{air tanah}} \quad (4)$$

$$= 1,3932 \text{ m}^3/\text{detik} + 0,012 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$= 1,4047 \text{ m}^3/\text{detik} = 121.366,08 \text{ m}^3/\text{hari}$$

4.7 Sistem Pemompaan

Perhitungan kapasitas pemompaan:

4.7.1 Debit pemompaan kondisi maksimum

Dari hasil penelitian pompa yang digunakan untuk mengeluarkan air yang masuk ke dalam tambang adalah pompa sentrifugal SYKES HH220i yang memiliki head maksimum 140 m dan kapasitas maksimum 282 liter/detik, maka didapatkan perhitungan debit pompa yang dibutuhkan untuk mengeluarkan air yang masuk tersebut sebagai berikut^[9]:

$$Q_p = \frac{Q}{24 \times 3600 \times D} \tag{5}$$

Keterangan:

Qp = debit pompa yang dibutuhkan

Q = debit air total masuk

D = lama waktu pemompaan

$$Q_p = \frac{Q}{24 \times 3600 \times 0,75}$$

$$Q_p = \frac{5056,92 \text{ m}^3/\text{jam}}{24 \times 3600 \times 0,75} = 0,0780 \text{ m}^3/\text{detik}$$

4.7.2 Perhitungan Head Total Pompa

1. Julang (head)

Julang pompa adalah energi yang harus disediakan untuk dapat mengalirkan sejumlah air seperti yang direncanakan. Rumus yang digunakan adalah^[9]:

$$H = H_s + \Delta H_p + H_f + H_b + H_v \tag{6}$$

Keterangan:

H = Head total pompa (meter)

Hs = Head statik (meter)

ΔHp = perbedaan julang tekan pada kedua permukaan air

Hf = kerugian karena gesekan (meter)

Hb = kerugian pada belokan dan sambungan pipa (meter)

Hv = julang kecepatan (meter)

2. Head Static

Julang statistik merupakan perbedaan elevasi antara muka air pada pipa isap dan keluar. Berdasarkan pengukuran dilapangan diperoleh julang statik sebesar (96 – 55) meter = 41 meter.

3. Head Pressure

Julang tekanan (ΔHp) yang bekerja pada kedua permukaan tekanan air dianggap sama karena tekanan pada muka air isap sama dengan tekanan pada muka air keluar^[10].

$$\Delta H_p = H_{p1} - H_{p2} \tag{7}$$

$$H_{p1} = 10,33 \left(1 - \frac{0,0065 \times 55}{288} \right)^{5,256} = 10,262 \text{ m}$$

$$H_{p2} = 10,33 \left(1 - \frac{0,0065 \times 96}{288} \right)^{5,256} = 10,213 \text{ m}$$

$$\Delta H_p = H_{p1} - H_{p2} = 10,262 \text{ m} - 10,213 \text{ m} = 0,049 \text{ m}$$

4. Head Loss

Head loss adalah energi untuk mengatasi kehilangan-kehilangan yang timbul akibat aliran fluida yang terdiri dari kehilangan julang gesek di dalam pipa, kehilangan julang pada belokan, katup dan perubahan diameter pipa^[2].

Kehilangan julang gesek

$$H_f = \frac{10,666 Q^{1,85}}{C^{1,85} D^{4,85}} \times L \tag{8}$$

Jadi julang gesek total pada pipa adalah^[11]

$$H_f = H_f \text{ pipa hisap} + H_f \text{ pipa buang} \tag{9}$$

5. Head belokan

$$H_{sv} = f_2 \left(\frac{V^2}{2g} \right) \tag{10}$$

$$f_2 = \left[0,131 + 1,875 \left(\frac{D}{2R} \right)^{3,5} \right] \times \left(\frac{\theta}{90} \right)^{0,5} \tag{11}$$

R = Jari-jari lengkung belokan (m)

$$R = \frac{D}{\tan \frac{1}{2} \theta} \tag{12}$$

Kecepatan aliran pada pipa buang^[13]:

$$V = \frac{Q}{A} \tag{13}$$

$$V = \frac{0,0780 \text{ m}^3/\text{detik}}{\frac{1}{4} \times \pi \times D^2}$$

$$V = \frac{0,0780 \text{ m}^3/\text{detik}}{\frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,254^2}$$

$$V = 1,540 \text{ m/detik}$$

Sehingga didapatkan Head belokan seperti dalam Tabel 4 berikut:

Tabel 4. Head belokan pompa

No	V	G	D	θ	R	F	Hsv Total
	(m/s)	(m/s ²)	(m)		(m)		(m)
1	1,540	9,8	0,254	49	0,55735	0,0968	0,0117
2	1,540	9,8	0,254	36	0,78173	0,0832	0,0101
3	1,540	9,8	0,254	40	0,69786	0,0876	0,0106
4	1,540	9,8	0,254	19	1,51784	0,0629	0,0076
5	1,540	9,8	0,254	20	1,44051	0,0641	0,0078
6	1,540	9,8	0,254	15	1,92932	0,0591	0,0071
7	1,540	9,8	0,254	30	0,94794	0,0763	0,0092
Jumlah							0,0641

6. Head Velocity (Julang kecepatan)

Julang kecepatan dihitung berdasarkan rumus dibawah ini^[14]:

$$H_v = \frac{v^2}{2g} \tag{14}$$

$$H_v = \frac{1,540^2}{2 \times 9,8} = 0,121 \text{ meter}$$

7. Head total

Julang total pompa adalah:

$$\begin{aligned} (H) &= H_s + \Delta H_p + H_f + H_{sv} + H_v \\ &= 41 + 0,049 + 2,651 + 0,0641 + 0,121 \\ &= 43,88 \text{ meter} \end{aligned}$$

4.7.3 Pemilihan Pompa

Jumlah pompa yang dibutuhkan untuk mengatasi debit air yang masuk ke tambang adalah^[15]:

$$\begin{aligned} \text{jumlah pompa} &= \frac{Q_{\text{total}}}{Q_{\text{pompa}}} \quad (15) \\ &= \frac{121.366,08 \text{ m}^3/\text{hari}}{0,23 \text{ m}^3/\text{detik} \times 3600 \text{ detik} \times 18 \text{ jam}} \end{aligned}$$

$$\text{jumlah pompa} = 8,14 \approx 9 \text{ pompa}$$

4.8 Sumuran (Sump)

Sumuran (*sump*) dibuat untuk menampung air sementara sebelum air dipompakan ke kolam pengendapan. Desain bentuk dan geometri sumuran (*sump*) dihitung berdasarkan jumlah air yang masuk serta air yang keluar dari sumuran. Jumlah air yang masuk kedalam sumuran merupakan total debit air limpasan ditambah dengan debit air tanah.

Sumuran (*sump*) dibuat pada daerah dengan topografi terendah didalam *pit* tujuannya adalah agar air mudah untuk mengalir masuk kedalam *sump*, selain dari pada itu lokasi *sump* sebaiknya jauh dari aktifitas penggalian^[16].

Dimensi *sump* yang dibuat harus dapat menampung volume air yang masuk kedalam *pit*. Rancangan dimensi *sump* yang akan dirancang adalah sebesar volume air yang masuk perharinya, hal ini 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^[17].

Volume air pada *sump* dihitung dari jumlah debit air limpasan dan air tanah yang masuk ke lokasi penambangan di kali dengan lama waktu konsentasi air dalam satuan hari atau 24 jam^[18]. Pompa yang digunakan untuk mengeluarkan air dari *sump* adalah pompa SYKES HH220i dengan jumlah pompa sebanyak 1 unit pompa dengan debit pompa yang didapatkan dari grafik pompa yaitu sebesar 828 m³/jam.

$$\begin{aligned} \text{Volume pompa} &= \text{Jam kerja} \times Q_{\text{max pompa}} \quad (16) \\ &= 18 \text{ jam} \times (828 \text{ m}^3/\text{jam} \times 1) \\ &= 14.904 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Selisih antara debit air yang masuk dan debit pemompaan merupakan volume *sump* yang harus dibuat adalah sebagai berikut^[9]:

$$\begin{aligned} V_{\text{sump}} &= \text{Debit total masuk} - \text{Volume pompa} \quad (17) \\ &= 121.366 \text{ m}^3/\text{hari} - 14.904 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 106.462 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Ukuran volume *sump* optimal yang akan dibuat untuk menampung air yang masuk ke lokasi penambangan berbentuk trapesium, kemiringan sumuran adalah sebesar 60° dan kedalaman kolam (Z) yang direncanakan adalah 7 meter, adapun perhitungan sumuran bentuk trapesium adalah sebagai berikut^[10]:

$$W = \frac{7}{\tan 60^\circ} = 4,04 \quad (18)$$

$$X = 2(W) + Y \quad (19)$$

$$X = 2(4,04) + Y = 8,08 + Y$$

Diketahui volume trapesium:

$$\begin{aligned} V &= \frac{(X^2 + Y^2)}{2} \times Z \quad (20) \\ &= \frac{\{(8,08 + Y)^2 + Y^2\}}{2} \times 7 \\ &= (65,29 + 16,16 Y + Y^2 + Y^2) \times 3,5 \\ &= 212,19 + 56,56 Y + 7 Y^2 \end{aligned}$$

Nilai V telah diketahui berdasarkan volume *sump* optimal yang direncanakan, sehingga persamaan diatas menjadi:

$$V = 212,19 + 56,56 Y + 7 Y^2$$

$$106.462 = 212,19 + 56,56 Y + 7 Y^2$$

$$7 Y^2 + 56,56 Y - 106.249,81 = 0$$

Untuk mencari nilai Y dapat digunakan rumus abc sebagai berikut:

$$Y = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \quad (21)$$

dimana:

$$a = 7$$

$$b = 56,56$$

$$c = -106.249,81$$

Dengan memasukkan nilai-nilai di atas maka dapat dicari ukuran dimensi *sump*^[19].

$$\begin{aligned} Y &= \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \\ &= \frac{-56,56 \pm \sqrt{(56,56)^2 - (4 \times 7 \times (-106.249,81))}}{2 \times 7} \\ &= \frac{-56,56 + 1.725,74}{14} \\ &= 119,23 \text{ m} = 120 \text{ m} \end{aligned}$$

Maka didapatkan nilai X

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

$$X = 2(4,04) + Y$$

$$X = 8,08 + Y$$

$$= 8,08 + 120$$

$$= 128,08 \text{ m} = 129 \text{ m}$$

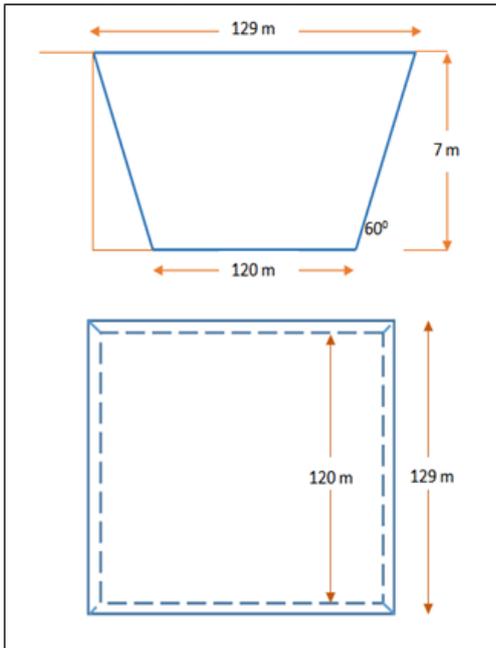
Volume maksimum yang dapat ditampung oleh *sump* dengan dimensi di atas adalah^[20]:

$$V = \frac{\text{luas permukaan sump} + \text{luas dasar sump}}{2} \times \text{kedalaman} \quad (22)$$

$$= \frac{\{(129m \times 129m)\} + \{(120m \times 120m)\}}{2} \times 7m$$

$$= 108.643,5 m^3$$

Maka ukuran volume sump optimal yang akan dibuat untuk menampung air yang masuk ke lokasi penambangan dapat dilihat pada Gambar 1 dibawah ini:



Gambar 1. Dimensi Sump

4.9 Saluran Drainase

Berdasarkan *catchment area* yang telah dibuat, penulis merencanakan membuat saluran drainase. Untuk perhitungan kapasitas pengaliran suatu saluran dapat dilakukan dengan menggunakan rumus^[21]:

$$Q = 1/n \cdot A \cdot S^{1/2} \cdot R^{2/3} \tag{23}$$

Keterangan:

Q = Debit pengaliran (m³/detik)

A = Luas penampang (m²)

S = Kemiringan dasar saluran (%)

R = Jari-jari hidrolis (meter)

n = Koefisien kekerasan *manning*

Dimensi penampang yang dapat di katakan efisien, yaitu apabila dapat mengalirkan debit aliran secara maksimum. Beberapa jenis penampang efisien yang paling sering digunakan adalah sebagai berikut^[81]:

1. Penampang saluran trapesium
2. Penampang saluran segi empat
3. Penampang saluran setengah lingkaran

Saluran dalam areal penambangan berfungsi untuk mengeluarkan air limpasan ke luar tambang, selain itu saluran juga terdapat di luar areal penambangan. Saluran yang berada di luar areal penambangan ini dikatakan sebagai saluran pengelak. Saluran pengelak merupakan saluran yang berfungsi untuk mencegah masuknya air limpasan kedalam areal penambangan.

Saluran drainase yang akan dibuat berbentuk trapesium, karena pembuatannya yang relatif mudah dibandingkan dengan bentuk saluran yang lain. Saluran drainase dibuat untuk meminimalisir air limpasan yang masuk menuju *sump*.

Dalam menentukan dimensi saluran drainase bentuk trapesium dengan luas maksimum hidrolis, luas penampang basah saluran (A), jari-jari hidrolis (R), kedalaman penampang aliran (d), kedalaman saluran terbuka (h), lebar dasar saluran (b), penampang sisi saluran dasar ke permukaan (a), lebar permukaan saluran (B), dan kemiringan dinding saluran (m), mempunyai hubungan yang dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$A = (b \times d) + (m \times d^2) \tag{24}$$

$$R = 0.5 \times d$$

$$B = b + (2m \times h)$$

$$b/d = 2 \{(1 + m^2)^{0.5} - m\}$$

$$a = h/\sin\alpha$$

$$x = 15\% \times d$$

$$h = d + x$$

Untuk dimensi saluran drainase dengan bentuk trapesium dengan luas penampang optimum dan mempunyai sudut kemiringan 60°, maka:

$$m = \text{Cotg } \alpha$$

$$= \text{Cotg } 60^\circ$$

$$= 0,58 \tag{25}$$

Setelah mendapatkan nilai kemiringan dinding saluran (m), maka selanjutnya dicari nilai lebar dasar saluran (b) dan kedalaman penampang aliran (d), dengan rumus:

$$b/d = 2 \{(1 + m^2)^{0.5} - m\}$$

$$= 2 \{(1 + 0,58^2)^{0.5} - 0,58\}$$

$$b = 1,15 d$$

Kemudian substitusikan nilai b ke dalam rumus luas penampang basah saluran (A) sebagai berikut:

$$A = (b \times d) + (m \times d^2)$$

$$= (1,15d \times d) + (0,58 \times d^2)$$

$$= 1,732 d^2$$

Selanjutnya untuk mendapatkan nilai d, maka substitusikan lagi persamaan luas penampang ke dalam persamaan mencari debit saluran drainase (Q), dimana nilai debit limpasan sudah diperoleh sebesar 1,3932 m³/detik, kemiringan saluran 0,25%, dan koefisien *manning* sebesar 0,03 karena tipe dinding saluran yang ada berupa tanah. Selanjutnya akan diperoleh nilai d dengan menggunakan rumus debit saluran drainase sebagai berikut:

$$Q = 1/n \times A \times S^{1/2} \times R^{2/3}$$

$$= 1/0,03 \times (1,732 d^2) \times (0,0025^{1/2}) \times (0,5 d)^{2/3}$$

$$1,3932 = 1/0,03 \times (1,732 d^2) \times (0,0025^{1/2}) \times (0,5 d)^{2/3}$$

$$= 1,294 d^{8/3}$$

$$d = 0,90 \text{ meter}$$

$$A = 1,732 d^2$$

$$= 1,732 \times 0,90^2$$

$$= 1,402 \text{ m}^2$$

Selanjutnya nilai d yang diperoleh disubstitusikan ke dalam persamaan b yang telah diperoleh diatas, maka akan diperoleh nilai lebar dasar saluran (b) sebagai berikut:

$$B = 1,15 \times d$$

$$= 1,15 \times 0,90 \text{ m}$$

$$= 1,035 \text{ m}$$

Nilai x dapat diperoleh dari rumus sebagai berikut:

$$X = 15\% \times d \tag{26}$$

$$= 15\% \times 0,90 \text{ m}$$

$$= 0,135 \text{ m}$$

Nilai kedalaman saluran (h) dapat diperoleh dari rumus sebagai berikut:

$$h = d + x \tag{27}$$

$$= 0,90 \text{ m} + 0,135 \text{ m}$$

$$= 1,035 \text{ m}$$

Nilai lebar permukaan saluran (B) dapat diperoleh dengan rumus sebagai berikut:

$$B = b + (2m \times h) \tag{28}$$

$$= 1,035 \text{ m} + (2 \times 0,58 \times 1,035 \text{ m})$$

$$= 2,235 \text{ m}$$

Nilai penampang sisi saluran dari dasar ke permukaan (a) dapat diperoleh dengan rumus sebagai berikut:

$$a = 1,035 \text{ m} / \sin 60$$

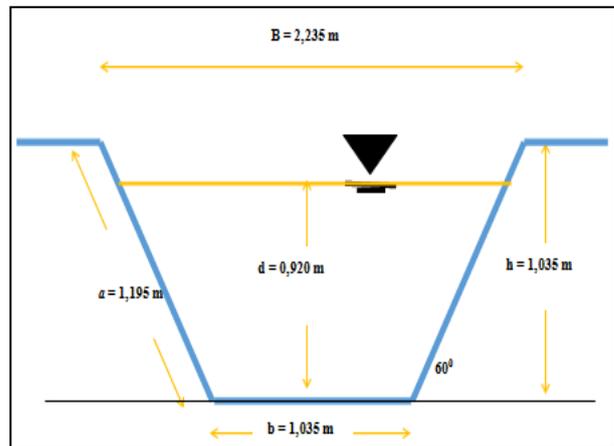
$$= 1,195 \text{ m}$$

Hasil perhitungan dimensi saluran drainase pada catchment area yang lainnya dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Dimensi Saluran Drainase

Saluran	1
Q (m ³ /detik)	1,4047
S (%)	0,25
α (°)	60
N	0,003
d (m)	0,90
x (m)	0,135
h (m)	1,035
b (m)	1,035
A (m ²)	1,402
B (m)	2,235
a (m)	1,195

Dari hasil perhitungan dimensi saluran drainase didapatkan gambaran bentuk dimensi saluran drainase tersebut seperti yang terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Bentuk Saluran Drainase

4.10 Perencanaan Kolam Pengendapan Lumpur (Settling Pond)

Pembuatan kolam pengendapan lumpur bertujuan untuk mengendapkan lumpur-lumpur atau material padatan yang bercampur dengan air limpasan yang disebabkan adanya aktivitas penambangan.

4.10.1 Perhitungan Persen Solid

Sebelum melakukan perencanaan kolam pengendapan lumpur, sebelumnya harus mengetahui berapa persen padatan yang terkandung ketika air dipompakan menuju kolam pengendapan. Jenis pompa yang bekerja pada sump Sykes HH220i, total debit pemompaan yang masuk ke kolam pengendapan lumpur adalah sebesar 0,23 m³/detik.

$$\text{Residu tersuspensi} = \text{TSS} \times \text{Debit pemompaan} \tag{29}$$

$$= 142 \text{ gr/m}^3 \times 0,23 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$= 32,66 \text{ gr/detik}$$

$$\text{Dari persamaan: } \rho = \frac{m}{v} \tag{30}$$

Diketahui ρ partikel padatan adalah 1.730 kg/m³ (engineeringtoolbox.com) maka volume padatan yang masuk adalah:

$$\text{Volume padatan yang masuk (Vpm)} = \frac{32,66 \text{ gr/detik}}{1.730.000 \text{ gr/m}^3}$$

$$= 0,000019 \text{ m}^3/\text{detik}$$

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

$$\text{Solid} = \frac{0,0000188 \text{ m}^3/\text{detik}}{0,23 \text{ m}^3/\text{detik}} \times 100\% = 0,0082\%$$

$$\text{Air} = 100\% - 0,0082\% = 99,9918\%$$

Berdasarkan data perhitungan persen solid padatan 0,00817% dan persen air 99,9918% dengan volume padatan 0,0000188 m³/detik. Maka untuk persen padatan

yang kurang dari 40% digunakan hukum *stokes* sebagai berikut^[16]:

$$v = \frac{g \times D^2 \times (\rho_s - \rho_a)}{18\mu} \tag{31}$$

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 x 10⁻³ kg/mdetik)
- D = Diameter partikel padatan (0,0000625 m *Wentworth*)

Maka kecepatan pengendapan partikel (V_t) adalah:

$$V_t = \frac{g \times D^2 \times (\rho_s - \rho_a)}{18\mu}$$

$$V_t = \frac{9,8 \times (0,0000625)^2 \times (1.730 - 1.000)}{18 \times 0,000801}$$

$$V_t = 0,001938 \text{ m/detik}$$

4.10.2 Penentuan Letak dan Dimensi Kolam Pengendapan

Bentuk kolam pengendapan biasanya hanya digambarkan secara sederhana, yaitu berupa kolam berbentuk empat persegi panjang, tetapi sebenarnya bentuk tersebut dapat bermacam-macam, disesuaikan dengan keperluan dan keadaan lapangannya. Walaupun bentuknya dapat bermacam-macam, namun pada setiap kolam pengendap akan selalu ada empat zona penting yang terbentuk karena proses pengendapan material padatan^[9], yaitu:

1. Zona masukan
2. Zona pengendapan
3. Zona endapan lumpur
4. Zona keluaran

Penentuan letak kolam pengendapan harus memperhatikan beberapa ketentuan antara lain kolam pengendapan yang akan dibuat berada diluar area penambangan sehingga tidak mengganggu kegiatan penambangan, dibuat pada daerah yang rendah dengan memperhatikan keadaan topografi daerah penambangan, letaknya diusahakan dekat dengan saluran alami yang akan menuju pembuangan akhir^[17].

Bentuk kolam pengendapan yang direncanakan yaitu berbentuk persegi panjang dan berbelok-belok agar kecepatan air dan material yang masuk dapat diperkecil, dengan kecepatan aliran yang kecil maka waktu untuk mengendapkan material padatan pada kolam pengendapan akan semakin lama.

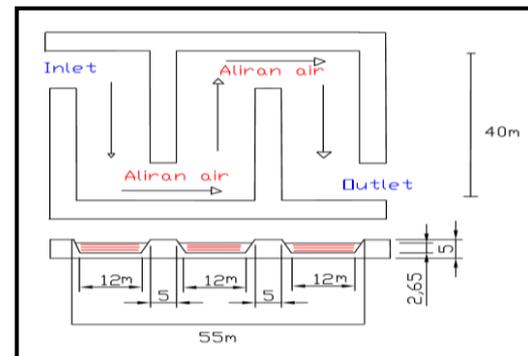
Dengan adanya kolam pengendapan diharapkan semua air yang keluar dari daerah penambangan benar-benar air yang sudah memenuhi ambang batas yang diizinkan oleh Keputusan menteri Lingkungan Hidup Nomor 113 tahun 2003 untuk Ph, residu tersuspensi, besi (Fe) total dan Mangan (Mn) toatal sesuai aturan sehingga mencegah terjadinya pencemaran lingkungan^[18].

Berdasarkan spesifikasi yang telah diperhitungkan, maka dapat direncanakan dimensi kolam pengendapan sebagai berikut:

Tabel 6. Dimensi Kolam Pengendapan

No	Dimensi	
1	Lebar atas kolam	40 meter
2	Lebar bawah kolam	37 meter
3	Panjang atas kolam	55 meter
4	Panjang bawah kolam	52 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	5 meter
14	Kapasitas seluruh kompartmen	7.796,5 m ³
15	Kapasitas tiap kompartmen	2598,75 m ³

Berikut gambar tampak atas dan tampak samping dimensi ideal kolam pengendapan lumpur (*settling pond*).



Gambar 3. Rancangan Kolam Pengendapan Lumpur

4.10.3 Perhitungan Persentase pengendapan

Waktu yang dibutuhkan partikel untuk mengendap (t_v) adalah^[19]:

$$t_v = \frac{h}{v} \tag{32}$$

$$= \frac{5 \text{ m}}{0,001938 \text{ m/s}}$$

$$= 2.579,98 \text{ detik} = 42,99 \text{ menit}$$

Waktu yang dibutuhkan material untuk keluar dari kolam pengendapan (t_h). Partikel-partikel padatan dapat mengendap dengan baik jika $t_v < t_h$. Kecepatan air dalam kolam adalah :

$$V_h = \frac{Q}{A} \tag{33}$$

$$A = \left(\frac{L_1 + L_2}{2} \right) \times h$$

$$= \frac{(15 \text{ m} + 12 \text{ m})}{2} \times 5 \text{ m} = 67,5 \text{ m}^2$$

$$V_h = \frac{0,23 \text{ m}^3/\text{detik}}{67,5 \text{ m}^2} = 0,0034 \text{ m/detik}$$

Sehingga t_h (waktu yang dibutuhkan air dan material tersuspensi keluar dari kolam pengendapan) dapat dicari dengan rumus^[18]:

$$t_h = \frac{P}{V_h} \tag{34}$$

P = Panjang aliran dalam kolam pengendapan. Dimana panjang aliran dianggap sama dengan sisi lebar kolam ditambah dengan lebar sekat.

Nilai P untuk setiap kompartmennya berbeda sehingga waktu yang dibuthkan material untuk keluar dari kolam pengendapan juga berbeda. Kolam pengendapan rencana memiliki 3 kompartmen dengan ukuran masing-masing kompartmen adalah 40m x 15m x 5m. Berikut adalah nilai P untuk setiap *compartment*:

$$\begin{aligned} P_{\text{kompartmen 1}} &= 40 \text{ m} \\ P_{\text{kompartmen 2}} &= 40 \text{ m} + 5 \text{ m} + 40 \text{ m} = 85 \text{ m} \\ P_{\text{kompartmen 3}} &= 40 \text{ m} + 5 \text{ m} + 40 \text{ m} + 5 \text{ m} + 40 \text{ m} \\ &= 130 \text{ m} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} t_{h1} &= \frac{P_1}{V_h} = \frac{40 \text{ m}}{0,0034 \text{ m/dt}} = 11.764,70 \text{ detik} \\ &= 196,07 \text{ menit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t_{h2} &= \frac{P_2}{V_h} = \frac{85 \text{ m}}{0,0034 \text{ m/dt}} = 25.000 \text{ detik} \\ &= 416,67 \text{ menit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t_{h3} &= \frac{P_3}{V_h} = \frac{130 \text{ m}}{0,0034 \text{ m/dt}} = 38.235,29 \text{ detik} \\ &= 637,25 \text{ menit} \end{aligned}$$

Dari perhitungan yang telah dilakukan maka didapatkan $t_v < t_h$. Dengan membandingkan waktu pengendapan dan waktu keluarnya air dan material dapat digunakan rumus berikut untuk mengetahui persentase pengendapan, yaitu^[20]:

$$\text{Pengendapan} = \frac{T_h}{(T_h + T_v)} \times 100\% \tag{35}$$

$$\begin{aligned} \text{Pengendapan Kompartmen 1} &= \frac{196,07}{(196,07 + 42,99)} \times 100\% \\ &= 82,01 \text{ \%} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pengendapan Kompartmen 2} &= \frac{416,67}{(416,67 + 42,99)} \times 100\% \\ &= 90,64 \text{ \%} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pengendapan Kompartmen 3} &= \frac{637,25}{(637,25 + 42,99)} \times 100\% \\ &= 93,68 \text{ \%} \end{aligned}$$

4.10.4 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^[17]. Persentase padatan yang masuk akan berbeda setiap kompartmennya, maka waktu pengerukan masing-masing kompartmen juga akan berbeda sehingga waktu pengerukan terlihat seperti tabel 6.

Tabel 6. Waktu Pengerukan Kolam Pengendapan Lumpur

Kompartmen	Kapasitas Kompartment (m ³)	Volume Pengendapan (m ³ /hari)	Waktu Pengerukan (hari)
1	2598,75	0,999	650,33
2	2598,75	0,105	6.187,5
3	2598,75	0,037	17.559,12

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

1. Debit air yang masuk ke lokasi penambangan sebesar 1,4047 m³/detik,
2. Dimensi *sump* yang optimal untuk menampung debit air yang masuk pada *Pit Timur* yaitu dengan luas permukaan *sump* 129 m x 129 m, dasar *sump* 120 m x 120 m, kedalaman *sump* 7 m serta kapasitas tampung keseluruhan 108.643,5 m³.
3. Pompa yang digunakan adalah pompa sentrifugal *Sykes HH220i* dengan *head* pompa yang didapat sebesar 92 m, maka berdasarkan grafik pompa didapatkan debit pompa sebesar 230 liter/detik dengan putaran mesin 1800 rpm. Waktu pemompaan yang ditetapkan oleh perusahaan maksimal 18 jam per hari. Dengan debit air total yang masuk sebanyak 121.366,08 m³/hari, tambahan unit pompa yang dibutuhkan sebanyak 8 unit dengan spesifikasi yang sama.
4. Dimensi *settling pond* yang akan dibuat adalah sebagai berikut
 - 1) Lebar atas kolam = 40 m
 - 2) Lebar bawah kolam = 37 m
 - 3) Panjang atas kolam = 55 m
 - 4) Panjang bawah kolam = 52 m
 - 5) Lebar atas penyekat = 5 m
 - 6) Lebar bawah penyekat = 7 m
 - 7) Panjang atas penyekat = 50 m
 - 8) Panjang bawah penyekat = 50 m
 - 9) Banyak kompartmen = 3
 - 10) Lebar atas masing-masing kompartmen = 15 m
 - 11) Lebar bawah masing-masing kompartmen = 12m
 - 12) Banyak penyekat = 2
 - 13) Kedalaman kolam = 5
 - 14) Kapasitas seluruh kompartmen = 7.796,5 m³
 - 15) Kapasitas tiap kompartmen = 2.598,75 m³

5.2 Saran

1. 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
2. Perlunya perawatan pompa yang dilakukan secara berkala dan terjadwal untuk menghindari kerusakan pompa pada saat jam operasi
3. Dinding-dinding pada settling tersebut harus di *maintenance* dengan baik. Sehingga jika terjadi hujan tidak terjadi erosi atau pengikisan dinding-dinding *settling pond* yang membuat kekeruhannya tinggi. Kolam pengendap lumpur harus diperhatikan dan dilakukan pengerukan secara teratur agar dapat berfungsi dengan baik dan optimal

Daftar Pustaka

- [1] Bambang Triatmodjo. *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset (2008).
- [2] Rudi, Sayoga. *Sistem Penyaliran Tambang*. Jurusan Teknik Pertambangan FTM :ITB (1999).
- [3] Suyono Sosrodarsono dan Kensaku Takeda. "*Hidrologi Untuk Pengairan*". Jakarta: PT. Pradnya Paramita (1983).
- [4] Y K Suhendra dkk. *Kajian Teknis Sistem Penyaliran Tambang Terbuka di PT Megumy Inti Anugerah Kabupaten Berau Provinsi Kalimantan Timur*. Jurnal Teknologi Pertambangan, **1**, 1 (2015)
- [5] A . Muri Yusuf. *Metodologi Penelitian*. UNP Press: Padang (2005)
- [6] R Siahian dkk. *Evaluasi Teknis Sistem Penyaliran Tambang Studi Kasus: PT. Bara Energi Lestari Kabupaten Nagan Rysa Aceh*. Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Kebumihan, **1**, 1 (2017)
- [7] Tamrin, Kasim. *Bahan Kuliah Penyaliran Tambang*. Padang: Universitas Negeri Padang (2010)
- [8] M U Batubara dan U Saismana. *Kajian Teknis Sistem Penyaliran dan Penirisan Tambang Pit 4 PT Darma Henwa Site Asam-asam*. Jurnal Himasapta, **2**, 3 (2017)
- [9] Sularso, Tahara. *Pompa dan Kompresor*. Jakarta: Pradnya Paramita (2000)
- [10] K Yusran dkk. *Sistem Penyaliran Tambang PIT AB pada PT. Andalan Mining Jobsite Kaltim Prima Coal Sangatta Kalimantan Timur*. Jurnal Geomine, **3** (2015)
- [11] Diyah Ayu Purwaningsih dan Suhariyanto. *Kajian Dimensi Penyaliran Tambang Terbuka PT. Baturona Adimulya Kabupaten Musi Banyuasin Provinsi Sumatera Selatan*. Jurnal Geologi Pertambangan, **2** (2015)
- [12] Widodo, Lilik Eko. "*Hidrologi, Hidrogeologi serta Penyaliran Tambang*". Bandung: Lap ITB (2012).
- [13] Sita Dewi Prahastini dan Rudy Sayoga Gautama. *Perancang Aplikasi untuk Sistem Penyaliran pada Tambang Terbuka*. Jurnal Teknologi Mineral, **XIX**, 3 (2012)
- [14] Yuliantani Eka Putri. *Analisa Penyaliran Air Tambang Batu Kapur PT. Semen Baturaja (Persero) di Pabrik Baturaja*. Jurnal Desiminasi Teknologi, **2**, 1 (2014)
- [15] Endhrianto dan Ramli. *Perencanaan Sistem Penyaliran Tambang Terbuka*. Jurnal Penelitian Geosains, **09**, 01 (2013)
- [16] Bambang, S. *Perencanaan Drainase Tambang Terbuka*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta (1985)
- [17] Hartono. *Diktat Kuliah Sistem Penyaliran Tambang*. Yogyakarta: Universitas Pembangunan Nasional "veteran" Yogyakarta (2013)
- [18] Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 113 Tahun. "*Tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Usaha dan atau Kegiatan Pertambangan Batubara*" (2003)
- [19] Endra Setiawan dkk. *Kajian Teknis Sistem Penyaliran pada Tambang Batubara di Pt Small PT. Pipit Mutiara Jaya Site Berbatu Provinsi Kalimantan Utara*. Jurnal Teknologi Pertambangan, **1** 2 (2016)
- [20] Isnaeni dkk. *Kajian Teknis Dimensi Kolam Pengendapan di Settling Pond 71 C PT. Perkasa Inakakerta Kecamatan Bengalon Kabupaten Kutai Timur Provinsi Kalimantan Timur*. Jurnal Teknologi Pertambangan **1**, 2 (2016)