

# Evaluasi Kondisi Sistem Penyaliran Aktual Untuk Membuat Perencanaan Sistem Penyaliran Di Pit B Rawa Selatan Tambang Batubara PT. Mandala Karya Prima *Job Site* PT. Mandiri Inti Perkasa, Kalimantan Utara

Febrian<sup>1\*</sup>, and Murad MS<sup>1\*\*</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang

\*febrian\_rian28@yahoo.com

\*\*muradms@ft.unp.ac.id

**Abstract.** PT. Mandala Karya Prima (MKP) is a mining contractor who undertake mining activities in Pit B Rawa Selatan, District and Sub-District Sembakung Sesayap Hilir, Nunukan and Tana Tidung, North Kalimantan Province. Based on the analysis of rainfall data in 2008-2017, the planned rainfall was 95,403 mm / day. Research location, Pit B South Rawa PT. MKP, the actual condition in 2018 has 2 catchment areas with different areas, there is peat runoff water with a discharge of 184.000 m<sup>3</sup> / hour, there are 2 sumps namely temporary sump A5 and main sump A2. Recommended temporary dimensions of A5 sump with a maximum volume of 416.520 m<sup>3</sup>, elevation control on main sump with +16 water elevation, making an open channel in the North A5 Inpit Dump area. In 2019 the authors planned 4 catchment areas with different areas, there were 3 sumps, namely temporary sump A5, temporary sump A6 and main sump A2. The author plans elevation control with a water elevation of +16 in 2019 in the main sump A2 area, making 2 open channels namely in the higwall and lowwall mine areas. The pumping system was carried out using HDPE pipes and 10 pumps unit merk Multiflo 420 EXHV. Settling pond planned for 4 compartments with a capacity of each compartment of 1422,53 m<sup>3</sup>.

**Keywords:** Rainfall, Catchment Area, Sump, Open Channel, Settling Pond

## 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.

Dalam kegiatan penambangan batubara PT. Mandala Karya Prima menggunakan metode penambangan *open pit*. Metode *open pit* menyebabkan terbukanya cekungan yang luas sehingga sangat potensial untuk menjadi daerah tampungan air, baik yang berasal dari air limpasan permukaan maupun air tanah<sup>[1]</sup>. 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, ber lumpurnya *front* dan *hauling road* penambangan

yang berakibat terhentinya produksi untuk sementara waktu.

Pada daerah penelitian hampir sebagian besar wilayah tertutup oleh rawa. Kedalaman rawa rata-rata berkisar antara 4 hingga 15 meter. Rencana penambangan PT. MKP akan berlangsung pada wilayah rawa dan akan memotong lapisan akuifer yang ada di bawah permukaan<sup>[2]</sup>.

Kegiatan penambangan batubara memiliki risiko yang tinggi baik dari segi teknis maupun ekonomis, sehingga dibutuhkan suatu perencanaan tambang yang baik. Salah satu perencanaan yang dibutuhkan penambangan batubara adalah perencanaan sistem penyaliran tambang. Dengan adanya perencanaan sistem penyaliran tambang yang baik, perusahaan bisa mengoptimalkan produksi tanpa adanya genangan air pada *front* penambangan maupun di *hauling road*.

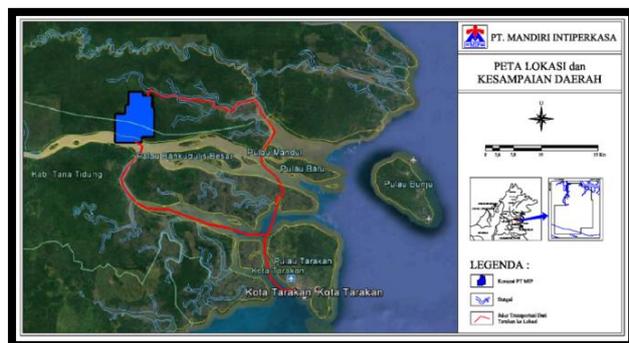
Berdasarkan pengamatan di lapangan terlihat adanya *catchment area* yang luas seiring kemajuan penambangan

yang mengakibatkan debit limpasan permukaan semakin besar, dengan nilai debit total tahun 2018 sebesar 36.845 m<sup>3</sup>/jam dan tahun 2019 sebesar 42.530 m<sup>3</sup>/jam. Selain debit air limpasan permukaan yang berasal dari *catchment area*, di lokasi penelitian juga terdapat debit air limpasan gambut yang terus mengalir ke *main sump*. Perhitungan debit air limpasan gambut ini dilakukan dengan metode *Average Cross Section*. Permasalahan lain yang dihadapi oleh perusahaan adalah air pada *temporary sump* meluap dan belum adanya *elevation control* pada *main sump*. *Main sump* pada daerah penelitian berada di lereng tambang, ini akan sangat berbahaya apabila tidak ada *elevation control* yang tepat pada *sump* tersebut dan dapat mengakibatkan proses penambangan akan berhenti beroperasi dalam waktu tertentu. Ini dikarenakan pada data curah hujan tahun 2017, curah hujan tertinggi di Pit B Rawa Selatan PT. Mandala Karya Prima adalah 83 mm/hari dengan kumulatif curah hujan mencapai 3387,49 mm/tahun dan hari hujan selama tahun 2017 adalah 229 hari (*Production Control Department*, PT. MKP), serta belum adanya perencanaan sistem penyaliran pada bukaan penambangan selanjutnya.

Berdasarkan uraian di atas, maka penulis mengangkat judul “Evaluasi Kondisi Sistem Penyaliran Aktual Untuk Membuat Perencanaan Sistem Penyaliran di Pit B Rawa Selatan Tambang Batubara PT. Mandala Karya Prima *Job Site* PT. Mandiri Inti Perkasa, Kalimantan Utara”. Sehingga dapat mengurangi dan mencegah terganggunya aktivitas penambangan serta mendukung perusahaan untuk dapat melakukan kegiatan penambangan selanjutnya.

## 2. Lokasi Penelitian

Lokasi wilayah PKP2B PT. Mandiri Inti Perkasa secara administratif terletak di Kecamatan Sembakung dan Sesayap Hilir, Kabupaten Nunukan dan Tana Tidung, Provinsi Kalimantan Utara. Secara geografis terletak antara 3° 43' 54,0" LU sampai 3° 37' 12,0" LU dan 117° 11' 0,0" BT sampai 117° 16' 6,0" BT<sup>[3]</sup>.



Gambar 1. Lokasi Kesempaan Daerah PT. MIP

## 3. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan di PT. Mandala Karya Prima Kalimantan Utara selama dua bulan yaitu pada tanggal 23 Februari 2018 – 24 April 2018.

### 3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan oleh penulis adalah penelitian terapan (*applied research*) dengan melakukan eksperimen yaitu menggabungkan teori dan data lapangan untuk pemecahan masalah. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan solusi atas permasalahan tertentu secara praktis. Penelitian ini berfokus kepada penerapan penelitian tersebut dalam kehidupan sehari-hari. Ciri utama dari penelitian ini adalah tingkat abstrak yang rendah dan manfaat atau dampaknya dapat dirasakan secara langsung. Kelebihan dari dapat digunakan dalam jangka pendek, praktis, tidak memakan waktu yang lama, serta dapat digunakan oleh para pelaku bisnis, kantor pemerintahan. Sedangkan kelemahannya adalah dapat berakibat fatal jika terjadi salah menginterpretasi, pembuat keputusan hanya mau tahu hasil akhirnya saja<sup>[4]</sup>.

### 3.2 Tahap Pengumpulan Data

Pada tahap ini dilakukan dengan mengumpulkan data primer yang diperoleh dari observasi lapangan seperti pengukuran debit pompa aktual, debit aktual air limpasan gambut, pengukuran elevasi air *sump*. Data sekunder yang diperoleh adalah data curah hujan, topografi, petas situasi tambang, data log bor, data TSS, dan pompa.

### 3.4 Tahap Analisis Data

Setelah data didapatkan maka selanjutnya adalah pengelompokan dan pengolahan data, dikarenakan penelitian terdiri dari beberapa variabel, maka data harus dikelompokkan sesuai dengan tahapan pengerjaan. Adapun yang dilakukan pada tahapan ini adalah:

1. Menghitung luas *catchment area* tahun 2018 dan 2019 dengan menggunakan *Software Surpac*.
2. Menghitung data curah hujan rencana dengan metode *Gumbel*.
3. Menghitung intensitas hujan dengan metode *Mononobe*.
4. Menghitung debit limpasan pada *catchment area* dengan metode rasional.
5. Menghitung debit aktual air limpasan gambut dengan metode *Average Cross Section*.
6. Menghitung debit aktual pompa dengan metode *Discharge*.
7. Menganalisis data log bor menggunakan *Software Minescape v4.118* dengan langkah-langkah sebagai berikut:
  - a. Menyusun log litologi dan koordinat titik pemboran berdasarkan data *logging*, untuk memperoleh profil/kolom masing-masing *borehole*.
  - b. Membuat zona lokasi log bor.
  - c. Menyusun konfigurasi sistem akuifer baik akuifer primer, sekunder dan akuitar.
  - d. Menentukan arah lapisan akuifer.
  - e. Membuat korelasi litologi antar profil/kolom masing-masing *bore hole*, untuk memperoleh penampang geologi 2D.

- f. Menghubungkan penampang 2D akuifer yang memotong topografi, untuk mendapatkan dimensi dari akuifer.
  - g. Menentukan dimensi akuifer dari hubungan penampang 2D.
  - h. Menggabungkan penampang geologi dan sayatan *pit* tahun 2018 dan 2019, untuk mengetahui posisi, gradien hidrolik masing-masing akuifer.
  - i. Menentukan parameter fisik akuifer seperti konduktivitas hidrolik (K) berdasarkan referensi.
8. Menghitung debit air tanah tahun 2018 dan 2019 berdasarkan konfigurasi sistem akuifer.
  9. Menghitung debit total yang masuk ke tambang tahun 2018 dan 2019.
  10. Menganalisis kondisi aktual sistem penyaliran tambang pada tahun 2018.
  11. Menganalisis dan mengevaluasi kondisi aktual yaitu jumlah pompa, panjang pipa, *head* total yang harus diatasi pompa, dimensi *temporary sump*, *main sump* tahun 2018.
  12. Membuat perencanaan sistem penyaliran tambang pada tahun 2019 yaitu jumlah pompa, panjang pipa, *head* total yang harus diatasi pompa dan debit pemompaan pada masing-masing *sump* rancangan.
  13. Menghitung volume *temporary sump* dan *main sump* tahun 2018 menggunakan *software Surpac 6.5.1*.
  14. Menghitung dimensi aktual rekomendasi *temporary sump* pada tahun 2018 dan rancangan tahun 2019.
  15. Menghitung nilai *elevation control* yang aman pada *main sump* tahun 2018 dan 2019 menggunakan *software Surpac 6.5.1*.
  16. Menghitung besar dimensi rekomendasi saluran terbuka tahun 2018 dan rancangan tahun 2019 menggunakan metode *Manning*.
  17. Menghitung besar dimensi *settling pond* rancangan tahun 2019.

## 4. Hasil dan Pembahasan

Untuk memperoleh data evaluasi kondisi aktual dan perencanaan sistem penyaliran yang ideal, maka harus diperhatikan terlebih dahulu yang berhubungan seperti luas *catchment area*, debit air limpasan permukaan, air tanah, *sump*, saluran terbuka dan kolam pengendapan.

### 4.1 Daerah Tangkapan Hujan

Luas *catchment area* pada penelitian ini menggunakan bantuan *software Surpac 6.5.1* yang berdasarkan peta topografi daerah yang akan diteliti yaitu Pit B Rawa Selatan PT. MKP. Hasil dari penentuan luas *catchment area* Pit B Rawa Selatan PT. MKP tahun 2018 dan 2019 dapat dilihat pada Tabel 1<sup>[5]</sup>.

**Tabel 1.** Luas *Catchment Area* Tahun 2018 dan 2019

Rencana Tambang Tahun	Catchment Area	Luas (m <sup>2</sup> )	Luas (Ha)
2018	CA 1	2.923.478	292,35
	CA 2	474.429	47,44
2019	CA 1	2.155.019	215,50
	CA 2	474.429	47,44
	CA 3	2.679.254	267,93
	CA 4 ( <i>Open Channel</i> )	2.652.369	265,24

### 4.2 Nilai Koefisien Limpasan (C)

Nilai koefisien limpasan (C) dipengaruhi oleh tata guna lahan, tutupan tanah kemiringan, intensitas dan lama hujan. Dari pengamatan di lapangan dengan mengacu nilai koefisien limpasan diperoleh nilai untuk masing-masing *catchment area* dapat dilihat pada Tabel 2<sup>[6]</sup>.

**Tabel 2.** Nilai Koefisien Limpasan

Tahun	Catchment Area	Koefisien Limpasan	Kemiringan	Tata Guna Lahan
2018	CA 1	0,9	15%	Tanpa tumbuhan, daerah tambang
	CA 2	0,9	15%	Tanpa tumbuhan, daerah tambang
2019	CA 1	0,9	15%	Tanpa tumbuhan, daerah tambang
	CA 2	0,9	15%	Tanpa tumbuhan, daerah tambang
	CA 3	0,9	15%	Tanpa tumbuhan, daerah tambang
	CA 4 ( <i>Open Channel</i> )	0,7	3-15%	Tanpa tumbuhan, daerah tambang

### 4.3 Curah Hujan dan Intensitas Hujan Rencana

Data curah hujan yang digunakan dalam perhitungan curah hujan rencana adalah dari tahun 2008-2017, dapat dilihat pada Tabel 3. Periode ulang yang di pakai adalah 2 tahun. Berdasarkan hasil perhitungan, didapatkan curah hujan rencana sebesar 95,403 mm/hari. Intensitas curah hujan dimasing-masing *catchment area* dapat dilihat pada Tabel 4<sup>[7,8,9]</sup>.

**Tabel 3.** Curah Hujan Harian Maksimum 2008, 2019

Tahun	Bulan												Max (mm)
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agus	Sep	Okt	Nov	Des	
2008	45,1	81,5	57,1	72,0	45,7	67,7	75,8	40,7	45,3	26,1	40,8	50,1	81,5
2009	53,8	15,9	36,5	44,3	60,3	38,6	57,6	71,6	109,3	59,2	56,3	44,9	109,3
2010	45,4	36,2	21,8	144,3	99,7	97,9	57,6	47,4	44,4	101,4	53,6	38,6	144,2
2011	64,2	45,6	39,0	11,3	52,4	50,7	52,0	45,3	70,8	29,3	46,9	28,5	70,8
2012	31,0	55,6	52,9	32,7	29,3	46,9	28,5	58,7	30,5	52,0	45,0	56,0	62,9
2013	109,0	104,5	46,5	72,0	47,0	67,0	150,0	150,0	55,0	63,0	74,0	72,0	150,0
2014	57,0	40,5	92,5	41,0	26,0	54,0	70,0	81,5	66,0	63,0	96,0	78,0	96,0
2015	103,0	18,0	54,0	50,0	68,0	85,0	51,0	43,0	35,0	77,0	26,0	75,0	103,0
2016	17,5	30,5	45,0	33,5	45,0	60,0	65,0	76,0	71,0	79,8	77,5	90,5	90,5
2017	71,0	67,5	55,5	78,0	82,0	71,0	83,0	51,0	47,5	33,0	32,0	54,0	83,0
Jumlah Curah Hujan Harian Maksimum Rata-rata													99,115

**Tabel 4.** Intensitas Hujan 2018 dan 2019

Tahun	Keterangan	Xt (mm)	Tc (jam)	Intensitas Hujan (mm/jam)
2018	CA 1	95,403	7,78	8,36
	CA 2		9,48	7,34
2019	CA 1		10,50	6,86
	CA 2		9,48	7,34
	CA 3		10,99	6,66
	CA 4		15,13	5,39

### 4.4 Debit Air Limpasan dari *Catchment Area*

Debit air limpasan dapat ditentukan setelah diketahui luas masing-masing daerah tangkapan hujan (*catchment area*), nilai intensitas curah hujan dan nilai koefisien limpasan. Untuk menghitung debit air limpasan dapat digunakan metode rasional sebagai berikut<sup>[10,11]</sup>:

$$Q = 0,00278 \times C \times I \times A \quad (1)$$

Keterangan:

- Q = Debit air, m<sup>3</sup>/detik
- C = Koefisien limpasan
- I = Intensitas curah hujan, mm/jam

A = Luas daerah tangkapan hujan, Ha

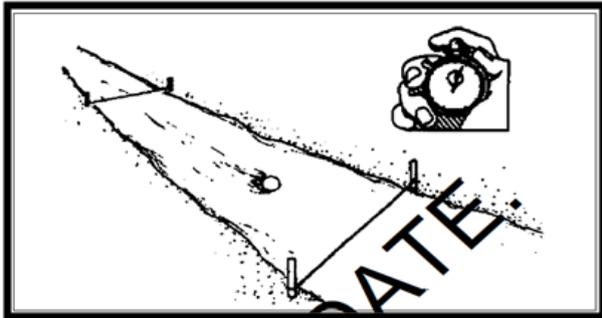
Perhitungan debit air limpasan dari *catchment area* dapat dilihat pada Tabel 5.

**Tabel 5.** Debit Air Limpasan Tahun 2018 dan 2019

Tahun	Catchment Area	Koefisien Limpasan (C)	Luas (Ha)	Intensitas (mm/jam)	Debit (Q) (m <sup>3</sup> /detik)	Debit (Q) (m <sup>3</sup> /jam)
2018	CA 1	0,9	292,35	8,36	6,12	22.016
	CA 2	0,9	47,44	7,34	0,87	3.135
2019	CA 1	0,9	215,50	6,86	3,70	13.315
	CA 2	0,9	47,44	7,34	0,87	3.135
	CA 3	0,9	267,93	6,66	4,46	16.066
	CA 4	0,7	265,24	5,39	2,78	10.014

### 4.3 Debit Air Limpasan Gambut

Debit air limpasan gambut adalah air yang berasal dari air hujan dan air rawa gambut yang tidak terjadi infiltrasi dengan baik. Perhitungan debit air limpasan gambut dilakukan berdasarkan pada pengamatan kondisi lapangan dengan menggunakan metode *Average Cross Section*. Metode ini dipilih karena sesuai dengan kondisi di lapangan yang memiliki dimensi pada saluran air limpasan gambut. Dengan adanya dimensi pada saluran air limpasan gambut memudahkan untuk menghitung debit aktual dan kecepatan aliran air tersebut. Dari hasil perhitungan debit air limpasan gambut dengan metode *Average Cross Section* di dapat debit aktual air limpasan gambut total adalah 184.000 m<sup>3</sup>/jam. Metode dan kondisi aktual saluran air limpasan gambut dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2<sup>[12]</sup>.



**Gambar 1.** Metode *Average Cross Section*



**Gambar 2.** Kondisi Aktual Saluran Limpasan Gambut  
 $Q_{gambut} = Area \times Velocity \times Roughness\ Factor$  (2)

$$Area = \frac{(Lebar\ Atas + Lebar\ Bawah)}{2} \times Ketinggian$$

$$Velocity = \frac{Jarak}{Waktu}$$

Roughness Factor = 0,8

$$Area = \frac{(1,4\ m + 1,2\ m)}{2} \times 0,115\ m = 0,1495\ m^2$$

$$Velocity = \frac{5\ m}{11,7\ detik} = 0,43\ m/detik$$

Jadi, debit aktual air limpasan gambut adalah:

$$\begin{aligned} Q_{gambut} &= 0,1495\ m^2 \times 0,43\ m/detik \times 0,8 \\ &= 0,051\ m^3/detik \\ &= 184\ m^3/Jam \\ &= 51\ L/detik \\ &= 184.000\ L/jam \end{aligned}$$

### 4.4 Debit Air Tanah

Debit air tanah yang dihitung hanya fokus pada akuifer primer berupa litologi batupasir/*sandstone*, sebab akuifer primer ini memberikan rembesan air tanah yang berarti. Penentuan debit air tanah dapat dicari dengan rumus *Darcy* sebagai berikut<sup>[13,14]</sup>:

$$Q = K \times I \times A \quad (3)$$

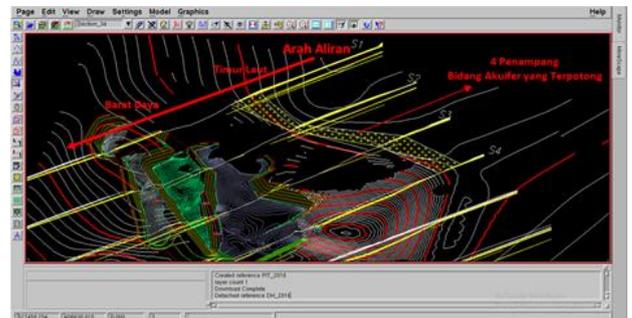
Keterangan:

- Q = Debit, m<sup>3</sup>/detik
- K = Konduktivitas Hidrolik, m/detik
- I = Gradien Hidrolik (dh/dl)
- A = Luas penampang akuifer, m<sup>2</sup>

Perhitungan air tanah penampang 1 dan 2 akuifer 1:

$$\begin{aligned} Q &= K \times I \times A \\ &= 0,000001\ m/detik \times 0,176366843 \times 57,7\ m^2 \\ &= 0,0000101764\ m^3/detik \\ &= 0,0000102\ m^3/detik \times 3600 \\ &= 0,0366\ m^3/jam \end{aligned}$$

Berdasarkan arah kemiringan akuifer pada maka dibuat penampang geologi 2D yang searah dengan arah kemiringan akuifer. Setelah itu, dilakukan korelasi antara bidang *roof* dan *floor* akuifer yang terpotong topografi untuk mengidentifikasi dimensi akuifer yang berpotensi mengalirkan air tanah ke permukaan Gambar 3<sup>[15,16,17]</sup>.



**Gambar3.** Interpretasi Akuifer yang Terpotong Topografi

Hasil perhitungan berikutnya dapat dilihat pada Tabel 6.

**Tabel 6.** Debit Air Tanah Masing-masing Akuifer

Tahun	Penampang Akuifer	Nama Akuifer	K (m/detik)	Gradien (I)	A (m <sup>2</sup> )	Q (m <sup>3</sup> /detik)	Q (m <sup>3</sup> /jam)
2018	1 dan 2	Akuifer 1	0,000001	0,03630000	3566,03	0,000129	0,466008
	2 dan 3	Akuifer 2	0,000001	0,04160000	4854,81	0,000202	0,727056
	3 dan 4	Akuifer 3	0,000001	0,08960000	4257,19	0,000381	1,373200

#### 4.5 Debit Air Total

Debit air total adalah debit air permukaan ditambah dengan debit air tanah. Debit air permukaan yang dimaksud pada daerah penelitian ini adalah air yang berasal dari daerah tangkapan hujan (*catchment area*) dan air limpasan gambut.

$$Q_{total} = Q_{limpasan\ ca} + Q_{gambut} + Q_{Air\ Tanah} \quad (4)$$

$$Q_{total} = 0,74 + 0,051 + 0,0002965 = 0,84 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$Q_{total} = 0,84 \text{ m}^3/\text{detik} \times 3600\text{detik} = 3.029 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Perhitungan debit air total selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 7.

**Tabel 7.** Debit Air Total Tahun 2018 dan 2019

Tahun	Catchment Area	Debit Air Permukaan (m <sup>3</sup> /detik)	Debit Air Limpasan Gambut (m <sup>3</sup> /detik)	Debit Air Tanah (m <sup>3</sup> /detik)	Debit Air Total (m <sup>3</sup> /detik)	Debit Air Total (m <sup>3</sup> /jam)
2018	CA 1	6,12	-	0,000713	6,12	22018,23
	CA 2	0,87	0,051	-	0,92	3318,79
2019	CA 1	3,70	-	-	3,70	13315,07
	CA 2	0,87	0,051	-	0,92	3318,79
	CA 3	4,46	-	-	4,46	16065,68

#### 4.6 Kondisi Aktual Sistem Penyaliran Tambang pada Tahun 2018

##### 4.6.1 Ketersediaan Pompa dan Pipa

PT. MKP memiliki 16 unit pompa Tabel 8. Pada saat melakukan penelitian, pompa yang *running* 4 pompa. Dari 4 pompa yang *running*, penulis mengambil data 1 unit pompa MULTIFLO 420 EXHV dengan lokasi yang berbeda yaitu pompa No unit 7107 pada *Temporary Sump A5* dan *Main Sump A2*<sup>[18]</sup>.

**Tabel 8.** Ketersediaan Pompa PT. MKP

No	Jenis Pompa	No Unit	Ket
1	Multiflo 420 EXHV	7111	Standby
2	Multiflo 420 EXHV	7110	Standby
3	Multiflo 420 EXHV	7109	Standby
4	Multiflo 420 EXHV	7108	Standby
5	Multiflo 420 EXHV	7107	Ready
6	Multiflo 420 EXHV	7106	Standby
7	Multiflo 420 EXHV	7105	Standby
8	Multiflo 420 EXHV	7114	Standby
9	Multiflo 420 EXHV	7103	Standby
10	Multiflo 420 EXHV	7102	Standby
11	Volvo KSB LCC-H 200-610	772	Ready
12	Volvo KSB LCC-H 200-610	771	Ready
13	Sykes HH 150 SS	729	Standby
14	Sykes HH 150 SS	728	Standby
15	Sykes HH 150 SS	719	Standby
16	Sykes HH 150 SS	718	Standby

Keterangan ■: Pompa yang diukur debit aktualnya

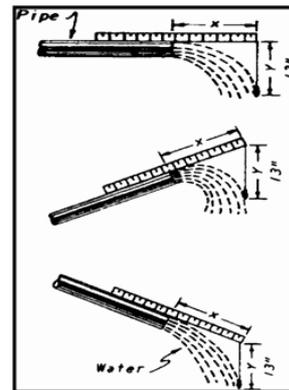
Pipa yang dipakai di PT. MKP adalah jenis HDPE (*High Density Poly Ethelene*) PE 100 PN 16. Pengamatan di lapangan dapat dilihat pada Tabel 8<sup>[19]</sup>.

**Tabel 8.** Hasil Pengamatan Pipa di Lapangan

Tahun	Posisi Pompa	Jenis Pompa	No Unit	Inlet (Inci)	Outlet (Inci)	Panjang Pipa (m)
2018	Temporary Sump A5	MF 420	7107	16	12	517
	Main Sump A2	MF 420	7107	16	14	1704

##### 4.6.2 Perhitungan Debit Aktual Pompa

Pada penelitian ini perhitungan debit aktual pompa menggunakan metode *Discharge from a Pipe*. Metode ini mengacu kepada panjang limpasan air yang keluar di outlet pipa. Perhitungan debit aktual pompa menggunakan metode *Discharge from a Pipe* dapat dilihat pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Metode *Discharge from a Pipe*

Rumus perhitungan debit aktual pompa dengan metode *Discharge from a Pipe*.

$$Q = (3,61 A X) / \sqrt{Y} \quad (5)$$

Perhitungan luas penampang pipa:

$$A = \frac{1}{4} \pi D^2 \quad (6)$$

Keterangan:

Q = Debit pompa (m<sup>3</sup>/jam)

A = Luas penampang pipa (m<sup>2</sup>)/(inci)

X = Jarak limpasan air, outlet pipa (cm)/(inci)

$\sqrt{Y}$  =  $\sqrt{13}$

D = Diameter dalam pipa (m)/(inci)

Perhitungan kecepatan aliran dalam pipa dapat dicari dengan rumus:

$$V = Q/A \quad (7)$$

Keterangan:

V = Kecepatan aliran dalam pipa (m/detik)

Q = Debit pompa (m<sup>3</sup>/detik)

A = Luas penampang pipa (m<sup>2</sup>)

Perhitungan debit aktual pompa MULTIFLOW 420 EXHV No unit 7107 pada *Main Sump A2*. Rincian yang di pakai adalah pipa inlet HDPE 16 inci dengan (D luar 0,400 m D dalam 0,363 m) dan pipa outlet HDPE 14 inci dengan (D luar 0,355 m D dalam 0,322 m). Aktual di lapangan outlet pipa D dalam 0,30 m.

$$A = 0,071 \text{ m}^2 \text{ atau } 109,51 \text{ inci}^2$$

X = 105 cm atau 41 inci  
 Y = 33 cm atau 13 inci

Jadi data tersebut dapat di masukan dengan rumus:

$$Q = (3,61 AX) / \sqrt{Y}$$

$$= (3,61 \times 109,51 \times 41) / \sqrt{13}$$

$$= 4.536 \text{ gall/menit}$$

$$= 75,6 \text{ gall/detik}$$

$$= 286,5 \text{ L/ detik}$$

$$= 1031 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 0,287 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$V = Q/A$$

$$= 0,287 \text{ m}^3/\text{detik} / 0,071 \text{ m}^2$$

$$= 4,06 \text{ m/detik}$$



Gambar 5. Pengambilan Data Debit Aktual Pompa MF420 No Unit 7107 Main Sump A2

Hasil perhitungan debit aktual pompa selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 9<sup>[20]</sup>.

Tabel 9. Hasil Pengambilan Data Debit Aktual Pompa

Tahun	Posisi Pompa	Jenis Pompa	Head Total (m)	Q pompa		RPM	Efisiensi Pompa
				(m <sup>3</sup> /detik)	(m <sup>3</sup> /jam)		
2018	Temporary Sump A5	MF 420	62,45	0,31	1098,15	1165	< 60%
	Main Sump A2	MF 420	109,62	0,29	1031,47	1315	68%

#### 4.6.3 Temporary Sump

Kondisi aktual *temporary sump* tidak mampu menampung volume air yang masuk ke *sump* dapat dilihat pada Gambar 6, maka dari itu diperlukan rekomendasi dimensi *temporary sump* yang baru<sup>[21,22]</sup>.



Gambar 6. Kondisi Aktual Temporary Sump Meluap

#### 4.6.4 Main Sump

Debit air yang masuk pada *main sump* terdiri dari debit air limpasan yang berasal dari daerah tangkapan hujan, debit air limpasan gambut dan debit air pemompaan *temporary sump*<sup>[23]</sup>.

Pada daerah penelitian Pit B Rawa Selatan memiliki *main sump* yang terletak pada lereng tambang dan hanya memiliki 1 pompa Multiflo 420 EXHV yang ready di lokasi *sump* tersebut. Kondisi ini sangat membahayakan lokasi penambangan. Karena apabila *main sump* meluap, akan mengakibatkan air yang ada di *main sump* menggenangi *floor* tambang. Ini akan berdampak produksi terhenti total karena *floor* tambang tergenang air dan merugikan perusahaan. Apabila tidak adanya *elevation control* pada *main sump*, pengawas lapangan tidak dapat melihat batas aman air yang berada di *main sump* pada kondisi cuaca terburuk. Kondisi aktual *main sump* dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Kondisi Aktual Main Sump

### 4.7 Evaluasi Kondisi Aktual Sistem Penyaliran Tambang pada Tahun 2018

#### 4.7.1 Rekomendasi Dimensi Temporary Sump

Volume *sump* yang harus dibuat adalah selisih antara volume air total yang masuk dan volume pemompaan<sup>[24]</sup>.

$$V_{sump} = \text{Volume air total} - \text{Volume pemompaan}$$

$$= 506.427 \text{ m}^3/\text{hari} - 96.624 \text{ m}^3/\text{hari}$$

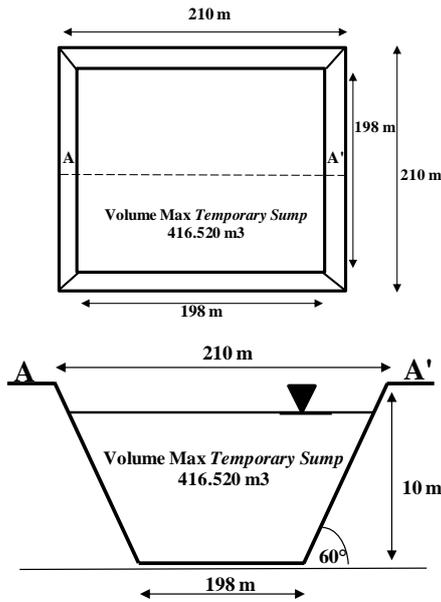
$$= 409.803 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Volume maksimal yang dapat ditampung oleh *sump* dengan dimensi di atas adalah:

$$V = \left( \frac{\text{Luas Atas} + \text{Luas Bawah}}{2} \right) \times \text{kedalaman}$$

$$V = \left[ \frac{(210 \text{ m} \times 210 \text{ m}) + (198 \text{ m} \times 198 \text{ m})}{2} \right] \times 10 \text{ m}$$

$$V = 416.520 \text{ m}^3$$



**Gambar 8.** Bentuk dan Dimensi *Temporary Sump*

#### 4.7.2 Rekomendasi *Elevation Control* pada *Main Sump*

- 1) *Elevation control* +23,9 menggunakan 1 pompa (kondisi aktual)

Dalam menentukan *elevation control* perlu mengetahui volume air yang tertampung di *sump* dengan elevasi air tertentu dengan menggunakan *software surpac 6.5.1*. Pada kondisi aktual *main sump*, elevasi air sebesar +23,9 dengan volume air 254.663 m<sup>3</sup> dan elevasi *roof main sump* di elevasi +27 dengan volume *sump* 363.155 m<sup>3</sup>. *Elevation control* dilakukan dengan asumsi debit yang masuk ke *main sump* dengan durasi 1 jam sampai 23 jam. Intensitas hujan yang digunakan dengan waktu konsentrasi (tc) pada daerah *catchment area 2* sebesar 7,34 mm/jam dan waktu pemompaan 1 jam sampai 23 jam. Debit pemompaan *main sump A2* menggunakan 1 pompa Multiflo 420 EXHV sebesar 1.031 m<sup>3</sup>/jam. Penentuan *elevation control* juga harus mengetahui sumber debit aktual yang masuk ke *main sump* yaitu debit air limpasan dari *catchment area 2* (CA 2), debit air limpasan gambut dan debit pemompaan *temporary sump A5*. Perhitungan *elevation control* dapat dilihat di bawah ini:

$$\begin{aligned} \text{Volume sisa sump} &= \text{Volume sump} - \text{volume air} \\ &= 363.155 \text{ m}^3 - 254.663 \text{ m}^3 \\ &= 108.452 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Perhitungan di bawah ini dengan asumsi debit yang masuk dengan durasi 23 jam. Perhitungan *elevation control* aktual 1 pompa dengan elevasi air +23,9 dan durasi 1 jam sampai 23 jam dapat dilihat pada.

$$\begin{aligned} Q_{\text{total masuk ke sump}} &= Q_{\text{limp CA 2}} + Q_{\text{limp gambut}} + Q_{\text{pemompn A5}} \\ &= (3.135 + 4.232 + 1.098) \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 8.465 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

$$V_{\text{total masuk ke sump}} = Q_{\text{total yang masuk ke sump}} \times \text{Durasi hujan}$$

$$\begin{aligned} &= 8.465 \text{ m}^3/\text{jam} \times 23 \text{ jam} \\ &= 194.693 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

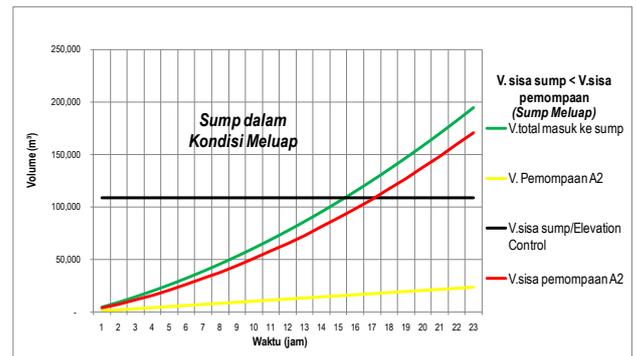
$$V_{\text{pemompaan A2}} = Q_{\text{pemompaan A2}} \times \text{Waktu pemompaan}$$

$$\begin{aligned} &= 1031 \text{ m}^3/\text{jam} \times 23 \text{ jam} \\ &= 23.724 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$V_{\text{sisa pemompaan A2}} = V_{\text{total masuk ke sump}} - V_{\text{pemompaan A2}}$$

$$\begin{aligned} &= 194.693 \text{ m}^3 - 23.724 \text{ m}^3 \\ &= 170.970 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Volume sisa pemompaan A2 adalah volume yang tersisa akibat pemompaan *main sump A2* dan volume sisa ini yang akan tertampung di *sump*. Hasil dari perhitungan di atas volume sisa *sump* sebesar 108.452 m<sup>3</sup> dan volume sisa pemompaan A2 sebesar 170.970 m<sup>3</sup>. Konsep dari *elevation control* adalah apabila volume sisa *sump* lebih kecil dari pada volume sisa pemompaan A2 maka *sump* dalam kondisi meluap. Grafik dari perhitungan *elevation control* dapat dilihat di bawah ini:



**Gambar 9.** Grafik *Elevation Control* Aktual dengan 1 Pompa

- 2) *Elevation control* +16 menggunakan 3 pompa (Rekomendasi)

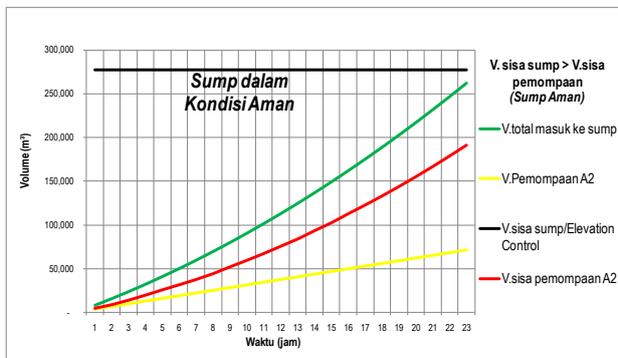
Rekomendasi elevasi air pada *main sump* sebesar +16 dengan volume air 85.646 m<sup>3</sup> dan elevasi *roof main sump* di elevasi +27 dengan volume *sump* 363.155 m<sup>3</sup>. *Elevation control* dilakukan dengan asumsi debit yang masuk ke *main sump* dengan durasi 1 jam sampai 23 jam. Intensitas hujan yang digunakan dengan waktu konsentrasi (tc) pada daerah *catchment area 2* sebesar 7,34 mm/jam dan waktu pemompaan 1 jam sampai 23 jam. Debit total pemompaan rekomendasi *main sump A2* menggunakan 3 pompa Multiflo 420 EXHV sebesar 3.094 m<sup>3</sup>/jam. *Elevation control* harus mengetahui sumber debit aktual yang masuk ke *main sump* yaitu debit air limpasan *catchment area 2* (CA 2), debit limpasan gambut, debit pemompaan *temporary sump A5*.

$$\begin{aligned} \text{Volume sisa sump} &= \text{Volume sump} - \text{volume air} \\ &= 363.155 \text{ m}^3 - 85.646 \text{ m}^3 \\ &= 277.509 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Perhitungan di bawah ini dengan asumsi debit yang masuk ke *main sump* dengan durasi 23 jam. Perhitungan *elevation control* rekomendasi 3 pompa dengan elevasi air +16 dan durasi 1 jam sampai 23 jam dapat dilihat pada.

- Qtotal masuk ke *sump* = 11.399 m<sup>3</sup>/jam
- Vtotal masuk ke *sump* = 262.172 m<sup>3</sup>
- Vpompaan A2 = 71.171 m<sup>3</sup>
- Vsisa pemompaan A2 = 191.001 m<sup>3</sup>

Volume sisa pemompaan A2 adalah volume yang tersisa akibat pemompaan *main sump* A2 dan volume sisa ini yang akan tertampung di *sump*. Hasil dari perhitungan di atas volume sisa *sump* sebesar 277.469 m<sup>3</sup> dan volume sisa pemompaan A2 sebesar 191.001 m<sup>3</sup>. Konsep dari *elevation control* adalah apabila volume sisa *sump* lebih besar dari pada volume sisa pemompaan A2 maka *sump* tersebut dalam kondisi aman. Grafik dari perhitungan *elevation control* dapat dilihat di bawah ini:



**Gambar 10.** Grafik *Elevation Control* Rekomendasi dengan 3 Pompa

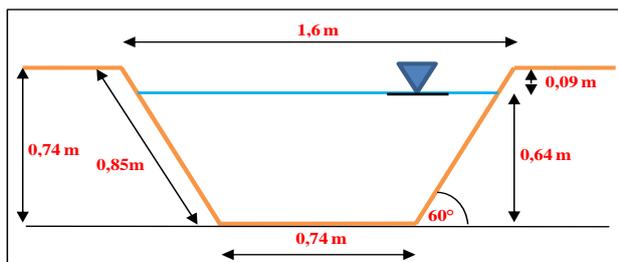
#### 4.7.3 Rekomendasi Saluran Terbuka

Rekomendasi saluran terbuka pada penelitian ini menggunakan rumus *Manning*<sup>[25,26]</sup>.

$$Q = 1/n \cdot A \cdot S^{1/2} \cdot R^{2/3} \quad (8)$$

Keterangan:

- Q = Debit yang dialirkan (m<sup>3</sup>/detik)
- n = Koefisien kekasaran *Manning*
- A = Luas penampang basah saluran (m<sup>2</sup>)
- S = Kemiringan dasar saluran (%)
- R = Jari-jari hidrolis (A/P)



**Gambar 11.** Dimensi Saluran Terbuka Menggunakan 3 Pompa Tahun 2018

Rekomendasi rancangan saluran terbuka (*open channel*) akan dibuat pada area *Inpit Dump* A5 Utara

dengan panjang saluran terbuka (*open channel*) ± 704 m. Elevasi pada *inlet* saluran +64 dan elevasi *outlet* +62, harus adanya peninggian pada lokasi pembuatan saluran terbuka yaitu di *Inpit Dump* A5 Utara. *Outlet* saluran terbuka ini yaitu ke area *sump Inpit Dump* A5 Utara yang dapat dilihat pada Gambar 12.



**Gambar 12.** Rekomendasi Lokasi Pembuatan Saluran Terbuka di Area *Inpit Dump* A5 Utara Tahun 2018

### 4.8 Perencanaan Sistem Penyaliran Tambang Tahun 2019 dengan Mempertimbangkan Hasil Evaluasi Sistem penyaliran Tahun 2018

#### 4.8.1 Perencanaan Pemompaan dan Pemipaan

Pompa yang rencanakan pada tahun 2019 berjumlah 10 unit Multiflo 420 EXHV. Dapat dilihat pada Tabel 10.

**Tabel 10.** Posisi dan Jumlah Pompa pada Tahun 2019

Tahun	Posisi Pompa	Jenis Pompa	Jumlah Unit
2019	Temporary Sump A5	Multiflo 420 EXHV	4
	Temporary Sump A6	Multiflo 420 EXHV	3
	Main Sump A2	Multiflo 420 EXHV	3

Jenis pipa yang direncanakan adalah HDPE (*High Density Poly Ethnyl*) yaitu PE 100 PN 16 dengan diameter 16 inci untuk sisi *inlet*, dan 14 inci untuk *outlet*. Rencana posisi dan panjang pipa dapat dilihat pada Tabel 11<sup>[27,28]</sup>.

**Tabel 11.** Posisi dan Panjang Pipa pada Tahun 2019

Tahun	Posisi Pompa	Jenis Pompa	Panjang Pipa (m)
2019	Temporary Sump A5	Multiflo 420 EXHV	531
	Temporary Sump A6	Multiflo 420 EXHV	800
	Main Sump A2	Multiflo 420 EXHV	1000

#### 4.8.2 Perencanaan Sump

Pada perencanaan *sump* tahun 2019 akan membahas dimensi *sump* pada jenis *temporary sump* A5 dan A6, sedangkan pada *main sump* A2 membahas tentang *elevation control*.

- 1) Penentuan Volume *Temporary Sump* A5 dan A6

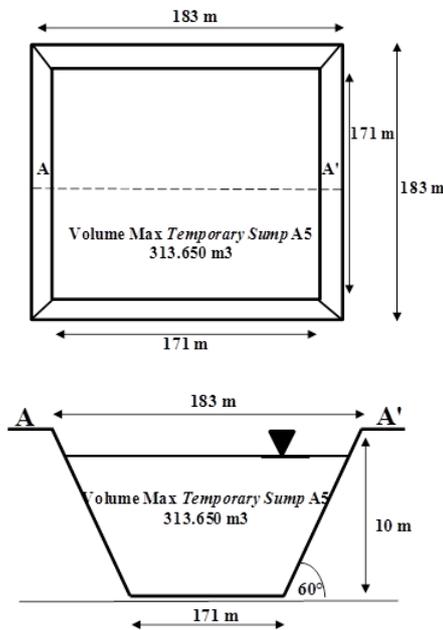
**Tabel 12.** Volume *Temporary Sump* Tahun 2019

Tahun	Jenis Sump	Debit Air Permukaan (m <sup>3</sup> /jam)	Debit Air Tanah (m <sup>3</sup> /jam)	Debit Pemompaan (m <sup>3</sup> /jam)	Volume Air Total (m <sup>3</sup> /hari)	Volume Pemompaan (m <sup>3</sup> /hari)	Volume Sump (m <sup>3</sup> )
2019	Temporary Sump A5	16.066	2,57	2.592	369.570	57.024	312.546
	Temporary Sump A6	13.315	-	2.538	306.247	10.152	296.095

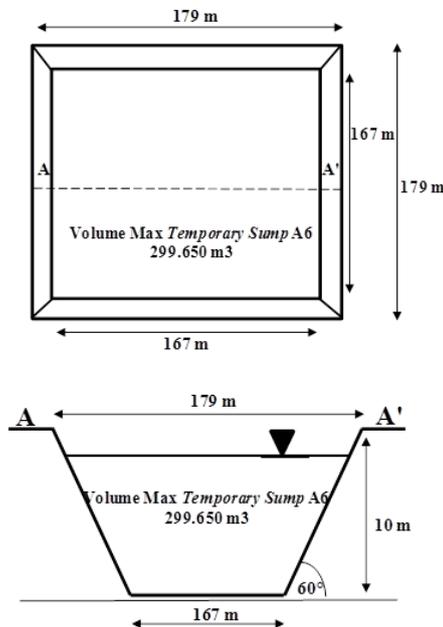
2) Penentuan Dimensi *Temporary Sump* A5 dan A6

**Tabel 13.** Dimensi *Temporary Sump* Tahun 2019

Tahun	Jenis Sump	Kedalaman (m)	Kemiringan (°)	P atas (m)	L atas (m)	P bawah (m)	L bawah (m)	Volume (m <sup>3</sup> )
2019	Temporary Sump A5	10	60	183	183	171	171	313.650
	Temporary Sump A6	10	60	179	179	167	167	299.650



**Gambar 13.** Bentuk dan Dimensi *Temporary Sump* A5

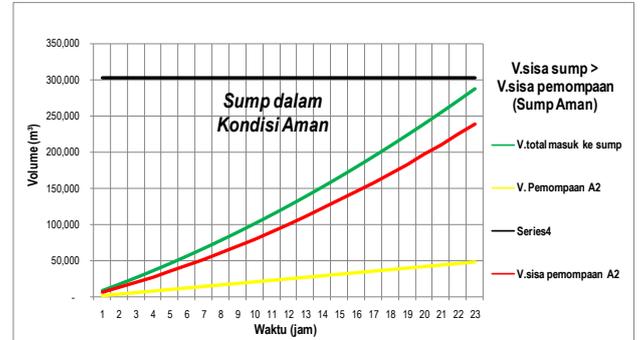


**Gambar 14.** Bentuk dan Dimensi *Temporary Sump* A6

3) Perencanaan *Elevation Control* pada *Main Sump* A2 Tahun 2019

*Elevation control* merupakan sebuah cara untuk mengontrol elevasi atau ketinggian air yang ada pada *sump*. Perencanaan *elevation control* pada *main sump* tahun 2019, berpatokan kepada hasil data evaluasi kondisi aktual *main sump* pada tahun 2018.

Perencanaan elevasi air pada *main sump* sebesar +14 dengan volume air 61.058 m<sup>3</sup> dan elevasi *roof main sump* di elevasi +27 dengan volume *sump* 363.155 m<sup>3</sup>. Hasil dari perhitungan volume sisa *sump* sebesar 302.097 m<sup>3</sup> dan volume sisa pemompaan A2 sebesar 238.864 m<sup>3</sup>. Grafik dari perhitungan *elevation control* dapat dilihat di bawah ini:



**Gambar 15.** Grafik *Elevation Control* Rencana dengan 3 Pompa Tahun 2019

4.8.3 Perencanaan Saluran Terbuka

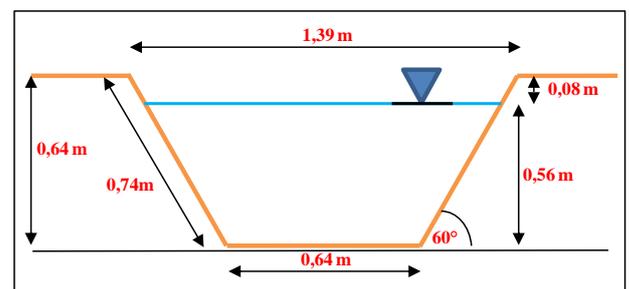
Hasil perhitungan perencanaan dimensi saluran terbuka (*open channel*) lainnya pada tahun 2019 dapat dilihat pada Tabel 14<sup>[29]</sup>.

**Tabel 14.** Perhitungan Dimensi Saluran Terbuka

Tahun	Saluran	Q (m <sup>3</sup> /detik)	S (%)	α (°)	n	d (m)	x (m)	h (m)	b (m)	A (m <sup>2</sup> )	B (m)	a (m)	R (m)
2019	Saluran Terbuka 1	0,60	0,28	60	0,02	0,56	0,08	0,64	0,64	0,54	1,39	0,74	0,28
	Saluran Terbuka 2	2,78	0,28	60	0,02	0,99	0,15	1,14	1,14	1,70	2,46	1,31	0,50

1) Saluran Terbuka 1 Tahun 2019

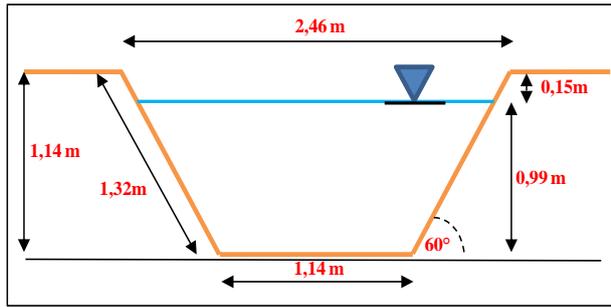
Saluran terbuka 1 terletak di *highwall* rencana penambangan PT. MKP tahun 2019, tepatnya pada area *Input Dump* A5 Utara. Saluran ini menampung debit pemompaan *main sump* A2 yang memiliki 3 buah pompa Multiflow 420 EXHV dengan debit total 0,6 m<sup>3</sup>/detik. Saluran ini mengalirkan air ke kolam pengendapan lumpur (*settling pond*) 18.



**Gambar 16.** Dimensi Saluran Terbuka 1 Tahun 2019

2) Saluran Terbuka 2 Tahun 2019

Saluran terbuka 2 terletak di *lowwall* rencana penambangan PT. MKP tahun 2019, tepatnya pada *catchment area* 4. Saluran ini menampung debit *catchment area* 4 yaitu 2,78 m<sup>3</sup>/detik. Saluran ini mengalirkan air menjauh dari area Pit B Rawa Selatan PT. MKP. Memiliki grade (S) 0,28% dan koefisien kekerasan (n) 0,020.



Gambar 17. Dimensi Saluran Terbuka 2 Tahun 2019

#### 4.8.4 Kolam Pengendapan Lumpur

Kolam pengendapan lumpur/settling pond dibuat untuk mengendapkan lumpur-lumpur atau material padatan yang bercampur dengan air limbah yang disebabkan adanya aktivitas penambangan<sup>[30]</sup>.

##### 1) Perhitungan Persen Solid dan Persen Air

Data yang dibutuhkan antara lain debit air yang masuk ke kolam pengendapan lumpur dan data analisis uji kualitas air limbah PT. Mandiri Inti Perkasa. Air yang masuk ke kolam pengendapan lumpur adalah debit air hasil pemompaan *main sump* A2 dengan debit 0,60 m<sup>3</sup>/detik. Sedangkan data analisis uji kualitas air limbah yang di ambil adalah nilai TSS (*total suspended solid*) adalah 120 mg/liter pada bulan Maret 2018 dengan ph, Fe dan Mn air yang sudah memenuhi ambang batas yang diizinkan<sup>[31]</sup>.

$$\begin{aligned} \text{Residu tersuspensi} &= 120 \text{ gr/m}^3 \times 0,60 \text{ m}^3/\text{detik} \\ &= 72 \text{ gr/detik} \end{aligned}$$

Dari persamaan:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (9)$$

Diketahui  $\rho$  partikel padatan adalah 1730 kg/m<sup>3</sup> maka volume padatan yang masuk adalah:

$$\text{Volume padatan masuk (Vpm)} = \frac{72 \text{ gr/detik}}{1.730.000 \text{ gr/m}^3}$$

$$\text{Volume padatan masuk (Vpm)} = 0,000042 \text{ m}^3/\text{detik}$$

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

$$\% \text{Solid} = \left( \frac{0,000042/\text{detik}}{0,6 \text{ m}^3/\text{detik}} \right) \times 100 = 0,007\%$$

$$\% \text{Air} = (100 - 0,007)\% = 99,993\%$$

Berdasarkan data perhitungan persen *solid* padatan pada tahun 2019 adalah 0,007 % dan persen air 99,993 %, dengan volume padatan yang masuk sebesar 0,000042 m<sup>3</sup>/detik. Maka untuk persen padatan yang kurang dari 40 % digunakan persamaan “*stokes*”.

$$Vt = \left[ \frac{g \times D^2 \times (\rho p - \rho a)}{18 \mu} \right] \quad (10)$$

$$Vt = \left[ \frac{9,8 \text{ m/s}^2 \times (0,0000625 \text{ m})^2 \times (1730 - 1000) \text{ kg/m}^3}{18 \times 0,801 \times 10^{-3} \text{ kg/m.detik}} \right]$$

$$Vt = 0,00194 \text{ m/detik}$$

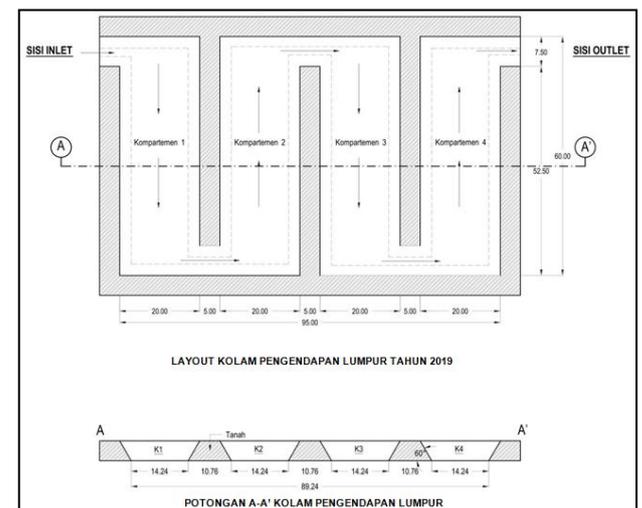
$$Vt = 1,94 \times 10^{-3} \text{ m/detik}$$

##### 2) Penentuan Letak dan Dimensi Kolam Pengendapn

Letak kolam pengendapan mempertimbangkan lokasi yang harus berada di luar area penambangan, sehingga tidak akan mengganggu kegiatan penambangan. Dibuat pada daerah yang rendah dengan memperhatikan topografi daerah penambangan. Letak dari kolam pengendapan diusahakan dekat dengan saluran alami seperti sungai yang menjadi tempat pembuangan akhir.

Tabel 15. Dimensi Kolam Pengendapan/Settling Pond

No	Dimensi Kolam Pengendapan/Settling Pond	
1	Lebar atas kolam	60 m
2	Lebar bawah kolam	54,23 m
3	Panjang atas kolam	95 m
4	Panjang bawah kolam	89,23 m
5	Lebar atas penyekat	5 m
6	Lebar bawah penyekat	10,77 m
7	Panjang atas penyekat	52,5 m
8	Panjang bawah penyekat	55,39 m
9	Banyak kompartemen	4
10	Lebar atas masing-masing kompartemen	20 m
11	Lebar bawah masing-masing kompartemen	114,23 m
12	Banyak penyekat	3
13	Kedalaman kolam	5 m
14	Kedalaman aliran (h)	4 m
15	Kapasitas seluruh kompartemen	4034,13 m <sup>3</sup>
16	Kapasitas tiap kompartemen	1422,53 m <sup>3</sup>



Gambar 16. Desain Kolam Pengendapan Lumpur

##### 3) Perhitungan Persentase Pengendapan

Waktu yang dibutuhkan partikel untuk mengendap (*tv*) adalah:

$$tv = \frac{h}{Vt} \quad (11)$$

$$\begin{aligned}
 t_v &= \frac{4 \text{ m}}{0,00194 \text{ m/detik}} \\
 &= 2061,86 \text{ detik} \\
 &= 34,36 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

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

$$V_h = \frac{Q}{A} \quad (12)$$

$$V_h = \frac{Q}{\frac{L_1+L_2}{2} \times h}$$

$$V_h = \frac{0,6 \text{ m}^3/\text{detik}}{\frac{20 \text{ m}+14,23 \text{ m}}{2} \times 4 \text{ m}}$$

$$V_h = \frac{0,6 \text{ m}^3/\text{detik}}{68,46 \text{ m}^2} = 0,0087 \text{ m/detik}$$

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

$$t_h = \frac{P}{V_h} \quad (13)$$

$P$  = Panjang aliran air dalam kolam pengendapan.

Dimana panjang aliran dianggap sama dengan sisi lebar kolam ditambah dengan lebar sekat. Nilai  $P$  untuk setiap kompartemen berbeda sehingga waktu yang dibutuhkan material untuk keluar dari kolam pengendapan berbeda. Kolam pengendapan rencana memiliki 4 kompartemen. Berikut nilai  $P$  untuk masing-masing kompartemen:

$$P_{\text{kompartemen 1}} = 60 \text{ m}$$

$$P_{\text{kompartemen 2}} = 60 \text{ m} + 5 \text{ m} + 60 \text{ m} = 125 \text{ m}$$

$$P_{\text{kompartemen 3}} = 60 \text{ m} + 5 \text{ m} + 60 \text{ m} + 5 \text{ m} + 60 \text{ m} = 190 \text{ m}$$

$$P_{\text{kompartemen 4}} = 60 \text{ m} + 5 \text{ m} + 60 \text{ m} + 5 \text{ m} + 60 \text{ m} + 5 \text{ m} + 60 \text{ m} = 255 \text{ m}$$

Sehingga  $t_h$  (waktu yang dibutuhkan air dan material tersuspensi keluar dari kolam pengendapan) sejauh  $P_{\text{total}}$  dapat dicari dengan rumus:

$$t_h = \frac{P}{V_h} \quad (14)$$

$$t_{h1} = \frac{60 \text{ m}}{0,0087 \text{ m/detik}} = 6896,55 \text{ detik} = 114,92 \text{ menit}$$

$$t_{h2} = \frac{125 \text{ m}}{0,0087 \text{ m/detik}} = 14367,82 \text{ detik} = 239,46 \text{ menit}$$

$$t_{h3} = \frac{190 \text{ m}}{0,0087 \text{ m/detik}} = 21839,08 \text{ detik} = 363,98 \text{ menit}$$

$$t_{h4} = \frac{255 \text{ m}}{0,0087 \text{ m/detik}} = 29310,34 \text{ detik} = 488,51 \text{ menit}$$

Dari perhitungan yang telah dilakukan maka didapatkan  $t_v < t_h$ . Dengan membandingkan waktu

pengendapan dan waktu keluarnya air dan material untuk mengetahui persentase pengendapan dengan rumus:

$$\% \text{ Pengendapan} = \frac{t_h}{(t_h+t_v)} \times 100 \quad (15)$$

$$\% \text{PengendapanK1} = 76,98 \%$$

$$\% \text{PengendapanK2} = 10,47 \%$$

$$\% \text{PengendapanK3} = 3,92 \%$$

$$\% \text{PengendapanK4} = 2,06 \%$$

Setelah % pengendapan pada masing-masing kompartemen diketahui, kemudian dapat dihitung padatan yang masuk pada setiap kompartemen dengan debit  $0,6 \text{ m}^3/\text{detik}$  dan dengan volume padatan masuk ( $V_{pm}$ ) sebesar  $0,000042 \text{ m}^3/\text{detik}$  adalah:

$$K1 = 0,000042 \text{ m}^3/\text{detik} \times 3600 \times 22 \text{ jam} \times 76,98 \%$$

$$= 2,56 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$K2 = 0,000042 \text{ m}^3/\text{detik} \times 3600 \times 22 \text{ jam} \times 10,47 \%$$

$$= 0,35 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$K3 = 0,000042 \text{ m}^3/\text{detik} \times 3600 \times 22 \text{ jam} \times 3,92 \%$$

$$= 0,13 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$K4 = 0,000042 \text{ m}^3/\text{detik} \times 3600 \times 22 \text{ jam} \times 2,06 \%$$

$$= 0,06 \text{ m}^3/\text{hari}$$

#### 4) Perawatan Kolam Pengendapan/*Settling Pond*

Untuk menjaga supaya kolam pengendapan tetap berfungsi sebagaimana mestinya, maka perlu dilakukan perawatan berupa pengerukkan secara teratur pada setiap kompartemen di kolam pengendapan. Pengerukan kolam akan dilakukan jika lumpur sudah terendapkan  $1/4$  dari kapasitas kolam<sup>[32]</sup>.

Perhitungan waktu pengendapan pada kompartemen 1 kolam pengendapan tahun 2019 dapat menggunakan rumus di bawah ini:

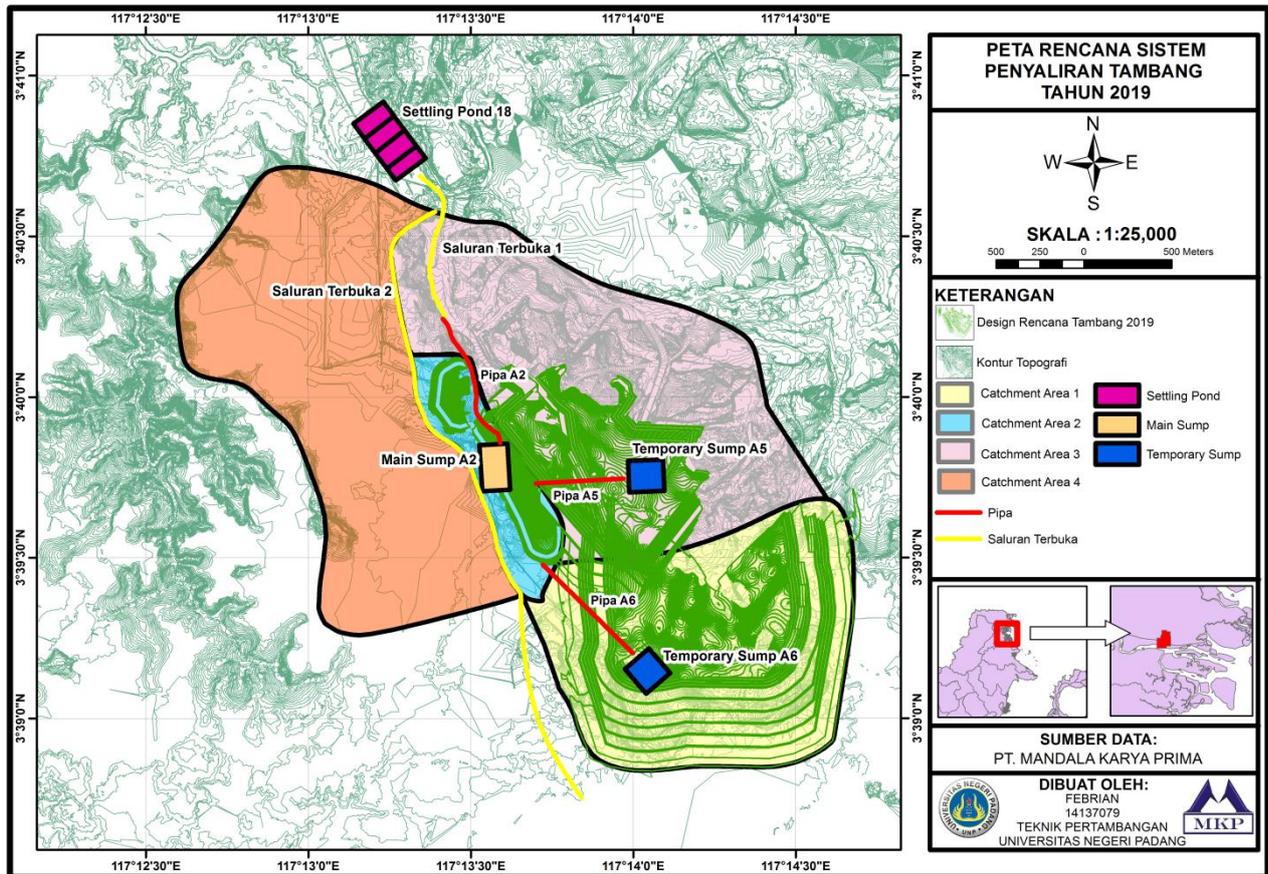
$$T = \frac{\frac{1}{4} \text{Kapasitas maksimum kompartemen (m}^3\text{)}}{\text{Volume padatan yang masuk (m}^3\text{/hari)}} \quad (16)$$

$$T = \frac{\frac{1}{4} \times 1422,53 \text{ m}^3}{2,56 \text{ m}^3/\text{hari}} = 138,9 \text{ hari} \approx 139 \text{ hari}$$

Untuk perhitungan pada kompartemen 2,3 dan 4 pada tahun 2019 dapat dilihat pada Tabel 16<sup>[33]</sup>.

**Tabel 16.** Waktu Pengerukan Kolam Pengendapan Lumpur Tahun 2019

Tahun	Kompartemen	Kapasitas Kompartemen (m <sup>3</sup> )	Volume Pengendapan (m <sup>3</sup> /hari)	Waktu Pengerukkan (hari)
2019	1	1.422,53	2,56	138,92
	2	1.422,53	0,35	1.016,09
	3	1.422,53	0,13	2.735,63
	4	1.422,53	0,06	5.927,21



Gambar 17. Peta Rencana Sistem Penyaliran Tambang

## 5. Kesimpulan dan Saran

### 5.1 Kesimpulan

1. Pada lokasi penelitian terdapat 2 sumber air limpasan permukaan dan air tanah yaitu:
  - a. Debit air limpasan dari daerah tangkapan hujan/*catchment area*. Tahun 2018 debit air limpasan CA 1 = 22.016 m<sup>3</sup>/jam, CA 2 = 3.135 m<sup>3</sup>/jam. Sedangkan pada tahun 2019 debit air limpasan CA 1 = 13.315 m<sup>3</sup>/jam, CA 2 = 3.135 m<sup>3</sup>/jam, CA 3 = 16.066 m<sup>3</sup>/jam, CA 4 = 10.014 m<sup>3</sup>/jam.
  - b. Debit air limpasan gambut yang terus masuk ke *main sump* dengan debit sebesar 184 m<sup>3</sup>/jam.
  - c. Debit air tanah total tahun 2018 sebesar 2,57 m<sup>3</sup>/jam.
3. Evaluasi kondisi aktual sistem penyaliran tambang pada tahun 2018.
  - a. Ketersediaan pompa dan pipa pada PT. MKP sejumlah 16 unit pompa dan memakai pipa dengan jenis HDPE (*High Density Poly Ethelene*).
  - b. Debit aktual pemompaan *temporary sump* A5 sebesar 1098 m<sup>3</sup>/jam. Sedangkan pada pemompaan *main sump* A2 sebesar 1031 m<sup>3</sup>/jam.
  - c. Kondisi aktual *temporary sump* A5 meluap dengan volume aktual sebesar 22.015 m<sup>3</sup>.
  - d. Elevasi *sump* di angka +27 sedangkan elevasi air di angka +24. Belum adanya *elevation control* pada *main sump* A2 yang terletak pada lereng tambang.
4. Perencanaan sistem penyaliran tambang pada tahun 2019.
  - a. Pompa yang digunakan pada *temporary sump* A5 berjumlah 4 unit, *main sump* A2 3 unit dan *temporary sump* A6 3 unit.
  - e. Rekomendasi dimensi *temporary sump* A5 yang ideal dengan kapasitas volume sebesar 416.520 m<sup>3</sup> dan memakai 4 unit pompa Multiflo 420 EXHV.
  - f. Rekomendasi *elevation control* pada *main sump* A2 dengan nilai elevasi di angka +16 dan memakai 3 unit pompa Multiflow 420 EXHV.
  - g. Rekomendasi saluran terbuka di area *Inpit Dump* A5 Utara. Saluran terbuka ini menampung debit pemompaan *main sump* A2 menuju *Sump Inpit Dump* A5 Utara. Panjang saluran ±704 m dengan elevasi *inlet* 64 dan *outlet* 62. Pada saluran terbuka rekomendasi dengan kemiringan 600, lebar dasar saluran (b) 0,74 m, lebar permukaan (B) 1,6 m, kedalaman saluran (h) 0,74 m, kedalaman aliran (d) 0,64 m, panjang sisi luar saluran (a) 0,85 m, dengan debit yang dialirkan sebesar 0,87m<sup>3</sup>/detik.

- b. Pipa yang digunakan pada *temporary sump* A5 sepanjang 532 m, *main sump* A2 1000 m dan *temporary sump* A6 800 m.
- c. *Head* total yang harus diatasi pompa pada *temporary sump* A5 sebesar 65,71 m, *temporary sump* A6 112,11 m dan *main sump* A2 81,02 m.
- d. Debit pemompaan pada *temporary sump* A5 sebesar 648 m<sup>3</sup>/jam, *temporary sump* A6 846 m<sup>3</sup>/jam dan *main sump* A2 703,8 m<sup>3</sup>/jam.
- e. Volume *temporary sump* A5 sebesar 313.650 m<sup>3</sup> dan *temporary sump* A6 sebesar 299.650 m<sup>3</sup>. Perencanaan dimensi *temporary sump* A5 dengan luas permukaan 183 m x 183 m dan luas dasar 171 m x 171 m. Sedangkan pada *temporary sump* A6 dengan luas permukaan 179 m x 179 m dan luas dasar 167 m x 167 m.
- f. Pembuatan *elevation control* pada *main sump* A2 dengan nilai elevasi +16 dan volume tertampung 277.509 m<sup>3</sup>.
- g. Saluran terbuka berbentuk trapesium dengan jumlah 2 saluran. Pada saluran terbuka 1 dengan kemiringan (S) 600, lebar dasar saluran (b) 0,64 m, lebar permukaan (B) 1,39 m, kedalaman saluran (h) 0,64 m, kedalaman aliran (d) 0,56 m, panjang sisi luar saluran (a) 0,74 m, dengan debit yang dialirkan sebesar 0,60m<sup>3</sup>/detik. Saluran terbuka 2 dengan kemiringan (S) 600, lebar dasar saluran (b) 1,14 m, lebar permukaan (B) 2,46 m, kedalaman saluran (h) 1,14 m, kedalaman aliran (d) 0,99 m, panjang sisi luar saluran (a) 1,31 m, dengan debit yang dialirkan sebesar 2,78 m<sup>3</sup>/detik.
- h. Kolam pengendapan/settling pond untuk tahun 2019 direncanakan memiliki 4 kompartemen dengan kapasitas masing-masing kompartemen sebesar 1422,53 m<sup>3</sup>. Berikut dimensi kolam pengendapan/settling pond:
 

1) Lebar atas kolam	= 60 m
2) Lebar bawah kolam	= 54,23 m
3) Panjang atas kolam	= 95 m
4) Panjang bawah kolam	= 89,23 m
5) Lebar atas penyekat	= 5 m
6) Lebar bawah penyekat	= 10,77 m
7) Panjang atas penyekat	= 52,5 m
8) Panjang bawah penyekat	= 55,39 m
9) Banyak kompartemen	= 4
10) Lebar atas kompartemen	= 20 m
11) Lebar bawah kompartemen	= 14,23 m
12) Banyak penyekat	= 3
13) Kedalaman kolam	= 5 m
14) Kedalaman aliran (h)	= 4 m
3. Dalam mengoperasikan pompa sebaiknya disesuaikan dengan *operating speed* pompa dan head yang diatasi, agar pompa bekerja pada titik efisiensi terbaik. Hal ini berpengaruh terhadap umur pompa dan penggunaan *fuel*.
4. Perlu adanya perawatan saluran terbuka dan kolam pengendapan lumpur secara teratur sesuai dengan perencanaan penulis, agar saluran terbuka dan kolam pengendapan lumpur di PT. Mandala Karya Prima dapat berfungsi dengan baik dan optimal.

## Daftar Pustaka

- [1] Muhammad Endriantho dan Muhammad Ramli. *Perencanaan Sistem Penyaliran Tambang Terbuka Batubara*. Jurnal Geosains. No. 01 Hlm. 29-40.(2013).
- [2] Anonim. *Studi Geoteknik dan Hidrogeologi PT Mandiri Inti Perkasa*. LPPM ITB, Bandung.(2012).
- [3] Anonim. *Laporan Studi Kelayakan PT. Mandiri Intiperkasa*. Jakarta: Mandiri Intiperkasa. (2018).
- [4] Sugiyono. *Metodologi Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Jakarta: Alfabeta. (2017).
- [5] Widodo, Lilik Eko. *Hidrologi, Hidrogeologi Serta Penyaliran Tambang*. Bandung: LAPIITB.(2012).
- [6] Gautama, RS. *Sistem Penyaliran Tambang*. Jurusan Teknik Pertambangan FTM: ITB.(1999).
- [7] Gautama, RS dan Prahastini, SD. *Perancangan Aplikasi Untuk Sistem Penyaliran Tambang Terbuka*. Jurusan Teknik Pertambangan FTM: ITB.(2012).
- [8] Arie Saputra dkk. *Water Management Sistem Tambang Pada Pit PT. Ulima Nitra Jobsite PT. Menambang Muara Enim*. Jurnal Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya.(2014).
- [9] Khairuddin Yusran dkk. *Sistem Penyaliran Tambang Pit AB EKS pada PT. Andalan Mining Jobsite Kaltim Prima Coal Sangatta Kalimantan Timur*. Jurnal GEOMINE Vol. 3.(2015).
- [10] Ashdak, Chay. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.(2010).
- [11] Arie Saputra dkk. *Water Management Sistem Tambang Pada Pit PT. Ulima Nitra Jobsite PT. Menambang Muara Enim*. Jurnal Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya.(2014).
- [12] W. L. Trimmer. *Estimating Water Flow Rates*. Oregon State University, the U.S. Department of Agriculture, and Oregon counties.(1994).
- [13] Todd, D.K. *Groundwater Hydrology, Second Edition*. New York: John Wiley & Sons.(1980).
- [14] Devy Dina Shalaho dkk. *Pemodelan Air Tanah Daerah Penambangan Batubara Pit Terbuka di Muara Lawa, Kabupaten Kutai Barat, Kalimantan Timur*. Jurnal Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Gajah Mada.(2014).
- [15] Fetter, C. W. *Applied Hydrogeology. 3rd edition*, New Jersey: Prentice-Hall, Inc.(1994).
- [16] Todd, D.K. *Groundwater Hydrology, Third Edition. United States of America*: John Wiley & Sons.(2005).

## 5.2 Saran

1. Perlu adanya evaluasi kondisi aktual sistem penyaliran tambang pada Pit B Rawa Selatan PT. Mandala Karya Prima pada tahun 2018.
2. Perlu adanya perencanaan sistem penyaliran tambang untuk kemajuan penambangan tahun-tahun berikutnya dengan mempertimbangkan kondisi ekstrim yang terjadi berupa curah hujan yang tinggi.

- [17] Mandel, S. dan Zhiifan, Z.L.,. *Groundwater Resources*. USA: Academic Press Inc.(1981).
- [18] Muhammad Roghfirli Handayani dkk. *Studi Kinerja Pompa MF 420 Pada Sump HW Barat PT. Sapta Indra Sejati Jobsite Adaro Mining Operation, Kabupaten Tabalong, Kalimantan Selatan*. Jurnal GEOSAPTA Vol 1 No. 1 Universitas Lambung Mangkurat.(2015).
- [19] Sularso dan Tahara Haruo. *Pompa dan Kompresor*. Jakarta: Pradnya Paramita.(1983).
- [20] Pasha, Muhammad Ilham. *Rancangan Sistem Penyaliran Di Pit I.2 Site Lati PT. Berau Coal Untuk Kemajuan Penambangan Tahun 2010-2011*. Laporan Penelitian. ITB.(2010).
- [21] Khairuddin Yusran dkk. *Sistem Penyaliran Tambang Pit AB EKS pada PT. Andalan Mining Jobsite Kaltim Prima Coal Sangatta Kalimantan Timur*. Jurnal GEOMINE Vol. 3.(2015).
- [22] Diyah Ayu Purwaningsih dkk. *Kajian Dimensi Penyaliran Pada Tambang Terbuka Pit Baturona Adimulya Kabupaten Mudi Banyuasin Sumatera Selatan*". Jurnal Geologi Pertambangan Vol. 2 halaman 17-28.(2015).
- [23] Batubara Uli Marina dkk. *Kajian Teknis Sistem Penyaliran dan Penirisan Tambang Pit 4 PT. Darma Henwa Site Asam-asam*. Jurnal HIMASAPTA Vol. 2 No. 3.(2017).
- [24] Rahmadi Siahaan dkk. *Evaluasi Teknik Sistem Penyaliran Tambang Pada PT. Bara Energi Lestari Kabupaten Nagan Raya, Aceh*. Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Kebumihan, Vol 1 No. 1 Universitas Syiah Kuala.(2017).
- [25] Fitri Nauli dkk. *Rancangan Sistem Penyaliran Pada Tambang Batubara Tambang Air Laya Tanjung Enim Sumatera Selatan*. Jurnal Mahasiswa Program Studi Magister Teknik Pertambangan UPN Veteran.(2014).
- [26] Suyono dkk. *Rancangan Teknis Sistem Penyaliran Tambang Pada Pit 3000 Block 5 South Block PT. Trubaindo Coal Mining Kabupaten Kutai Barat Kalimantan Timur*. Jurnal Teknologi Pertambangan Vol. 1 No. 1 UPN Veteran.(2015).
- [27] Ardi Gunawan, dkk. *Studi Hidrologi dan Hidrogeologi untuk Rencana Penambangan Batubara PT Pacific Global Utama Kecamatan Tanjung Agung Kabupaten Muara Enim Sumatera Selatan*. Jurnal Penelitian Sains dan Teknologi. Hlm. 29-40.(2015).
- [28] Rahmat Sugi. *Analisa Kerugian Head Akibat Perluasan dan Penyempitan Penampang pada Sambungan 90°*. Skripsi Jurusan Studi Teknik Mesin, Universitas Hasanudin.(2012)
- [29] Suripin. *Sistem Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: PT. Andi.(2004).
- [30] Metcalf & Eddy, Tchobanoglous, G., Burton, F. L., Stensel, H. D. *Wastewater engineering: treatment and reuse*/Metcalf & Eddy, Inc. Tata McGraw-Hill, 2003.
- [31] Hartono. *Modul Kuliah Sistem Penyaliran Tambang*. Yogyakarta: Program Studi Teknik Pertambangan UPN.(2013).
- [32] Suwandhi, Awang. *Diklat Perencanaan Sistem Penyaliran Tambang*. Bandung: Unisba.(2004).
- [33] Carlsson, Bengt. *An Introduction to Sedimentation Theory in Wastewater Treatment*. System and Control Group. Uppsala University.(1998).