

# SISTEM PENYALIRAN TAMBANG UNTUK MENGATASI GENANGAN AIR LIMPASAN DI *FRONT* PENAMBANGAN BLOK TIMUR PT. PRIMA DELIN AGRO PERMAI KABUPATEN SAROLANGUN PROVINSI JAMBI

Yelli Fitri<sup>1,\*</sup>, and Murad MS<sup>1,\*\*</sup>

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

\*yellifitri2016@gmail.com

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

**Abstract.** The mining system of PT. Prima Delin Agro Permai applies an open pit system. The open mining system it is really affected by the weather, of the reasons is when it's raining. Mining that applies an open pit system required to have a good pit drainage plan to prevent the puddle on the mining front so it can be interfere with the mining process. The purpose of this research to analyze the pump needs, and design the dimension of sump and the open channels. The recommendations they are 1 recommendation. Recommended to add 1 unit pump become 6 units pumps by fixing one unit that has broken. Recommendation number 2, the diversion channel that can minimized the runoff with the slop on the bottom channel ( $S = 0,30\%$ ), width of the channel ( $b = 0,5$  m), the height of the channel ( $H = 0,625$  m) and the cross sectional area ( $A = 0,375$  m<sup>2</sup>). The third (III) recommendation, the dimension of sump which the optimal one to accommodate the total water discharge, with a maximum volume on 21, 512 m<sup>3</sup>, the plan based on the needs to get the dimension of the sump with the length of the surface of the wells and the width of the surface of 69 m. The length of the bottom and the width of the bottom of the well is 62 m with a depth of 5 m.

**Keywords:** Mine drain system, Mining front, Pumps, Open channels, Sump.

## 1. Pendahuluan

PT. Prima Delin Agro Permai merupakan kontraktor pertambangan yang bekerja di wilayah izin usaha penambangan dari PT. Karya Bumi Baratama merupakan salah satu perusahaan yang bergerak dibidang pertambangan batubara. Lokasi penambangan terletak di Kelurahan Sarkam, Kecamatan Sarolangun, Kabupaten Sarolangun, Provinsi Jambi. Pada saat ini PT. Prima Delin Agro Permai memiliki sistem penyaliran yang digunakan adalah sistem *mine dewatering* dengan menggunakan metode sumuran (*sump*) yaitu mengeluarkan air yang telah masuk ke tambang dengan sistem pemompaan.

Penerapan sistem tambang terbuka tidak terlepas dari masalah air yang masuk ke dalam area penambangan. Kegiatan tersebut dipengaruhi oleh iklim antara lain hujan, panas atau temperatur dan kelembaban. Salah satu iklim yang cukup besar pengaruhnya adalah hujan. Hujan merupakan sumber utama air pada tambang terbuka. Seiring dengan kemajuan tambang maka akan menghasilkan cekungan yang besar dimana air akan terkonsentrasi pada elevasi terendah. Pada saat musim hujan dasar tambang akan tergenang air akibat limpasan yang berasal dari air hujan. Air yang masuk ke dalam tambang harus segera dikeluarkan karena keberadaan air tersebut akan mengganggu kegiatan penambangan.

Lokasi penelitian, penambangan batubara di

Blok Timur PT. Prima Delin Agro Permai secara geografis terletak di daerah perbukitan dan termasuk dalam kategori wilayah yang memiliki curah hujan cukup tinggi. Pada data curah hujan tahun 2019, curah hujan tertinggi di daerah penelitian mencapai 107,5 mm/hari (*Engineering Department* PT. PDAP). Pada saat kondisi cuaca ekstrim berupa curah hujan yang tinggi, menyebabkan kondisi *front* penambangan berlumpur dan meluapnya air yang berada pada *sump* blok timur. Pompa rakitan yang ada hanya 1 unit dengan mesin *Taft Hiline* yang tersedia tidak mampu memompa air limpasan yang melebihi kapasitas pompa, dimana debit pemompaan aktual 0,1017 m<sup>3</sup>/detik (*Engineering Department* PT. PDAP) lebih kecil dari debit pemompaan yang seharusnya sehingga terjadi kerusakan pompa. Akibat kerusakan tersebut pompa tidak bisa digunakan sehingga tidak ada proses pemompaan yang menyebabkan terhentinya proses produksi untuk sementara waktu.

Selain itu, terjadinya pendangkalan saluran terbuka akibat kemajuan tambang dan sedimentasi. Sehingga tidak berfungsinya saluran terbuka dan air limpasan yang berasal dari air hujan langsung masuk ke *front* penambangan. Akibat hal tersebut perlunya sistem penyaliran tambang untuk mencegah genangan air limpasan yang ada di blok timur agar proses produksi dapat berjalan sesuai kesepakatan perusahaan

Dalam hal ini diperlukan suatu bentuk upaya untuk mencegah air yang masuk ke area penambangan. Sumber air tersebut harus diketahui debit limpasan, debit air tanah dan debit pemompaan. Oleh karena itu, penulis memilih judul “Sistem Penyaliran Tambang Untuk Mencegah Genangan Air Limpasan di *Front* Penambangan Blok Timur PT. Prima Delin Agro Permai Kabupaten Sarolangun, Provinsi Jambi”

## 2. Tinjauan Pustaka

### 2.1 Lokasi Penelitian

Secara administratif lokasi penambangan terletak di Kelurahan Sarkam, Kecamatan Sarolangun, Kabupaten Sarolangun, Provinsi Jambi. Secara geografis lokasi penambangan terletak pada posisi 102°03'39" BT–103°13'17" BT dan antara 01°53'39" LS–02°46'24" LS. Untuk mencapai lokasi tersebut dapat dilakukan dengan jalur darat menempuh jalan raya Jambi -Sarolangun sekitar 187 km (selama ± 4 jam). Dari Sarolangun ke daerah penyelidikan hanya memakan waktu sekitar 20-30 menit dengan jarak sekitar 15 km, sedangkan kondisi jalan berupa jalan pengerasan dan sebagian lainnya jalan tanah <sup>[1]</sup>.



Gambar 1. Lokasi Penelitian<sup>[1]</sup>.

### 2.2 Sistem Mine Dewatering

*Mine Dewatering* merupakan upaya untuk mengeluarkan air yang telah masuk ke daerah penambangan. Upaya ini terutama untuk menangani air yang berasal dari air hujan. Beberapa metode penyaliran *mine dewatering* dan gambarnya adalah sebagai berikut:

- Sistem Kolam Terbuka. Sistem ini diterapkan untuk membuang air yang telah masuk ke daerah penambangan. Air dikumpulkan pada sumur (*sump*), kemudian dipompa keluar dan pemasangan jumlah pompa tergantung kedalaman penggalian.
- Cara Paritan. Penyaliran dengan cara paritan ini merupakan cara yang paling mudah, yaitu dengan pembuatan paritan (saluran) pada lokasi penambangan. Pembuatan parit ini bertujuan untuk menampung air limpasan yang menuju lokasi penambangan. Air limpasan akan masuk ke saluran-saluran yang

kemudian di alirkan ke suatu kolam penampung atau dibuang langsung ke tempat pembuangan dengan memanfaatkan gaya gravitasi.

- Sistem Adit. Cara ini biasanya digunakan untuk pembuangan air pada tambang terbuka yang mempunyai banyak jenjang. Saluran horizontal yang dibuat dari tempat kerja menembus ke *shaft* yang dibuat di sisi bukit untuk pembuangan air yang masuk ke dalam tempat kerja. Pembuangan dengan sistem ini biasanya mahal, disebabkan oleh biaya pembuatan saluran horizontal tersebut dan *shaft* <sup>[2]</sup>.

### 2.3 Curah Hujan

Curah hujan merupakan faktor yang sangat penting dalam perencanaan sistem penyaliran, karena besar kecilnya curah hujan pada suatu daerah tambang akan mempengaruhi besar kecilnya air tambang yang harus ditanggulangi. Angka-angka curah hujan yang diperoleh merupakan data yang tidak dapat digunakan secara langsung untuk perencanaan pembuatan sarana pengendalian air tambang, tetapi harus diolah terlebih dahulu untuk mendapatkan nilai curah hujan yang lebih akurat.

Pengolahan data curah hujan dimaksudkan untuk mendapatkan data curah hujan yang siap pakai untuk suatu perencanaan sistem penyaliran. Pengolahan data ini dapat dilakukan dengan berdasarkan sifat statistik data kejadian yang telah lalu untuk memperoleh probabilitas besaran hujan dimasa yang akan datang. Dengan anggapan bahwa sifat statistik kejadian hujan yang akan datang masih sama dengan sifat statistik kejadian hujan masa lalu <sup>[3]</sup>.

### 2.4 Periode Ulang Hujan

Periode ulang adalah terminologi yang sering digunakan dalam bidang sumberdaya air, yang kadang dipahami secara berbeda oleh berbagai pihak. Periode ulang adalah rerata selang waktu terjadinya suatu kejadian dengan suatu besaran tertentu atau lebih besar <sup>[4]</sup>.

Perhitungan periode ulang dapat dilakukan dengan beberapa metode, tetapi metode yang paling banyak dipakai di Indonesia adalah Metode Extrem Gumbel atau lebih lazim disebut Metode Gumbel yang dapat dihitung dengan persamaan berikut <sup>[5]</sup>.

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

Keterangan:

X = Curah hujan rencana (mm/hari)

$\bar{x}$  = Curah hujan rata-rata (mm/hari)

Y<sub>n</sub> = Rata-rata *reduced mean*

Y<sub>t</sub> = *Reduced variate*

S<sub>n</sub> = *Reduced standart deviation*

SD = *Standart deviation*

Perhitungan Curah hujan rata-rata, *standar deviation*, *reduced mean*, *reduced standart deviation*, dan *reduced variate* dapat dihitung dengan rumus<sup>[6]</sup>:

a. Menghitung Rata-Rata Curah Hujan ( $\bar{x}$ )

Untuk menghitung rata-rata curah hujan digunakan rumus sebagai berikut:

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} \quad (2)$$

Keterangan :

$\sum x$  = Jumlah curah hujan harian maksimum  
 $n$  = Jumlah data

#### b. Standard Deviation

Untuk menghitung *standard deviation* (SD) digunakan rumus sebagai berikut:

$$S = \sqrt{\frac{\sum (xi - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (3)$$

Keterangan:

$X_i$  = Jumlah curah hujan harian maksimum  
 $\bar{X}$  = Rata-rata curah hujan  
 $n$  = Jumlah data

#### c. Reduced Mean ( $Y_n$ )

Nilai *reduced mean* dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

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

Keterangan:

$n$  = jumlah sampel  
 $m$  = urutan sampel ( $m = 1, 2, 3, \dots$ )

#### d. Reduced Standart Deviation ( $S_n$ )

Nilai dari *reduced standart deviation* dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$S_n = \sqrt{\frac{\sum (Y_n - \bar{Y}_n)^2}{n-1}} \quad (5)$$

Keterangan:

$Y_n$  = Reduce Mean  
 $\bar{Y}_n$  = Rata-rata Reduce Mean  
 $n$  = Jumlah sampel

#### e. Reduced Variate ( $Y_t$ )

Nilai dari *reduced variate* dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$Y_t = -\ln \left\{ -\ln \frac{T-1}{T} \right\} \quad (6)$$

Keterangan:

$T$  = Periode ulang (tahun)

## 2.5 Intensitas Curah Hujan

Intensitas curah hujan adalah jumlah hujan yang dinyatakan dalam tinggi hujan atau volume hujan dalam satuan waktu. Nilai intensitas hujan tergantung lama curah hujan dan frekuensi hujan dan waktu konsentrasi. Untuk menentukan intensitas curah hujan dapat dicari dengan menggunakan rumus *Mononobe* seperti berikut ini<sup>[7]</sup>.

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

Harga  $t_c$  dapat dicari dengan menggunakan rumus:

$$t_c = 0,0195 x L^{0,77} x S^{-0,385} \quad (8)$$

Keterangan:

$I$  = Intensitas curah hujan (mm/jam)  
 $X_t$  = Curah hujan rencana (mm/hari)  
 $T_c$  = Waktu konsentrasi (jam)  
 $L$  = Panjang aliran (m)  
 $S$  = Beda ketinggian dibagi panjang lintasan (m)

## 2.6 Air Limpasan (Run Off)

Limpasan (*run off*) adalah semua air yang mengalir akibat hujan yang bergerak dari tempat yang lebih tinggi ke tempat yang lebih rendah tanpa memperhatikan asal atau jalan yang ditempuh sebelum mencapai saluran. Debit limpasan dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut ini<sup>[2]</sup>.

$$Q = 0,278 x C x I x A \quad (9)$$

Keterangan:

$Q$  = Debit limpasan (m<sup>3</sup>/detik)  
 $C$  = Koefisien limpasan  
 $I$  = Intensitas curah hujan (mm/jam)  
 $A$  = Luas *catchment area* (Km<sup>2</sup>)

## 2.7 Air Tanah

Air tanah menjadi parameter dalam perencanaan suatu sistem penyaliran di tambang. Oleh karena itu jumlah air tanah yang masuk ke tambang harus diketahui. Untuk mengetahui debit air tanah dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut ini<sup>[8]</sup>.

$$Q = \frac{\bar{h} \left( \frac{L_1 + L_2}{2} \right)}{\Delta t} \quad (10)$$

Keterangan:

$Q$  = Debit air tanah (m<sup>3</sup>/jam).  
 $T$  = Waktu pengamatan perubahan air *sump* (jam).  
 $h$  = Kenaikan permukaan.  
 $L_1$  = Luas permukaan air di awal (m<sup>2</sup>)  
 $L_2$  = Luas permukaan air di akhir (m<sup>2</sup>).

## 2.8 Daerah Tangkapan Hujan

*Catchment area* atau yang juga disebut sebagai *drainage basin*, *watershed* atau daerah aliran sungai (DAS) adalah suatu daerah yang dibatasi oleh punggung perbukitan atau titik tertinggi yang apabila terjadi hujan maka air hujan tersebut akan mengalir ke titik terendah di daerah tersebut. Penentuan *catchment area* pada suatu area penambangan dapat ditentukan dengan menganalisis peta topografi dan peta kemajuan penambangan. *Catchment area* didapat dengan cara menghubungkan titik-titik tertinggi pada peta dengan memperhatikan arah aliran air di daerah tersebut hingga didapatkan sebuah *polygon* tertutup. Luas dari *polygon* tersebut dapat dihitung dengan menggunakan *planimeter*, *millimeter block*, atau dengan bantuan *software*<sup>[9]</sup>.

## 2.9 Saluran Terbuka

Dimensi penampang yang paling efisien, yaitu dapat mengalirkan debit yang maksimum untuk suatu luas penampang basah tertentu. Perhitungan dimensi penampang saluran air dapat dilihat pada rumus berikut dan bentuk penampang trapesium dan kemiringan suatu saluran sesuai bahan<sup>[10]</sup>.

$$\begin{aligned} A &= (b + (b + m + m) \frac{1}{2} h) \frac{1}{2} h \\ &= (h + (h + \frac{1}{2} h + \frac{1}{2} h) \frac{1}{2} h) \frac{1}{2} h \\ A &= 1.5 h^2 \\ P &= b + 2b \sqrt{1 + m^2} \end{aligned} \quad (11)$$

$$= h + 2h\sqrt{1 + \frac{1}{2} h^2}$$

$$P = 3.23 h \quad (12)$$

$$b = h \quad (13)$$

$$R = A/P \quad (14)$$

Keterangan :

h = Lebar dasar saluran

b = Kedalaman saluran

R = jari-jari hidrolis (m)

P = Keliling basah saluran

Tabel 4. Kemiringan Dinding Saluran Sesuai Bahan<sup>[11]</sup>.

No	Bahan Saluran	Kemiringan
1	Batuan atau cadas	~ 0
2	Tanah lumpur	0.25
3	Lempung keras atau tanah	0.5 - 1
4	Tanah dengan pasangan batuan	1
5	Lempung	1.5
6	Tanah berpasir lepas	2
7	Lumpur berpasir	3

## 2.10 Sump

*Sump* pada tambang berfungsi sebagai tempat penampungan air dan lumpur sementara sebelum dipompa ke luar tambang. Berdasarkan fungsi dan penempatannya, *sump* tambang dibedakan menjadi tiga macam, yaitu *sump* tambang permanen (*main sump*), *transit sump* dan *temporary sump*. *Main sump* adalah *sump* yang berfungsi selama penambangan berlangsung dan umumnya tidak berpindah tempat. *Transit sump* adalah *sump* yang dibuat secara terencana dalam pemilihan lokasi maupun volumenya, penempatannya pada jenjang tambang dan biasanya di bagian lereng tepi tambang dan berfungsi sebagai untuk limpahan air akibat keterbatasan pompa. *Temporary sump* adalah *sump* sementara berfungsi dalam rentang waktu tertentu dan sering berpindah tempat, *sump* ini biasanya untuk menampung rembesan-rembesan air tanah dari lapisan tanah yang sedang digali dan letaknya terlalu jauh dari *sump* permanen yang sudah ada<sup>[12]</sup>.

## 2.11 Pompa

Pompa adalah suatu alat atau mesin yang digunakan untuk memindahkan cairan dari suatu tempat ke tempat yang lain melalui suatu media perpipaan dengan cara menambahkan energi pada cairan yang dipindahkan dan berlangsung secara terus menerus. Pompa beroperasi dengan prinsip membuat perbedaan tekanan antara bagian masuk (*suction*) dengan bagian keluar (*discharge*). Dengan kata lain, pompa berfungsi mengubah tenaga mekanis dari suatu sumber tenaga (penggerak) menjadi tenaga kinetis (kecepatan) dimana tenaga ini berguna untuk mengalirkan cairan dan

mengatasi hambatan yang ada sepanjang pengaliran

Kapasitas pompa yang diperlukan dapat dihitung setelah jumlah air limpasan diketahui. Untuk menghitung debit pompa yang diperlukan dapat digunakan rumus<sup>[13]</sup>.

$$Q_p = \frac{Q}{D \times 3600} \quad (15)$$

Keterangan:

Q<sub>p</sub> = Kapasitas pompa (m<sup>3</sup>/detik)

D = Waktu pemompaan (hari)

Q = Jumlah air limpasan yang akan dipompakan (m<sup>3</sup>/detik)

*Head total pompa* adalah energi per satuan berat yang harus disediakan untuk mengalirkan sejumlah zat cair yang direncanakan sesuai dengan kondisi instalasi pompa atau tekanan untuk mengalirkan sejumlah zat cair yang umumnya dinyatakan dalam satuan panjang. *Head total pompa* dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut<sup>[10]</sup>.

$$H = H_s + \Delta H_p + H_f + H_{vs} + H_v \quad (16)$$

Keterangan:

H = Head total pompa (m)

H<sub>s</sub> = Head statis merupakan perbedaan tinggi antara tinggi air di *sump* dengan titik buangan (m)

ΔH<sub>p</sub> = perbedaan julang tekan pada kedua permukaan air

H<sub>f</sub> = kerugian karena gesekan (m)

H<sub>vs</sub> = kerugian pada belokan dan sambungan pipa (m)

H<sub>v</sub> = julang kecepatan (m)

## 3. Metode Penelitian

### 3.1. Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan oleh penulis adalah penelitian terapan, 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<sup>[14]</sup>.

### 3.2 Teknik Pengumpulan Data

Teknik yang dilakukan dalam pengumpulan data adalah teknik observasi dan pengambilan data secara langsung di lapangan. Urutan pengumpulan data adalah sebagai berikut:

#### 3.2.1 Studi Literatur

Mempelajari studi pustaka yaitu kegiatan mengutip dari berbagai literatur baik berupa buku, penelitian terdahulu,

data-data yang telah dimiliki perusahaan dan sebagainya yang merujuk pada hal-hal yang mendukung kegiatan penelitian.

3.2.2 Pengamatan Langsung di Lapangan

Pengamatan langsung di lapangan meliputi orientasi lapangan bersama karyawan perusahaan untuk langkah awal penelitian, untuk mengidentifikasi masalah dan penentuan lokasi pengambilan data.

3.2.3 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan setelah mempelajari literatur dan orientasi lapangan. Data yang diambil berupa data primer dan data sekunder. Untuk data primer diukur dan diamati sendiri di lapangan, sedangkan untuk data sekunder didapat dari literatur perusahaan.

1) Data Primer

Data primer merupakan data yang di dapatkan dari hasil pengamatan langsung di lapangan seperti:

- a. Pengukuran level muka air pada *sump* Blok Timur
- b. Ketersediaan pompa dan pipa

2) Data Sekunder

Data sekunder merupakan sumber data penelitian yang diperoleh peneliti secara tidak langsung melalui media perantara (diperoleh dan dicatat oleh pihak lain). Data sekunder umumnya berupa bukti, catatan atau laporan historis yang telah tersusun dalam arsip (data dokumenter) yang dipublikasikan dan yang tidak dipublikasikan. Data sekunder yang berupa data curah hujan, *Catchment area*, spesifikasi pompa dan peta.

3.3 Teknik Analisis Data

Teknik yang dilakukan dalam analisis data yaitu dengan menggabungkan antara teori dengan data-data lapangan, sehingga dari keduanya didapat pendekatan penyelesaian masalah.

Setelah data didapatkan maka selanjutnya adalah pengelompokan dan pengolahan data. Adapun yang dilakukan pada tahapan ini adalah:

1. Menghitung data curah hujan rencana dengan metode *Gumbel*.
2. Menghitung intensitas hujan
3. Menghitung debit limpasan
4. Menghitung debit air tanah
5. Menghitung debit total yang masuk ke tambang
6. Menghitung banyaknya kebutuhan pompa
7. Membuat rancangan dimensi *sump* dan saluran terbuka.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Perhitungan Debit Total

4.1.1 Perhitungan Curah Hujan

Pengolahan data curah hujan ini bertujuan untuk mendapatkan nilai curah hujan rancangan, dengan data curah hujan harian maksimum 10 tahun terakhir.

Tabel 1. Data Curah Hujan

Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum(mm)											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agus	Sept	Okt	Nov	Des
2010	50,4	81	71,4	62,5	45	35,5	80,5	47	39	37,5	70	68
2011	63	81,2	90,5	56	112	86	77	79	73	89,5	67	54
2012	86,4	97	69	94,5	67,2	17,5	63	46	108	100,5	103	86,5
2013	87	85,5	92	104,5	74	43	62,4	85	75,2	92,4	88,5	94
2014	75	53,4	42	64	34,4	47,5	58,4	57,6	54	62	68,2	78
2015	79,2	104	75,5	47	128	42	66,4	107,5	86	147	152	87
2016	47,6	78	56	45,5	69,2	35	37	58,5	45	46,5	84,5	76
2017	77,6	91,2	41	46	37,5	38,6	49,8	72	75	76,5	81,4	82
2018	90	87	76,5	57	63,4	48,5	78	84	91	87	83,2	92
2019	82,5	55,2	46,8	105	63	36	68	70,5	107,5	62	72,4	72,6

Maka dapat ditentukan nilai curah hujan rata – rata ( $\bar{x}$ ) sebagai berikut :

$$\bar{x} = \frac{\sum xi}{n}$$

$$\bar{x} = \frac{81+90,5+108+104,5+78+152+84,5+91,2+92+107,5}{10}$$

$$\bar{x} = 98,92 \text{ mm/hari}$$

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

$$= \sqrt{\frac{(4149,7)}{10-1}}$$

$$SD = 21,47$$

Tabel 2. Tabel Nilai Standar Deviasi Berdasarkan Hasil Perhitungan

Tahun	Curah Hujan max(mm/hari)	curah hujan rata-rata(mm/hari)	(X-Xr) <sup>2</sup>	SD	(X-Xr) <sup>3</sup>
2010	81	98,92	321,126	21,47	-5754,585
2011	90,5		70,8964		-596,9477
2012	108		82,4464		748,61331
2013	104,5		31,1364		173,74111
2014	78		437,646		-9155,563
2015	152		2817,49		149552,18
2016	84,5		207,936		-2998,443
2017	91,2		59,5984		-460,0996
2018	92		47,8864		-331,3739
2019	107,5		73,6164		631,62871
JUMLAH	989,2		4149,78		131809,15

Setelah mendapatkan rata-rata curah hujan dan standar deviasi, maka selanjutnya mencari nilai koefisien skewness (Cs) untuk mengetahui distribusi yang digunakan dalam penelitian.

$$Cs = \frac{n \cdot \sum (x - \bar{x})^3}{(n-1)(n-2) \cdot s^3}$$

$$Cs = \frac{10 (131809,15)}{(10 - 1)(10 - 2) \cdot 21,47^3}$$

$$Cs = 1,8$$

Bila Cs > 1,0 : Sebaran mendekati sebaran Gumbel  
 Bila Cs < 1,0 : Sebaran mendekati sifat-sifat sebaran Log Normal atau Log Pearson III  
 Bila Cs = 1.0 : Sebaran mendekati sebaran Normal  
 Dari perhitungan di atas nilai Cs= 1,35 > 1 maka

menggunakan persamaan distribusi analisis curah hujan dengan metode Gumbel. Untuk menggunakan Metode Distribusi Gumbel digunakan rumus sebagai berikut:

a. *Reduced Variate* (Ytr)

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

$$Y_{tr} = -\ln \left( -\ln \left( \frac{10-1}{10} \right) \right)$$

$$Y_{tr} = 2,2504$$

b. Nilai konstanta (K)

Dari tabel Yn untuk n=10, maka Yn=0,4952

Dari tabel Sn untuk n=10, maka Sn=0,9496

$$K = \frac{Y_{tr} - Y_n}{S_n}$$

$$K = \frac{2,2504 - 0,4952}{0,9496}$$

$$K = 1,84$$

c. Curah hujan rencana

$$X_t = \bar{x} + k \cdot SD$$

$$X_t = 98,92 + 1,84 \cdot 21,47$$

$$X_t = 138,42 \text{ mm/hari}$$

**Tabel 3.** Hasil Distribusi Gumbel

Ytr	K	Xt
2,2504	1,84	138,42 mm/hari

#### 4.1.2 Intensitas Hujan Rencana

Intensitas hujan rencana dihitung berdasarkan nilai curah hujan rencana pada periode ulang 10 tahun dengan persamaan *Mononobe*. Penentuan intensitas hujan bertujuan untuk mengkonversikan curah hujan harian menjadi curah hujan dalam satuan jam dengan mempertimbangkan harga tc. Perhitungan intensitas hujan rencana dapat ditentukan dengan persamaan berikut ini:

Maka, perhitungan intensitas hujan dapat dilakukan yaitu sebagai berikut

Curah Hujan per Hari (R) =(Xt)

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

$$t_c = 0,0195 \times 179,35^{0,77} \times (29,79/179,35)^{-0,385}$$

$$t_c = 2,1 \text{ jam}$$

Maka, perhitungan intensitas hujan untuk *catchment area* Blok Timur yaitu sebagai berikut

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

$$I = \frac{138,42}{24} \times \left( \frac{24}{2,1} \right)^{2/3}$$

$$I = 29,53 \text{ mm/jam}$$

#### 4.1.3 Debit Air Limpasan Permukaan

Debit air limpasan dapat ditentukan setelah diketahui luas *catchment area*/daerah tangkapan hujan, nilai intensitas curah hujan dan nilai koefisien limpasan. Perhitungan teoritis debit limpasan ditunjuk kan pada rumus berikut:

$$Q = 0,00278 \times C \times I \times A$$

$$Q = 0,00278 \times 0,9 \times 29,53 \text{ mm/jam} \times 3,65 \text{ Ha}$$

$$Q = 0,2696 \text{ m}^3/\text{detik}$$

**Tabel 4.** Hasil Perhitungan Debit Air Limpasan

Nilai tc	Intensitas Hujan	koefisien	A	Qlimpasan
2,1 jam	29,53 mm/jam	0,9	3,65 Ha	0,2696 m <sup>3</sup> /detik

#### 4.1.4 Debit Air Tanah

Perhitungan debit air tanah dilakukan berdasarkan pada pengamatan kondisi lapangan dengan cara melihat perbedaan tinggi muka level air pada *sump* Blok Timur PT. Prima Delin Agro Permai. Perhitungan debit air tanah dilakukan dengan melihat rembesan air yang bukan berasal dari air limpasan. Data yang digunakan pada perhitungan debit air tanah yaitu data pengukuran kenaikan tinggi air permukaan *sump* pada saat kondisi cuaca cerah (tidak hujan) dan pompa dalam keadaan mati/off namun elevasi air mengalami kenaikan.

Hasil pengukuran muka air permukaan di Blok Timur:

Debit Rembesan Air Tanah

$$Q = \frac{\bar{h} \left( \frac{L_1 + L_2}{2} \right)}{\Delta t}$$

$$Q = \frac{\bar{h} \left( \frac{L_1 + L_2}{2} \right)}{\Delta t}$$

$$Q = \frac{0,04 \left( \frac{1883,32 + 1894,9}{2} \right)}{2}$$

$$Q = 37,78 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$Q = 0,010 \text{ m}^3/\text{detik}$$

#### 4.1.5 Debit Total

Debit total merupakan debit keseluruhan yang masuk ke dalam bukaan tambang (*pit*) dan ditampung di *sump*. Debit keseluruhan yang dimaksud adalah debit limpasan air permukaan ditambah dengan debit air tanah. Berdasarkan hasil perhitungan debit limpasan permukaan dan air tanah, maka didapatkan nilai debit limpasan total air limpasan yang mengalir ke *catchment area*. Adapun perhitungan total debit air limpasan sebagai berikut:

$$Q_{\text{total}} = Q_{\text{limpasan}} + Q_{\text{air tanah}}$$

$$= 0,2696 \text{ m}^3/\text{detik} + 0,010 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$= 0,2796 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$= 1.006,56 \text{ m}^3/\text{jam}$$

**4.2 Perhitungan Rekomendasi Sistem Pemompaan**

Debit pemompaan yang dibutuhkan:

$$Q_p = \frac{Q_{total}}{D \times 3600}$$

$$Q_p = \frac{24.157,44 \text{ m}^3/\text{hari}}{24 \times 3600 \times 0,416 \text{ hari}} = 0,6721 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Keterangan:

Qp = debit pompa yang dibutuhkan

Q = debit limpasan

D = lama waktu pemompaan = 10 jam= 0,416 hari

Hasil analisis menurut perhitungan debit total dan jam kerja pompa kapasitas pompa yang dibutuhkan sebesar 0,6721 m<sup>3</sup>/detik , sedangkan kapasitas aktual pompa yaitu 0,1017 m<sup>3</sup>/detik atau 366 m<sup>3</sup>/jam sehingga pompa tidak mampu memompa debit total dan terjadilah kerusakan pompa. Dari debit total dan debit aktual pompa maka dilakukan analisis kembali agar mengetahui berapa kebutuhan pompa.

$$\text{jumlah pompa} = \frac{Q_{total}}{Q_{pompa}}$$

$$\text{jumlah pompa} = \frac{1.006,56 \text{ m}^3/\text{jam}}{366 \text{ m}^3/\text{jam}}$$

Jumlah pompa = 3 pompa

**4.3 Perhitungan Rancangan Dimensi Saluran**

Saluran yang direncanakan yaitu saluran buatan dengan tipe dinding saluran tanah berbentuk trapesium, maka berdasarkan tabel harga koefisien manning diperoleh nilai n = 0,030. Kemiringan dasar saluran ditentukan dengan pertimbangan kondisi topografi daerah peneliiian, pada umumnya kemiringan dibuat (S)= 0,25% - 0,5% agar aliran dapat mengalir secara alamiah, tidak terjadi erosi dan pengendapan partikel yang berlebih.

Data untuk pembuatan saluran yaitu sebagai berikut:

- a. Debit air pada daerah ini adalah sebesar 0,2796 m<sup>3</sup>/detik
- b. Panjang Saluran (L) air daerah ini adalah 545 m
- c. Kemiringan (S) dasar saluran air tambang pada daerah ini adalah: 50%= 0,005

$$V = \frac{1}{n} \times S^{1/2} \times R^{2/3}$$

$$V = \frac{1}{0,030} \times (0,005)^{1/2} \times (0,46 h)^{2/3}$$

$$V = 1,389 h^{2/3}$$

$$Q_{total} = V \times A$$

$$0,2796 = 1,389 h^{2/3} \times 1,5 h^2$$

$$2,083 h^{8/3} = 0,2796$$

$$h^{8/3} = \frac{0,2796}{2,083}$$

$$h^{8/3} = 0,134$$

$$h = 0,5 \text{ m}$$

Jadi tinggi air dalam saluran adalah 0,5 m dan lebar

dasar saluran 0,5 m karena b=h  
 Tinggi jagaan(x) = 25% h  
 = 0,25 x 0,5  
 = 0,125 m

Tinggi saluran(H) = h + tinggi jagaan  
 = 0,5 + 0,125  
 = 0,625

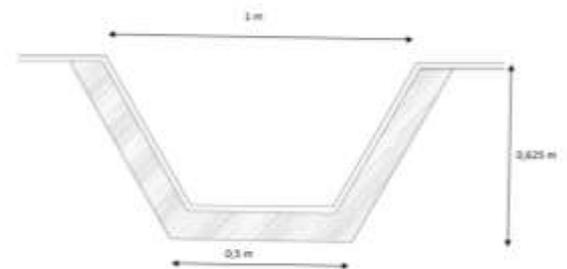
Luas Penampang (A) = ( b + ( b + m + m ) ½ h )  
 = ( h + ( h + ½ h + ½ h ) ½ h )  
 = 3h . ½ h  
 = 1,5 h<sup>2</sup>  
 = 1,5 (0,5<sup>2</sup>)  
 = 0,375 m<sup>2</sup>

Panjang sisi luar saluran (a) = h/sin α  
 = 0,5/sin 60°  
 = 0,60 m

Lebar permukaan saluran (B) = b + 2m x h  
 = 0,5 m + 2 x 0,5 x 0,5 m  
 = 1 m

**Tabel 5.** Rancangan dimensi saluran terbuka

Dimensi Saluran Terbuka	
Lebar dasar saluran (b)	0,5 m
Tinggi jagaan (x)	0,125 m
Tinggi saluran (h)	0,625 m
Luas penampang (A)	0.375 m <sup>2</sup>



**Gambar 2.** Rancangan dimensi saluran dengan autocad

**4.4 Perhitungan Rancangan Dimensi Sump**

Volume sump yang optimum dapat dicari dari selisih antara volume air limpasan permukaan ditambah volume air tanah dengan volume pemompaan harian. Pompa yang digunakan untuk mengeluarkan air dari sump adalah pompa taft Hiline dengan jumlah pompa sebanyak 1 unit. Waktu operasi pompa yang direncanakan adalah 10 jam/hari. Berikut perhitungan volume sump.

a. Debit air permukaan dan air tanah yang digunakan dalam perhitungan adalah debit pada *catchment area* Blok Timur, dikarenakan letak *sump* pada *catchment area* tersebut.

Debit air permukaan = 970,56 m<sup>3</sup>/jam

Debit air tanah = 36 m<sup>3</sup>/jam

b. Debit pemompaan adalah debit pompa per unit dikali banyak unit yang beroperasi pada *sump*.

Unit yang beroperasi = 1 unit

Debit pompa = 366 m<sup>3</sup>/jam

Debit pemompaan = 1 x 366 m<sup>3</sup>/jam = 366 m<sup>3</sup>/jam

c. Volume air total merupakan debit air total (debit air permukaan dan air tanah) dikali dengan 24 jam. Durasi hujan dianggap 24 jam itu merupakan kemungkinan terburuk yang akan terjadi.

d. Vol. Air Total (m<sup>3</sup>/hari) = Vol. Limpasan + Vol. Air Tanah

$$= (970,56 \text{ m}^3/\text{jam} \times 24 \text{ jam}) + (36 \text{ m}^3/\text{jam} \times 24 \text{ jam})$$

$$= 24.157,44 \text{ m}^3/\text{hari}$$

e. Volume pemompaan (m<sup>3</sup>/hari) = debit pemompaan (m<sup>3</sup>/jam x operasi pompa perhari (jam/hari))

$$\text{Vol. pemompaan (m}^3/\text{hari)} = 366 \text{ m}^3/\text{jam} \times 10 \text{ jam}$$

$$= 3660 \text{ m}^3/\text{hari}$$

f. Volume *sump* yang harus dibuat adalah selisih antara volume air total yang masuk dan volume pemompaan.

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

$$= 24.157,44 \text{ m}^3/\text{hari} - 3660 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 20.497,44 \text{ m}^3$$

*Sump* yang direkomendasikan berbentuk trapesium dengan panjang sisi bawah yang lebih kecil dari panjang sisi atas. Volume *sump* (V) dengan bentuk tersebut dapat dituliskan sebagai berikut:

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

Diasumsikan:

X<sup>2</sup> = Luas Penampang Atas (m<sup>2</sup>)

Y<sup>2</sup> = Luas Penampang Bawah (m<sup>2</sup>)

X = Panjang sisi persegi atas (m)

Y = Panjang sisi persegi bawah (m)

z = Tinggi Kolam (m)

Diketahui bahwa debit harian dari *catchment area* yang mengarahkan air ke pit penambangan yaitu sebesar 21.249,12 m<sup>3</sup>/hari. Ditentukan bahwa *sump* berbentuk trapesium, maka sudut kemiringan dinding *sump* adalah 60°. Tinggi *sump* yang direkomendasikan adalah 5 meter. Maka, dapat ditentukan panjang sisi trapesium (W) adalah

sebagai berikut:

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

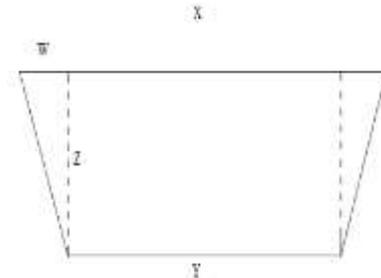
$$\tan \alpha = \frac{z}{w}$$

$$W = \frac{5}{\tan 60^\circ} = 2,88$$

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

$$X = 2(2,88) + Y$$

$$X = 5,76 + Y$$



**Gambar 3.** Visualisasi Dimensi *Sump*  
Diketahui volume trapesium:

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

$$= \frac{\{(5,76+Y)^2+Y^2\}}{2} \times 5$$

$$= (33,1776 + 11,52 Y + Y^2 + Y^2) \times 2,5$$

$$= 82,944 + 28,8 Y + 5 Y^2$$

Nilai V telah diketahui 20.497,44 m<sup>3</sup>, sehingga persamaan di atas menjadi:

$$V = 82,944 + 28,8 Y + 5 Y^2$$

$$20.497,44 = 82,944 + 28,8 Y + 5 Y^2$$

$$5 Y^2 + 28,8 Y - 20.497,44 = 0$$

Untuk mencari nilai Y dapat digunakan rumus abc sebagai berikut:

$$Y_{12} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2A}$$

dimana:

a= 5

b= 28,8

c= -20.497,44

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

$$Y_{12} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2A}$$

$$= \frac{-28,8 \pm \sqrt{28,8^2 - (4 \times 5 \times (-20.497,44))}}{2 \times 5}$$

$$= \frac{-28,8 \pm 640}{10}$$

$$= 62 \text{ m}$$

Maka didapatkan nilai X

$$X = 5,76 + Y$$

$$= 5,76 + 62$$

$$= 68,76 \text{ m} = 69 \text{ m}$$

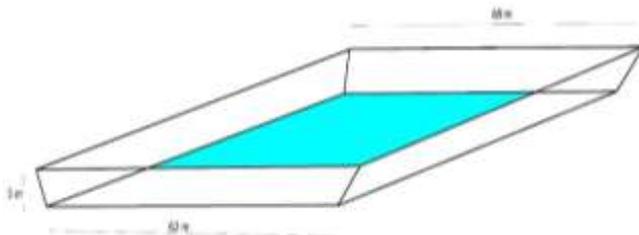
Maka untuk menampung volume maksimum sebesar

20. 497,44 m<sup>3</sup>, perlu melakukan perubahan dimensi *sump* sebagai berikut:

- Panjang permukaan sumuran= 69 m
- Lebar permukaan sumuran= 69 m
- Panjang dasar sumuran= 62 m
- Lebar dasar sumuran= 62 m
- Kedalaman= 5 m

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

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= \frac{(\text{luas permukaan sumuran} + \text{luas dasar sumuran})}{2} \times \\ &\text{kedalaman} \\ &= \frac{\{(69 \text{ m} + 69 \text{ m}) + (63 \text{ m} \times 63 \text{ m})\}}{2} \times 5 \text{ m} \\ &= 21.512 \text{ m}^3 \end{aligned}$$



Gambar 4. Rancangan dimensi *sump* dengan autocad

#### 4.5 Hasil Rekomendasi Pemecahan Masalah

Dari hasil pengolahan data didapat rekomendasi pemecahan masalah yang telah dilakukan proses pengolahan dan analisis data di atas dapat menjadi bahan pertimbangan bagi perusahaan terkait dengan penanganan debit air yang masuk ke Blok Timur penambangan batubara PT. Prima Delin Agro Permai agar didapat sistem penyaliran tambang untuk mengatasi dan mencegah genangan air limpasan dan menunjang pencapaian target produksi. Berdasarkan hasil pengolahan dan analisis data pada setiap rekomendasi pemecahan masalah, selanjutnya didapatkan rekapitulasi hasil analisis data pada Tabel di bawah ini.

Tabel 6. Hasil Rekomendasi

Rekomendasi	Hasil
Rekomendasi Rancangan Sistem Pemompaan	aktual pompa= 0,1017 m <sup>3</sup> /detik total =1006,56 m <sup>3</sup> /jam $\text{Jumlah pompa} = \frac{Q \text{ total}}{Q \text{ pompa}}$ $\text{Jumlah pompa} = \frac{1006,56 \text{ m}^3/\text{jam}}{366 \text{ m}^3/\text{jam}}$ Jumlah pompa = 3 pompa
Rekomendasi Saluran Terbuka	$\alpha = 60^\circ$ N= 0,003 b= 0,5 m A= 0,375 m <sup>2</sup> H= 0,625 X= 0,125 B= 1 m
Rekomendasi dimensi <i>sump</i>	a. Panjang permukaan sumuran= 69 m b. Lebar permukaan sumuran= 69 m c. Panjang dasar sumuran= 62 m d. Lebar dasar sumuran= 62 m e. Kedalaman= 5 m

Berdasarkan analisis pada setiap rekomendasi pemecahan masalah dan rekapitulasi hasil analisis data di atas, maka penulis merekomendasikan penambahan 6 unit pompa sebagai pemecahan masalah yang lebih efektif dan efisien untuk pemecahan masalah terkait sistem penyaliran tambang di *front* penambangan blok timur PT. Prima Delin Agro Permai, dengan pertimbangan perusahaan hanya perlu memperbaiki pompa yang ada sehingga tidak perlu lagi membuat rancangan saluran terbuka atau dimensi *sump* yang akan lebih menghabiskan waktu yang lama

## 5. Penutup

### 5.1 Kesimpulan

1. Sistem penyaliran tambang di PT. Prima Delin Agro Permai menggunakan sistem *mine dewatering* menggunakan pompa rakitan mesin *taft hiline*. Selain itu, tidak berfungsinya saluran terbuka akibat proses sedimentasi dan dimensi *sump* yang ada belum mampu menampung air limpasan.
2. Debit air total yang masuk ke *front* penambangan berdasarkan data curah hujan, debit air limpasan dan debit air tanah sebesar 0,2796 m<sup>3</sup>/detik.
3. Jumlah pompa yang dibutuhkan oleh PT. Prima Delin Agro Permai untuk mengeluarkan air yang masuk ke *front* penambangan blok timur sebanyak 3 unit mesin pompa *taft hiline*. Namun jika jam kerja pompa 12 jam perhari maka dibutuhkan 6 unit pompa.
4. Berdasarkan hasil analisis maka didapatkan dimensi saluran terbuka dengan kemiringan dasar saluran (S) = 0,30 %, lebar dasar saluran (b) = 0,5 m, Tinggi saluran (H) = 0,625 m dan luas penampang (A) = 0,375 m<sup>2</sup>. Selain itu, didapatkan dimensi *sump* dengan panjang permukaan sumuran dan lebar permukaan sumuran sebesar 69 m, panjang dasar dan lebar dasar sumuran sebesar 62 m dengan kedalaman sebesar 5 m. Dapat menampung volume air hingga 21. 512 m<sup>3</sup>

### 5.2 Saran

1. Perlu adanya perencanaan sistem penyaliran tambang untuk kemajuan penambangan tahun-tahun berikutnya.
2. Dalam mengoperasikan pompa sebaiknya disesuaikan *operating speed* (RPM) pompa dengan head total yang diatasi, agar pompa bekerja pada titik efisiensi terbaik, hal tersebut berpengaruh terhadap umur pompa.
3. Semua komponen dalam sistem penyaliran tambang yang ada nantinya harus selalu dilakukan *maintenance* guna mendapatkan hasil yang maksimal dan tepat guna.

## Daftar Pustaka

- [1] Anonim. Data-Data Laporan dan Arsip PT. Prima Delin Agro Permai
- [2] Gautama, Rudi Sayoga. 2019. *Sistem Penyaliran Tambang*. Bandung: ITB Suwandhi, Awang 2004. *Diklat Perencanaan Sistem Penyaliran Tambang*. Bandung: Unisba
- [3] Suwandhi, Awang 2004. *Diklat Perencanaan Sistem Penyaliran Tambang*. Bandung: Unisba
- [4] Adhyani, N.L., Basuki, dan Winarsih L. 2009. *Analisis Periode Ulang Hujan Maksimum dengan Berbagai Metode*. Jurnal Agromet. 23(2). 78-85.
- [5] Suripin. 2004. *Sistem Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: PT. Andi.
- [6] Soewarno. 1995. *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik Jilid 1*. Bandung: Penerbit Nova.
- [7] Soemarto, C. D., 1986. *Hidrolik Teknik*. Usaha Nasional. Surabaya
- [8] Soemarto, CD. 1995. *Hidrologi Teknik*. Jakarta: Erlangga
- [9] Widodo, Lilik Eko. 2012. *Hidrologi, Hidrogeologi Serta Penyaliran Tambang*. Bandung: LAPI ITB.
- [10] Triatmodjo, Bambang. 2008. *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- [11] Karmawan, S.S. 1997. Statika: bagian dari mekanika teknik. Jakarta: Universitas Indonesia (UI Press).
- [12] Hermawan, Andhika Budi. 2011. *Rancangan Sistem Penyaliran Tambang Batubara Di Sub Blok 4I Dan 4III PT. Antang Gunung Meratus Provinsi Kalimantan Selatan*. Laporan Penelitian: ITB
- [13] Sularso, Tahara. 2006. *Pompa dan Kompresor*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- [14] Sugiyono, P.D., 2008. *Metode penelitian kuantitatif dan kualitatif dan R&D*. Bandung (ID): Alfabeta.