

# Perencanaan Sistem Penyaliran Tambang Batubara Bawah Tanah Seam C1 Blok Timur Site Sapan Dalam PT Nusa Alam Lestari Desa Salak, Sapan Dalam, Kota Sawahlunto, Sumatera Barat

Stella Putri Pratama<sup>1\*</sup>, Tamrin Kasim<sup>1\*\*</sup>

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

[\\*stellputrip@gmail.com](mailto:*stellputrip@gmail.com)

[\\*\\*tamrin@ft.unp.ac.id](mailto:**tamrin@ft.unp.ac.id)

**Abstract.** PT Nusa Alam Lestari in July 2018 on the mining front of the Seam C1 hole carried out mining activities along the 97 meter opening hole in the main hole and 4 branch holes that had been realized. The amount of groundwater discharge entering the mining area at the Seam C1 hole is 5.112 m<sup>3</sup> / minute. The number and specifications of the ideal pump for pumping water from the Seam C1 pit mine front are 2 units of Airlux pump with a discharge capacity of 6 m<sup>3</sup> / hour in operation, with an Airlux pump with a discharge capacity of 6 m<sup>3</sup> / hour with a maximum head of 12 meter; the actual total head is 25.08 m on front of Seam C1. The dimensions and shape of the sump design are ideal for underground coal mine drainage systems at the Seam C1 mining site planned to be rectangular with dimensions of 2 m in length, 1 m in width, 2 m in depth.

Keywords: Underground Mine, Mine Dewatering, Groundwater Discharge, Pump, Sump

## 1. Pendahuluan

PT Nusa Alam Lestari merupakan PT Nusa Alam Lestari merupakan perusahaan yang bergerak dibidang jasa pertambangan yang melakukan penambangan batubara dengan luas WIUP PT Nusa Alam Lestari ±100 Ha. PT Nusa Alam Lestari menggunakan sistem penambangan tambang bawah tanah (*underground mining*) dengan metoda penambangan *room and pillar* <sup>[1], [2]</sup>.

PT Nusa Alam Lestari melakukan aktivitas penambangan pada 3 blok yaitu Blok 1 (Sapan Dalam), Blok 2 (Bukit Tambun), Blok 3 (Tanah kuning. Dimana lokasi penelitian penulis berada pada Blok 1 (Sapan Dalam) yang berada pada arah timur yaitu *Seam C1* <sup>[3]</sup>. Pada bulan Juni 2018, PT Nusa Alam Lestari akan melakukan kegiatan penambangan pada *Seam C1* blok timur yang terdiri dari 1 lubang bukaan. Panjang lubang bukaan (*shaft*) yang direncanakan untuk kegiatan penambangan sepanjang 180 m.

Dalam menunjang proses produksi penambangan diperlukan suatu sistem penyaliran tambang, sehingga di PT Nusa Alam Lestari berbagai infrastruktur dibuat untuk mengendalikan air yang mengalir di area penambangan, khususnya di *front* penambangan. Sistem penanganan air di daerah ini lebih diperhatikan karena berhubungan langsung

dengan aktivitas penambangan yang selalu bersifat bergerak (*mobile*) seiring dengan kedalaman penambangan. Perencanaan penyaliran yang tidak tepat dapat menimbulkan permasalahan-permasalahan dalam penambangan sering terjadi adalah banyaknya air yang masuk atau tergenang yang menyebabkan terganggunya aktivitas penambangan.

Dari hasil pengamatan penulis di lapangan pada bulan Juli 2018 di *front* penambangam lubang *Seam C1* PT Nusa Alam Lestari melakukan kegiatan penambangan sepanjang lubang bukaan 97 meter pada lubang utama dan 4 lubang cabang yang sudah teralisasi yaitu pada lubang cabang A sepanjang 35 meter, lubang cabang B sepanjang 24 meter, lubang cabang C sepanjang 14 meter dan lubang cabang D sepanjang 11 meter. Pada saat ini, hanya 1 unit pompa Submersible *Airlux* yang digunakan di *front* penambangan sehingga air yang mengenai lantai kerja tidak semuanya dapat dikeluarkan oleh pompa, terdapatnya genangan air yang cukup luas dan menutupi lantai kerja penambangan, keterdapatn genangan air ini berasal dari curah hujan yang cukup tinggi, dan belum adanya instalasi pompa bekerja pada lubang bukaan *Seam C1* sehingga mengganggu aktivitas penambangan di *front* penambangan.

Dalam menunjang jalannya aktivitas penambangan dibutuhkan suatu sistem penyaliran tambang yang efektif

dan efisien, ditandai dengan tidak adanya air di front penambangan sehingga perlu dilakukan instalasi pemompaan agar kegiatan pemompaan dapat bekerja dengan baik dan tercipta kondisi kerja yang aman dan nyaman bagi para pekerja tambang yang dapat berdampak pada besarnya produksi yang akan dihasilkan oleh PT Nusa Alam Lestari.

## 2. Dasar Teori

### 2.1 Sistem Penyaliran Tambang

Pengertian penyaliran adalah suatu usaha untuk mencegah, mengeringkan dan mengeluarkan air yang menggenangi suatu daerah tertentu. Penirisan tambang adalah penirisan yang diterapkan didaerah penambangan yang bertujuan untuk mencegah masuknya air atau mengeluarkan air yang telah masuk menggenangi daerah penambangan yang dapat mengganggu aktivitas penambangan [6].

Sistem penyaliran yang ada dilokasi tambang bawah tanah (*Underground Mining*) dilaksanakan karena akumulasi air di dalam tambang yang harus dikeluarkan. Tujuan penyaliran tambang adalah mencegah terjadinya korosi pada peralatan tambang. Mencegah terjadinya akumulasi (genangan) air di dalam tambang. Menciptakan kondisi kerja yang aman dan nyaman di dalam tambang.

Teknik penyaliran bisa bersifat pencegahan atau pengendalian air masuk ke lokasi penambangan. Perusahaan cenderung memutuskan teknik penyaliran dengan mempertimbangkan biaya yang dikeluarkan tanpa mengurangi keselamatan kerja [6]. [5]

Penanganan masalah air dalam suatu tambang dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu [6]. [4].

#### 2.1.1 Mine Drainage

*Mine drainage* merupakan suatu upaya untuk mencegah masuk atau mengalirnya air ke areal *front* kerja.

#### 2.1.2 Mine Dewatering

*Mine dewatering* merupakan usaha yang dilakukan untuk mengeluarkan air yang telah masuk ke dalam areal penambangan.

## 2.2 Air Bawah Tanah

Secara umum, air tanah adalah air yang terdapat di bawah permukaan bumi. Dalam menentukan dimensi lubang bukaan untuk kelancaran aktivitas pertambangan bawah tanah, keterdapatannya air tanah sangat mempengaruhi penentuan dimensi lubang bukaan. Akumulasi air dan kapasitas transport dari suatu formasi ditentukan oleh porositas. Porositas adalah sebagai perbandingan volume pori-pori terhadap volume total [6].

Air tanah menyusun suatu bagian dari sistem sirkulasi air di bumi yang disebut siklus hidrologi. Formasi yang menyimpan air dari kerak bumi bertindak sebagai jalur

pergerakan dan penyimpanan air. Air masuk dalam formasi ini dari permukaan tanah kemudian bergerak perlahan dengan jarak yang bervariasi sampai akhirnya muncul kembali ke permukaan tanah karena aliran alamiah, atau disebabkan oleh tumbuhan atau aktivitas manusia. [7].

Air tanah adalah air yang menempati pori-pori atau rekahan di dalam lapisan tanah atau batuan dan dapat mengalir diantara pori-pori atau rekahan air yang terdapat dibawah permukaan tanah, khususnya yang berada di dalam zona jenuh air [8].

Untuk mengetahui debit air tanah dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut [9]:

$$Q = \frac{\bar{h} (L_1 + L_2)}{2 \Delta t} \quad (1)$$

Keterangan:

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

$\Delta t$  = Waktu Pengamatan Perubahan Air *Sump* (jam)

$\bar{h}$  = Kenaikan Permukaan

L1 = Luas Permukaan Air Diawal (m<sup>2</sup>)

L2 = Luas Permukaan Air Diakhir (m<sup>2</sup>)

Namun perhitungan debit air tanah juga dapat dilakukan dengan cara menghitung kecepatan dan luas dari sebuah paritan yang masuk atau sengaja dialirkan ke dalam *sump*, dengan rumus berikut [10]:

$$Q = V \times A \quad (2)$$

Keterangan :

Q = Debit Air Tanah (m<sup>3</sup>/s)

V = Kecepatan Aliran Air (m/s)

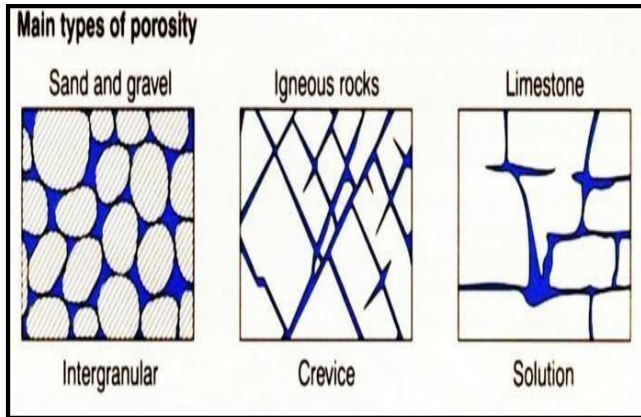
A = Luas Permukaan Paritan (kedalaman x lebar)

## 2.3 Akifer

Akifer adalah suatu formasi atau lapisan batuan yang mempunyai kemampuan untuk menyimpan dan mengalirkan air tanah dalam jumlah berarti.

Berdasarkan sifat fisik batuan, secara garis besar ada 2 jenis media penyusun akifer, yaitu sistem media pori dan sistem media rekahan. Kedua sistem ini memiliki karakter air tanah yang berbeda satu sama lain. Pada sistem media berpori, air tanah mengalir melalui rongga antar butir yang terdapat dalam suatu batuan misalnya batupasir dan batuan aluvial.

Pada sistem media rekahan, air mengalir melalui rekahan-rekahan yang terdapat pada batuan yang terkena tektonik kuat, pada batu gamping, batuan metamorf, dan lava. Rekahan terjadi selain akibat proses tektonik, juga akibat proses pelarutan pada batu gamping. Media penyusun akifer dapat dilihat pada Gambar 1 berikut ini [11].



**Gambar 1.** Model Akifer Media Pori, Ruang Antar Butri, dan Media Rekahan

## 2.4 Sump

Berdasarkan fungsi dan penempatannya, *sump* tambang dibedakan menjadi tiga macam, yaitu *sump* tambang permanen (*main sump*), *transit sump* dan sementara (*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 [12].

Tahapan selanjutnya setelah penentuan ukuran *sump* adalah menentukan lokasi *sump* di lubang bukaan tambang. Pada prinsipnya *sump* diletakkan pada lantai tambang (*floor*) yang paling rendah, jauh dari aktivitas penggalian endapan, area di sekitarnya tidak mudah longsor, dekat dengan kolam pengendapan dan mudah untuk dibersihkan [13].

Volume *sump* yang optimum dapat juga dicari dari selisih antara volume air limpahan dengan volume pemompaan harian [13].

$$\text{Vol. sump} = \text{Vol. Total Inflow (m}^3/\text{hari)} - \text{Vol. Pemompaan (m}^3/\text{hari)} \quad (4)$$

$$\text{Vol. Total inflow (m}^3/\text{hari)} = \text{Vol Air Tanah} \quad (5)$$

$$\text{Vol. Pemompaan (m}^3/\text{hari)} = \text{debit pemompaan (m}^3/\text{jam)} \times \text{waktu operasi pompa per hari (jam/hari)} \quad (6)$$

Ada dua jenis tata letak sistem penyaliran tambang yaitu:

### 2.4.1 Sistem Penyaliran Memusat

Pada sistem ini *sump* akan ditempatkan di setiap jenjang tambang, dengan sistem pengalirannya dari jenjang paling atas menuju jenjang dibawahnya sehingga akhirnya air

dipusatkan di *main sump* untuk kemudian dipompa keluar tambang [14] [15].

### 2.4.1 Sistem Penyaliran Tidak Memusat

Sistem ini dapat dilakukan bila kedalaman tambang relatif dangkal dengan keadaan geografis daerah luar tambang memungkinkan untuk mengalirkan air langsung dari *sump* keluar tambang.

Jika bentuk dari dimensi *sump* adalah trapezium, untuk menentukan volume *sump* yang akan dipakai, digunakan rumus sebagai berikut [13,16].

$$\text{Volume} = \frac{(\text{luas atas} + \text{luas bawah})}{2} \times \text{kedalaman} \quad (7)$$

Jika:

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

$$y^2 = \text{Luas bawah (m}^2\text{)}$$

$$h = \text{Kedalaman (m)}$$

## 2.5 Pompa

Pompa merupakan alat yang digunakan untuk memindahkan air di daerah tambang, baik itu air tanah maupun air bawah tanah [6].

Dalam sistem penyaliran tambang, pompa dan pipa sangat diperlukan untuk mencegah maupun mengeluarkan air yang masuk ke lokasi tambang.

Beberapa hal yang perlu diketahui untuk menentukan kapasitas pompa, yaitu:

### 2.5.1 Debit yang dihasilkan Pompa

Biasanya dilakukan simulasi beberapa alternatif debit pompa dari beberapa macam pompa, kemudian di pilih debit pompa yang menghasilkan efisiensi maksimum.

### 2.5.2 Jenis-Jenis Pompa

Sesuai dengan prinsip kerjanya, pompa dibedakan atas [17].

- Reciprocating Pump
- Centrifugal Pump
- Axial Pump

### 2.5.3 Head Total Pompa

*Head* total pompa yang harus disediakan untuk mengalirkan jumlah air seperti direncanakan, dapat ditentukan dari kondisi instalasi yang akan dilayani oleh pompa.

Dalam perhitungan *head* total pompa dapat menggunakan rumus [17]:

$$HT = H_s + H_f + H_{sv} + H_v + \Delta H_p \quad (8)$$

Dimana *HT* adalah *head* total pompa yang merupakan penjumlahan dari *head statis* dan kerugian-kerugian yang ada pada kondisi direncanakan seperti adanya belokan, sambungan, katup dan lain-lain [1,18].

- 1) *Hs (Head Statis)* yaitu perbedaan elevasi pipa hisap dengan elevasi pipa buang (m).  

$$Hs = H1 - H2 \tag{9}$$

Keterangan:

*H1* = Elevasi pipa buang (mdpl)  
*H2* = Elevasi pipa hisap (mdpl)

- 2) *Hf (HeadFriction)* yaitu kerugian energi akibat gesekan pada pipa (m).  

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

Keterangan:

*Hf* = Faktor kekasaran (m)  
*Q* = Debit aliran (m<sup>3</sup>/detik)  
*C* = Koefisien  
*L* = Panjang pipa aliran (m)  
*D* = Diameter pipa (m)

- 3) *Hv (Head Velocity)* merupakan *head* kecepatan keluar (m).

$$Hv = \frac{v^2}{2g} \tag{11}$$

Keterangan:

*V* = Kecepatan (m/detik)  
*g* = Gravitasi (m/detik<sup>2</sup>)

- 4) *Hsv* merupakan kehilangan energi akibat *fitting-fitting* dan pemasangan konstruksi pada instalasi.  

$$Hsv = \text{Banyak} \times Le \times Hf \tag{12}$$

$$Hsv = f_n \left( \frac{v^2}{2g} \right) \tag{13}$$

$$f_n = \left[ 0,131 + 1,847 \left( \frac{D}{2R} \right)^{3,5} \right] \times \left( \frac{\theta}{90} \right)^{0,5} \tag{14}$$

Keterangan:

*D* = Diameter dalam pipa (m)  
*R* = Jari-jari lengkung sumbu belokan (m)  
*θ* = Sudut belokan (derajat)

- 5) Perhitungan *Head* Akibat Tekanan Potensial (*ΔHp*).

$$\Delta Hp = Hp1 - Hp2 \tag{15}$$

$$Hp1 = 10,33 \left( 1 - \frac{0,0065 \times H2}{288} \right)^{5,256} \tag{16}$$

$$Hp2 = 10,33 \left( 1 - \frac{0,0065 \times H1}{288} \right)^{5,256} \tag{17}$$

### 2.5.4 Jumlah Pompa

Untuk menentukan jumlah pompa dapat dilakukan dengan membandingkan antara volume air yang masuk ke areal tambang dengan debit pemompaan. Aspek-aspek yang perlu diperhatikan yaitu [17]:

- Berat dan ukuran pompa yang akan diangkut dari pabrik ke tempat pemakaian pompa.
- Lokasi pemasangan pompa dan transportasi/pengangkutan.
- Jenis penggerak pompa yang harus disesuaikan dengan keadaan lokasi pemasangan pompa.

- Pengadaan suku cadang pompa.
- Resiko dan keselamatan kerja dalam pemasangan dan pengangkutan pompa.
- Pertimbangan ekonomi.

### 2.6 Saluran Terbuka

Saluran berfungsi untuk menampung sementara serta mengalirkan air ke tempat lain. Bentuk penampang saluran umumnya dipilih berdasarkan debit air, material pengotor dan kemudahan dalam pembuatannya. Dalam merancang bentuk dan geometri saluran air perlu dilakukan analisis, sehingga saluran air tersebut memenuhi hal sebagai berikut [19]:

- Dapat mengalirkan debit air yang direncanakan.
- Kecepatan air sedemikian rupa, sehingga tidak terjadi pengendapan/sedimentasi.
- Kecepatan air sedemikian rupa, sehingga tidak merusak saluran (erosi).
- Kemudahan dalam penggalian (pembuatan).

Saluran air dengan penampang segiempat atau segitiga umumnya untuk debit kecil, sedangkan penampang trapesium untuk debit besar. Bentuk penampang yang paling sering dan umum di pakai adalah bentuk trapesium, sebab mudah dalam pembuatannya, murah, efisien dan mudah dalam perawatannya serta stabilitas kemiringannya dapat disesuaikan menurut keadaan topografi dan geologi. Koefisien kekasaran dinding saluran menurut *Manning* dapat dilihat pada Tabel 1. Perhitungan kapasitas pengaliran suatu saluran air dapat dilakukan dengan rumus *Manning pada* Persamaan yaitu:

$$Q = \frac{1}{n} \times A \times S^{\frac{1}{2}} \times R^{\frac{1}{2}} \tag{18}$$

Keterangan :

*Q* = Besarnya debit air yang mengalir sepanjang saluran (m<sup>3</sup>/detik)  
*R* = Jari-jari hidrolis (A/P)  
*S* = Gradien kemiringan dasar saluran (%)  
*n* = Koefisien kekasaran *Manning* (tabel 8)  
*A* = Luas penampang saluran (m<sup>2</sup>)  
*P* = Keliling basah, (m)

**Tabel 1.** Koefisien Kekasaran Dinding Saluran Menurut *Manning* [19]

Tipe	Dinding	N
Semen		0,010 – 0,014
Beton		0,011 – 0,016
Bata		0,012 – 0,020
Besi		0,013 – 0,017
Tanah		0,020 – 0,030
Kerikil		0,022 – 0,035
Tanah yang ditanam		0,025 – 0,040

Dimensi penampang yang paling efisien untuk beberapa bentuk penampang saluran air adalah sebagai berikut:

### 2.6.1 Penampang Trapesium

Dalam menentukan dimensi saluran terbuka bentuk trapesium dengan luas maksimum hidrolis, luas penampang aliran ( $d$ ), kedalaman saluran ( $h$ ), lebar dasar saluran ( $b$ ), penampang sisi saluran dari dasar ke permukaan ( $a$ ), lebar permukaan saluran ( $B$ ), dan kemiringan dinding saluran ( $m$ ), mempunyai hubungan yang dapat dinyatakan pada persamaan berikut ini [10].

$$A = b \times d + m \times d^2 \quad (19)$$

$$R = 0,5 \times d \quad (20)$$

$$B = b + 2m \times h \quad (21)$$

$$\frac{b}{d} = 2\{(1 + m^2)^{0,5} - m\} \quad (22)$$

$$a = \frac{h}{\sin \alpha} \quad (23)$$

$$x = 15\% \times d \quad (24)$$

Untuk dimensi saluran terbuka dengan bentuk trapezium dengan luas penampang optimum dan mempunyai sudut kemiringan  $60^\circ$  dapat dicari menggunakan persamaan berikut ini [10]:

$$m = \cot \alpha \quad (25)$$

$$= \cot 60^\circ$$

$$= 0,58$$

Untuk harga  $b/d$  dapat dicari menggunakan persamaan berikut ini [10]:

$$b/d = 2\{(1 + m^2)^{0,5} - m\} \quad (26)$$

$$b = 1,5d$$

### 2.6.2 Penampang Segi Empat

Harga lebar dasar saluran ( $b$ ), lebar permukaan saluran ( $B$ ), luas penampang basah ( $A$ ) dan keliling basah ( $P$ ) dapat dicari menggunakan Persamaan berikut ini [10]:

$$Bb = 2d$$

$$A = 2d^2$$

$$P = 4d$$

### 2.6.3 Penampang Segitiga

Harga luas penampang basah ( $A$ ), jari-jari hidrolis ( $R$ ) dan keliling basah ( $P$ ) dapat dicari menggunakan persamaan berikut ini:

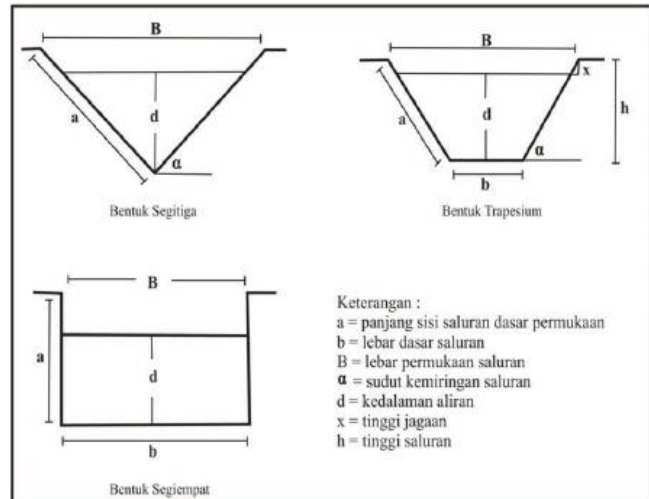
$$\text{Sudut tengah} = 90^\circ \quad (27)$$

$$\text{Luas penampang basah (A)} = d^2 \quad (28)$$

$$\text{Jari-jari hidrolis (R)} = \frac{2}{2\sqrt{2}} \quad (29)$$

$$\text{Keliling basah (P)} = 2d \times \sqrt{2} \quad (30)$$

Visualisasi untuk dimensi setiap jenis saluran terbuka dapat dilihat pada gambar 2 berikut ini [14,15].



Gambar 2. Berbagai Bentuk Penampang Saluran

## 3. Metodologi Penelitian

### 3.1 Jenis Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode penelitian kuantitatif. Hal itu dikarenakan dalam penelitian nantinya, akan menggunakan data-data berupa angka-angka. Menpenelitian kuantitatif adalah suatu proses menemukan pengetahuan yang menggunakan data berupa angka sebagai alat menganalisis keterangan mengenai apa yang ingin diketahui [20].

### 3.2 Teknik Pengolahan Data

#### 3.2.1 Melakukan pengukuran debit air tanah

Pada pengukuran debit air tanah yang dilakukan pada lokasi sumber air yang terbesar yaitu pada lubang cabang A, lubang B, lubang C, sump 1 dan sump 2 dengan cara melihat kenaikan permukaan air pada front kerja dan bak kontrol serta luasan genangan air pada saat pompa sebelum dihidupkan dan pada saat setelah pompa dinaikan.

Pengukuran ketinggian muka air dilakukan menggunakan pita ukur untuk mendapatkan elevasi awal dan elevasi akhir.

#### 3.2.2 Menentukan nilai dimensi sump

Menentukan nilai dimensi *sump* yang ideal untuk menampung genangan air tanah pada sistem penyaliran di lokasi penambangan lubang Seam C1 Blok Timur Site Sapan Dalam pada tambang PT Nusa Alam Lestari, Kecamatan Talawi, Kota Sawahlunto.

Dimensi *sump* ditentukan berdasarkan debit air yang masuk ke bukaan tambang.

## 4. Hasil

### 4.1 Debit Air Tanah

Air tanah menjadi parameter dalam perancangan suatu sistem penyaliran di tambang bawah tanah. Oleh karena itu



jumlah air tanah yang masuk ke dalam lubang tambang harus diketahui.

Untuk mengetahui seberapa banyak air yang muncul dari lubang C1 tersebut dilakukan pengukuran langsung di lapangan dengan cara mengukur air pada titik yang merupakan sumber air terbesar di lokasi penelitian lubang cabang A, lubang cabang B, lubang cabang C dan Sump, dapat dilihat pada sketsa Gambar 3 dibawah ini.



**Gambar 3 .** Sketsa Titik Pengukuran Debit Air Tanah pada Lubang C1

Pengambilan sampel debit air tanah dilakukan dengan melakukan pengukuran kenaikan permukaan air di front kerjadan sump sebelum pompa dihidupkan dan ketinggian permukaan genangan air pada setelah pompa dimatikan kemudian didapatkan rata-rata kenaikan air tersebut. Dengan menggunakan meteran untuk mendapatkan elevasi awal air dan elevasi akhir air. Pengukuran dilakukan sebanyak 10 kali dengan rentang waktu pompa dimatikan selama 30 menit. Adapaun luasan awal didapatkan pada permukaan air pada saat pompa dimatikan dan luasan akhir didapatkan pada permukaan air pada saat pompa dimatikan dihitung memakai rumus luas persegi panjang karena genangan air berada disepanjang lantai kerja lubang cabang dan sump.

**Tabel 2.** Pengukuran Debit Air Tanah pada Lubang Cabang A

No.	Elevasi muka air sebelum pompa dihidupkan (m)	Elevasi muka air setelah pompa dimatikan (m)	Rata-rata Kenaikan (m)	Luas Awal (m <sup>2</sup> )	Luas Akhir (m <sup>2</sup> )
1	0,29	0,32	0,03	22,27	22,34
2	0,31	0,34	0,03	22,25	22,29
3	0,27	0,30	0,03	22,45	22,52
4	0,32	0,33	0,01	22,32	22,40
5	0,30	0,33	0,03	22,36	22,45
6	0,28	0,34	0,06	22,43	22,55
7	0,31	0,32	0,01	22,31	22,35
8	0,33	0,35	0,02	22,19	22,30
9	0,29	0,32	0,03	22,25	22,42
10	0,27	0,31	0,04	22,30	22,36
Rata-Rata			0,03	22,23	22,40

**Tabel 3.** Pengukuran Debit Air Tanah pada Lubang Cabang B

No.	Elevasi muka air sebelum pompa dihidupkan (m)	Elevasi muka air setelah pompa dimatikan (m)	Rata-rata Kenaikan (m)	Luas Awal (m <sup>2</sup> )	Luas Akhir (m <sup>2</sup> )
1	0,29	0,35	0,06	20,26	20,35
2	0,31	0,37	0,06	21,28	21,34
3	0,27	0,33	0,06	22,22	22,30
4	0,32	0,35	0,03	21,19	21,25
5	0,30	0,36	0,06	20,24	21,29
6	0,28	0,37	0,09	22,18	20,27
7	0,31	0,35	0,04	22,39	22,45
8	0,33	0,38	0,05	22,28	22,37
9	0,29	0,35	0,06	21,20	22,28
10	0,27	0,34	0,07	21,25	22,32
Rata-Rata			0,06	21,24	21,32

**Tabel 4.** Pengukuran Debit Air Tanah pada Lubang Cabang C

No.	Elevasi muka air sebelum pompa dihidupkan (m)	Elevasi muka air setelah pompa dimatikan (m)	Rata-rata Kenaikan (m)	Luas Awal (m <sup>2</sup> )	Luas Akhir (m <sup>2</sup> )
1	0,19	0,25	0,06	9,17	9,24
2	0,21	0,27	0,05	9,15	9,19
3	0,17	0,23	0,06	9,35	9,42
4	0,22	0,25	0,03	9,22	9,30
5	0,20	0,26	0,06	9,26	9,35
6	0,18	0,27	0,09	9,33	9,45
7	0,21	0,25	0,04	9,21	9,25
8	0,23	0,28	0,05	9,19	9,28
9	0,19	0,25	0,06	9,25	9,32
10	0,17	0,24	0,07	9,20	9,26
Rata-Rata			0,05	9,23	9,30

**Tabel 5.** Pengukuran Debit Air Tanah pada *Sump*

No.	Elevasi muka air sebelum pompa dihidupkan (m)	Elevasi muka air setelah pompa dimatikan (m)	Rata-rata Kenaikan (m)	Luas Awal (m <sup>2</sup> )	Luas Akhir (m <sup>2</sup> )
1	1,22	1,28	0,06	2,14	2,28
2	1,38	1,47	0,09	2,25	2,34
3	1,35	1,43	0,08	2,54	2,63
4	1,39	1,45	0,06	2,36	2,42
5	1,24	1,31	0,07	2,57	2,65
6	1,37	1,43	0,06	2,48	2,57
7	1,23	1,39	0,06	2,62	2,74
8	1,38	1,46	0,08	2,45	2,53
9	1,32	1,38	0,06	2,52	2,66
10	1,25	1,32	0,07	2,78	2,04
Rata-Rata			0,07	2,07	2,28

Debit air tanah dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

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

Keterangan:

- Q : Debit air tanah (m<sup>3</sup>/menit)
- h : Rata-rata kenaikan air (m)
- L<sub>1</sub> : Luas permukaan air pada saat pompa dimatikan (m<sup>2</sup>)
- L<sub>2</sub> : Luas permukaan air pada saat pompa dimatikan (m<sup>2</sup>)
- Δt : Selisih waktu pompa dimatikan (menit)

Sehingga debit air tanah dari keempat sumber genangan terbesar yaitu:

**4.1.1 Debit Air Tanah pada Lubang Cabang A**

$$\text{Debit Air Tanah (Q)} = \frac{0,03 \text{ m} (22,23 \text{ m}^2 + 22,40 \text{ m}^2)}{2 \cdot 30 \text{ menit}}$$

$$= 0,0223 \text{ m}^3/\text{menit}$$

Dari perhitungan diatas diperoleh debit air rata-rata pada titik pengukuran Lubang Cabang A sebesar 0,0223 m<sup>3</sup>/menit

**4.1.2 Debit Air Tanah pada Lubang Cabang B**

$$\text{Debit Air Tanah (Q)} = \frac{0,06 \text{ m} (21,24 \text{ m}^2 + 21,32 \text{ m}^2)}{2 \cdot 30 \text{ menit}}$$

$$= 0,0425 \text{ m}^3/\text{menit}$$

Dari perhitungan diatas diperoleh debit air rata-rata pada titik pengukuran Lubang Cabang B sebesar 0.0425 m<sup>3</sup>/menit.

**4.1.3 Debit Air Tanah pada Lubang Cabang C**

$$\text{Debit Air Tanah (Q)} = \frac{0,05 \text{ m} (9,23 \text{ m}^2 + 9,30 \text{ m}^2)}{2 \cdot 30 \text{ menit}}$$

$$= 0,0154 \text{ m}^3/\text{menit}$$

Dari perhitungan diatas diperoleh debit air rata-rata pada titik pengukuran Lubang Cabang C sebesar 0,0154 m<sup>3</sup>/menit.

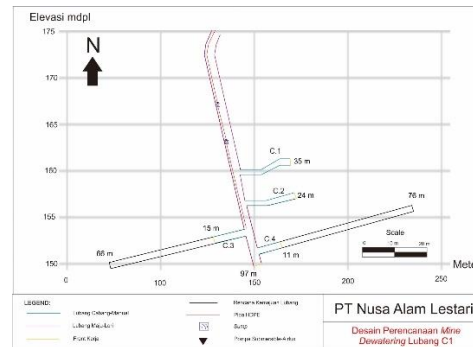
**4.1.4 Debit Air Tanah pada Sump**

$$\text{Debit Air Tanah (Q)} = \frac{0,07 \text{ m} (2,07 \text{ m}^2 + 2,28 \text{ m}^2)}{2 \cdot 30 \text{ menit}}$$

$$= 0,0050 \text{ m}^3/\text{menit}$$

Dari perhitungan diatas diperoleh debit air rata-rata pada titik pengukuran *Sump* sebesar 0,0050 m<sup>3</sup>/menit.

Dari perhitungan diatas diperoleh debit air tanah total pada 4 titik pengukuran yaitu sebesar 0,0852 m<sup>3</sup>/menit atau 5,112 m<sup>3</sup>/jam.



**Gambar 3.** Peta Perencanaan Mine Dewatering Seam C1

**5. Pompa**

**5.1 Ketersediaan Pompa dan Pemilihan Pompa**

PT Nusa Alam Lestari memiliki ketersediaan pompa sebanyak 1 unit pompa Submersible *Airlux* dengan menggunakan pipa Menggunakan pipa HDPE (*High Density Poly Ethnyl*) berdiameter 1-2,5 inc Sistem pemompaan yang digunakan sistem estafet yaitu mengalirkan air dari front menuju sump 1 kemudian dialirkan lagi menuju sump selanjutnya sampai ke luar tambang. Untuk perhitungan-perhitungan selanjutnya yang melibatkan pompa seperti merencanakan dimensi sump, penulis mempertimbangkan ketersediaan pompa yang ada dan rencana penambangan pompa oleh perusahaan jika dibutuhkan.

Dikarenakan nilai *inlet* lebih besar dari nilai *outlet* pada lubang C1 maka pompa yang ada sat ini tidak dapat bekerja secara optimal sehingga dibutuhkan penambahan 1 unit pompa baru dengan merek pompa yang sama yaitu pompa pompa Submersible *Airlux* dengan menggunakan pipa HDPE (*High Density Poly Ethnyl*) berdiameter 1-2,5 inc. Pipa jenis ini dikenal sebagai pipa yang mudah dalam penanganannya. Beberapa keunggulan pipa HDPE dibandingkan dengan pipa baja antara lain:

Dari hasil pengukuran diperoleh data sebagai

berikut:

- (a) Elevasi Hisap (t1) = -150.6 mdpl  
Elevasi Buang (t2) = -158.6 mdpl

- (b) Diameter pipa sisi hisap = 1 inch  
= 0,0254 m

Diameter pipa sisi buang = 1,5 inch  
= 0,0381 m

- (c) Koefesien kekasaran pipa (C) = 140D Pipa HDPE (Terlampir)
- (d) Panjang pipa sisi buang (L) = 28 m
- (e) Panjang pipa sisi hisap (L) = 0 m
- (f) Debit pemompaan (Q) =  $6 \frac{m^3}{jam}$
- (g) Gravitasi (g) =  $9,8 m/s^2$

### 5.2 Perhitungan Head Total Pompa Rencana Front Seam C1

Dalam perhitungan head total pompa dapat menggunakan rumus <sup>141</sup>:

$$H_T = H_s + H_f + H_{sv} + H_v + \Delta H_p$$

Dimana  $H_T$  adalah head total pompa yang merupakan penjumlahan dari head statis dan kerugian-kerugian yang ada pada kondisi direncanakan seperti adanya belokan, sambungan, katup dan lain-lain.

- (a)  $H_s$  (Headstatis) yaitu perbedaan elevasi pipa hisap dengan elevasi pipa buang (m).

$$H_s = \text{Elevasi pipa buang (H1)} - \text{Elevasi pipa hisap (H2)}$$

$$H_s = -150.6 \text{ mdpl} - (-158.6 \text{ mdpl})$$

**$H_s = 8 \text{ meter}$**

- (b)  $H_f$  (Headfriction) yaitu kerugian energi akibat gesekan pada pipa (m).

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

$$H_f = \frac{10,666 \times 0,000137 m^3/detik^{1,85}}{140^{1,85} \times 0,0254^{4,85}} \times 54 \text{ m}$$

**$H_f = 17,07 \text{ meter}$**

- (c)  $H_v$  (head velocity) merupakan head kecepatan keluar (m).

$$H_v = \frac{V^2}{2g}$$

Kecepatan aliran pada pipa buang:

$$Q = A \cdot V$$

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

$$V = \frac{Q}{\frac{1}{4} \pi \times D^2}$$

$$V = \frac{0,000137 m^3/detik}{0,25 \times 3,14 \times 0,0381^2}$$

$$V = 0,4741 m/s$$

$$H_v = \frac{V^2}{2g}$$

$$H_v = \frac{0,4741}{2(9,8)}$$

$$H_v = 0,0114 m/s$$

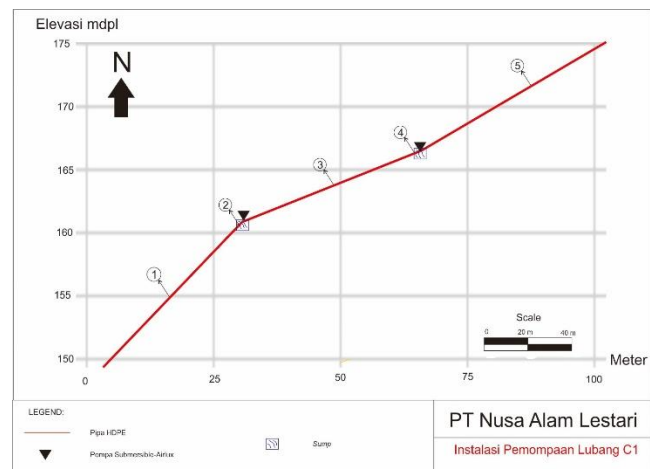
### 5.3 Perhitungan Head Total Pompa Rencana Front Seam C1

Dalam perhitungan head total pompa dapat menggunakan rumus <sup>141</sup>:

$$H_T = H_s + H_f + H_v$$

$$H_T = 8 \text{ meter} + 17,07 \text{ meter} + 0,0114 \text{ meter}$$

$$= 25,08 \text{ meter}$$



**Gambar 4.** Peta Perencanaan Instalansi Pemompaan Seam C1

### 5.4 Pemilihan Pompa

Berdasarkan hasil analisa debit air tanah yang masuk ke sump dan spesifikasi pompa yang digunakan, maka dapat ditentukan jumlah pompa yang dibutuhkan untuk mengeluarkan air yang masuk ke dalam tambang menuju ke sump diluar tambang adalah 2 unit pompa Submersible Airlux yang memiliki total head maksimal 12 m dengan total head pompa aktual di lapangan **25,08 meter**.

### 5.5 Perencanaan Sump

Sump berfungsi sebagai tempat penampungan air sementara dan lumpur sebelum dipompa ke luar tambang. Volume sump didapat dari perhitungan air yang akan masuk ke dalam lubang tambang dan air limpasan, dengan adanya sump air tidak akan menggenangi jalan tambang dan terakumulasi dalam satu tempat. Jika air sudah terakumulasi dalam satu tempat, air akan mudah dipompakan keluar tambang dan proses penambangan akan berjalan dengan lancar.

Pada prinsipnya sump diletakkan pada lantai tambang (floor) yang paling rendah, jenjang disekitarnya tidak mudah longsor, dan dekat dengan settling pond. Sump akan diletakkan dibagian dalam lubang penambangan. Air tambang yang telah tertampung pada sump di dalam lubang tambang akan dialirkan menggunakan pompa ke sump yang berada diluar lubang tambang. Untuk menentukan dimensi sump yang sangat bergantung pada



debit air tanah yang akan dipompakan perhari, kapasitas pompa, volume dan waktu pemompaan.

**5.5.1 Kebutuhan dan Kapasitas Rencana Volume Sump lubang C1**

Sump satu terletak di dalam lubang tambang. Volume sump yang optimum dapat dicari dari selisih antara volume air yang masuk ke dalam sump dikurang volume air yang akan dikeluarkan dari pemompaan. Volume air total merupakan debit air total dikalikan dengan 10 jam/hari untuk waktu pemompaannya. Sump menampung air tanah dari genangan air. Pompa yang digunakan untuk mengeluarkan air dari sump adalah pompa Submersible Airlux dengan debit pompa sebesar 6 m<sup>3</sup>/jam

- 1) Debit air tanah yang digunakan dalam perhitungan adalah debit air tanah yang berada pada lubang C1 tersebut.

Debit air tanah = 5,112 m<sup>3</sup>/jam

- 2) Debit pemompaan adalah debit pompa per unit dikali banyak unit yang beroperasi pada sump. Unit yang beroperasi dan debit pompa pada sump lubang C1 adalah :

Unit yang beroperasi = 1 unit

Unit yang direncanakan = 1 unit

Debit pompa = 6 m<sup>3</sup>/jam

Debit pemompaan

= (1 x 6 m<sup>3</sup>/jam) + (1 x 6 m<sup>3</sup>/jam)

= 12 m<sup>3</sup>/jam

- 3) Volume air total merupakan debit air total (debit air tanah)

Vol. Air Total (m<sup>3</sup>/hari)

= Vol. Debit Air Tanah (m<sup>3</sup>/hari) x 24 jam

= 5,112 m<sup>3</sup>/jam x 24 jam

= 122,68 m<sup>3</sup>/hari

- 4) Volume pemompaan dapat dihitung menggunakan Persamaan berikut ini.

Vol.Pemompaan (m<sup>3</sup>/hari)

= Debit Pemompaan (m<sup>3</sup>/jam) x waktu operasi pompa setiap harinya

= 12 m<sup>3</sup>/jam x 10 jam

= 120 m<sup>3</sup>/hari

- 5) Volume sump yang harus dibuat adalah selisih antara volume air total yang masuk dan volume pemompaan dapat dihitung menggunakan Persamaan berikut ini.

Volume sump = Vol.Air total – Vol.Pemompaan

= 122,68 m<sup>3</sup> - 120 m<sup>3</sup>

= 2,688 m<sup>3</sup>

**5.5.2 Penentuan Dimensi Sump**

Penentuan rencana dimensi sump yang dianalisa hanya pada perencanaan sump lubang C1 pada kedalaman yang sudah teralisasi sepanjang 97 meter. Sump yang berada pada lubang Seam C1 berbentuk segi empat dengan volume sump aktual 2,688 m<sup>3</sup>, sehingga dimensi sump dapat ditentukan menggunakan persamaan berikut ini.

Panjang sisi Sump = 2 m

Lebar Sisi Sump = 1 m

Kedalaman Sump = 2 m

Kedalam basah = 1,81 m

Maka:

Volume Sump = p x l x t

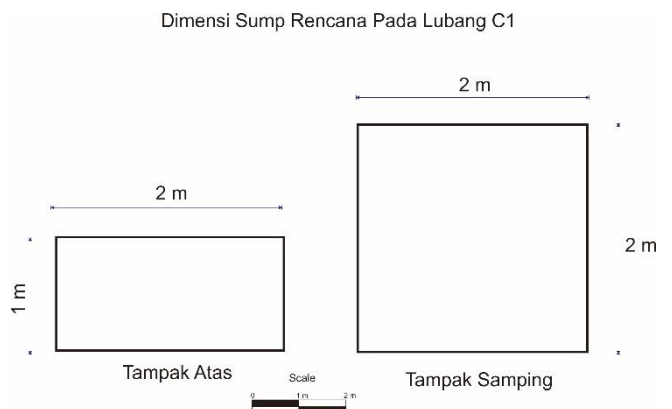
= 2 m x 1 x 2 m

= 4 m<sup>3</sup>

Hasil perhitungan dimensi sump dapat dilihat pada Tabel 6 di bawah ini. Bentuk dan dimensi sump bisa di lihat pada Gambar 3 dibawah ini.

**Tabel 7. Dimensi Sump**

Sump	Panjang (m)	Lebar (m)	Kedalaman (m)	Volume (m <sup>3</sup> )
	2	1	2	4



**Gambar 5. Dimensi Sump Rencana Pada Lubang C1**

**6. Kesimpulan dan Saran**

**6.1 Kesimpulan**

Dari hasil penelitian dan pembahasan maka dapat diambil

kesimpulan sebagai berikut:

- a. Jumlah debit air tanah yang masuk ke area penambangan pada lubang *Seam* C1 Blok Timur (Sapan Dalam) PT. Nusa Alam Lestari sebesar 5,112 m<sup>3</sup>/menit.
- b. Jumlah dan spesifikasi pompa ideal untuk pemompaan air dari front tambang lubang *Seam* C1 Blok Timur (Sapan Dalam) PT. Nusa Alam Lestari yaitu 1 unit pompa *Airlux* dengan kapasitas debit 6 m<sup>3</sup>/jam yang beroperasi, dengan pompa *Airlux* dengan kapasitas debit 6 m<sup>3</sup>/jam dengan maksimal head 12m; *head total* aktual 25,08 m pada *front* lubang C1. Sehingga dibutuhkan penambahan unit pompa 1 unit *Airlux* dengan kapasitas debit 6 m<sup>3</sup>/jam yang sama.
- c. Ukuran dimensi dan bentuk rancangan *sump* ideal untuk sistem penyaliran tambang batubara bawah tanah pada lokasi penambangan *Seam* C1 Blok Timur (Sapan Dalam) PT. Nusa Alam Lestari yang direncanakan yaitu: *sump* berbentuk persegi empat dengan dimensi panjang 2 m, lebar 1 m, kedalaman 2 m.
- d. Bentuk rancangan ideal sistem penyaliran tambang batubara bawah tanah pada lokasi penambangan *Seam* C1 Blok Timur Site Sapan Dalam tambang batubara bawah tanah PT Nusa Alam Lestari, Sawahlunto.

## 6.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan pengamatan di lapangan, maka penulis memberikan saran sebagai berikut:

- a. Perlu adanya sistem penyaliran tambang yang sesuai dengan perhitungan agar air tidak menggenangi lantai kerja penambangan.
- b. Perlunya pelaksanaan pengambilan data debit air tanah per-hari untuk keperluan perhitungan dimensi *sump* utama dikarenakan penambahan kemajuan tambang setiap harinya.
- c. Perlu adanya pemantauan terhadap pipa saluran penyaliran di sepanjang terowongan secara teratur, jika terjadinya kebocoran pada pipa dapat diantisipasi sehingga tidak merembes pada area penambangan khususnya jalur transportasi material dan pekerja.

## DAFTAR PUSTAKA

[1] Rianda Saputra. *Analisis Sistem Mine Dewatering Pada Lubang F,G,H Tamban Batubara Bawah Tanah PT. Nusa Alam Lestari Desa Salak Sapan Dalam Kota Sawahlunto, Sumatera Barat*. Universitas Negeri Padang. Jurnal Bina Tambang (2017)

[2] Andrika, Puja. *Job Safety Analysis Pada Proses Penambangan Batubara Bawah Tanah PT. Nusa Alam Lestari Sawahlunto Sumatera Barat*. Universitas Negeri Padang (2009)

[3] Muhammad Nazri. *Analisis Kestabilan Lubang Bukaam Dengan Menggunakan Data Dari Alat Ukur Flat Jack Pada Dinding Tambang Bawah Tanah PT. Nusa Alam Lestari, Sawahlunto*. Universitas Negeri Padang. Vol 3, No 4 (2018)

[4] Hariana, Dwi. *Evaluasi Sistem Dewatering Pada Tambang Emas Bawah Tanah Ciurug L.450 Bagian Selatan Di Upbe Pongkor PT. Aneka Tambang (Persero)*. Universitas Negeri Padang. Jurnal Bina Tambang (2018)

[5] Anton, Y.U.P dan Aryanto. *Kajian Teknis Optimalisasi Pompa Pada Sistem Penyaliran Tambang Bawah Tanah di PT. Cibaliung Sumber Daya, Provinsi Banten*. Prosiding Seminar Rekaya Teknologi Industri dan Informasi ke -10 2015. (ISSN: 1907-5995) (2010)

[6] Rudi Sayoga Gautama. *Diktat Kuliah Sistem Penyaliran Tambang*. Bandung: ITB (1999)

[7] Todd, D.K. *“Groundwater Hydrology, Second Edition”*. New York: John Wiley & Sons (1980)

[8] Lilik Eko Widodo. *Hidrologi, Hidrogeologi Serta Penyaliran Tambang*. Bandung: Lab ITB (2012)

[9] Soemarto. *Hidrolika Teknik (Edisi Perbaikan)*. Jakarta: Erlangga (1999)

[10] Chow, VT. *Hidrolika Saluran Terbuka (Open Channel Hydraulics)*. Jakarta: Erlangga (1997)

[11] Mandel, S. dan Zhifan, Z.L. *Groundwater Resources*. USA: Academic Press Inc (1981)

[12] Hermawan, F. dkk. *Laporan Krja Praktek Sistem Penyaliran Tambang di Main Hauling (MHL) 500 & 600 dan Perhitungan Produktivitas (cycle time) Alat angkut- Alat Angkut PT. Aneka Tambang TBK. UPBE Pongkor*. Bandung: ITB (2007)

[13] Hartono. *“Modul Kuliah Sistem Penyaliran Tambang”*. Yogyakarta: Program Studi Teknik Pertambangan UPN (2013)

[14] Dian Kurnia. *Evaluasi Kondisi Aktual Dan Perencanaan Ssitem Penyaliran Tambang Emas Di Pit Durian, Site Bakan PT. J Resources Bolaang Mongodow, Kecamatan Lolayan, Kotamobagu, Sulawesi Utara*. Universitas Negeri Padang. Jurnal Bina Tambang (2018)

[15] Chandrika Rafflesia. *Perencanaan Sistem Penyaliran Tambang di Blok B Rawa Seribu PT. Mandala Karya Prima Job Site PT. Mandiri Intiperkasa Kalimantan Utara*. Universitas Negeri Padang. Jurnal Bina Tambang (2016)

[16] Anita Lisminiyati. *Rancangan Ulang Sistem Penyaliran Tambang Bawah Tanah pada Front Penambangan Batubara Tunnel THC-01 di CV. Tahiti Coal, Kecamatan Talawi, Kota Sawahlunto*. Universitas Negeri Padang. Vol. 3, No. 3 (2018)

[17] Sularso, Tahara. *Pompa dan Kompresor*. Jakarta: Pradaya Pramita (2000)

[18] Arief Rahmar Khusairi. *Kajian Teknik Sistem Penyaliran Tambang pada Tambang Terbuka Batubara PT. Nusa Alam Lestari, Kenagarian Sinamae, Kecamatan Asam Jujuhan, Kabupaten Dhamasraya*. Universitas Negeri Padang. Vol. 3, No. 3 (2018)

[19] Awang, Suwandhi. *Diklat Perencanaan Sistem Penyaliran Tambang*. Bandung: Unisba (2004)

[20] Kantjojo. *Metodologi Penelitian*. Kediri (2009)