

Perencanaan Teknis Dan Anggaran Biaya Sistem Penyaliran Tambang Pada Tambang Terbuka Batu Andesit PT. Anshar Terang Crushindo Pangkalan Kabupaten 50 Kota Provinsi Sumatera Barat

Wirmanto^{1*}, Tamrin Kasim^{1**}, Murad MS^{1***}

¹Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang

*wirmanto@gmail.com

**tamrin@ft.unp.ac.id

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

Abstract. PT. Anshar Terang Crushindo is one of a company working in the mining of andesite, located Jorong Pauah Anak Nagari Pangkalan Kecamatan Pangkalan Kabupaten 50 kota Sumatera Barat. Draining system applied in PT Anshar Terang Crushindo is a mine dewatering system. When rainy season, rainfall the higher so as to discharge some runoff who entered the mine is getting higher it leads to the increasing the volume of water that accumulated on sump, so sump overflows and can not accommodate the incoming water. Water that has been gathered at sump will is pumped to open channels for later diverted back out mine to river. From the results of research and observation catchment areas in PT. ATC is 3,1 hectares. The capacity of optimal sump to cover the water runoff and groundwater is 3.050 m. The minimum pump discharge needed to remove water is 0.00553 m³ / second and the pumping time is at least 9 hours per day. The pump used is a Centrifugal Niagara Self Priming pump with a total head of 18 meters, a maximum installed capacity of 0.0395 m³ / second and a maximum rotation of 1700 rpm of 1 unit. The results of pumping are channeled to the open channel, the shape of the open channel section made is trapezoid, the dimensions of the surface width are 1 m, the base width is 0.5 m, the depth is 0.5 m. Then from the open channel is passed to the mud settling pond (settling pond) which has 2 compartments. The total cost of the mine drainage system is Rp. 56.636.523.

Keywords: Andesit Stone, Catchment Area, Sump, Pump, cost

1. Pendahuluan

PT. Anshar Terang Crushindo merupakan salah satu perusahaan yang bergerak di bidang pertambangan batu andesit. PT. Anshar Terang Crushindo (ATC) melakukan penambangan batu Andesit di Jorong Pauah Anak Nagari Pangkalan Kecamatan Pangkalan Kabupaten 50 kota Sumatera barat. PT. Anshar Terang Crushindo (ATC) mulai melaksanakan kegiatan produksi penambangan batu Andesit sejak tahun 2010 pada luas area bukaan 20 Ha.

PT. Anshar Terang Crushindo me nggunakan sistem tambang terbuka dengan (*surface mining*) dengan metode *open pit mining*. Sebagai konsekuensi dari sistem penambangan terbuka, maka aktivitas penambangannya sangat dipengaruhi oleh keadaan cuaca, terutama curah hujan. Pada kondisi seperti ini, aktivitas tambang terbuka akan membentuk sebuah cekungan yang besar.

Sistem penyaliran yang diterapkan di tambang batu andesit PT. Anshar Terang Crushindo adalah sistem *mine*

dewatering, yaitu dengan membiarkan air masuk ke lokasi tambang untuk kemudian ditampung dalam kolam penampung (*sump*) dan selanjutnya dialirkan ke saluran terbuka dengan pompa.

Pada saat curah hujan tinggi, debit air limpasan yang masuk ke dalam tambang juga semakin tinggi. Curah hujan yang tinggi juga menyebabkan meningkatnya volume air yang terakumulasi pada *sump* sehingga *sump* meluap dan tidak dapat menampung air yang masuk. Hal ini menyebabkan *front* penambangan yang berada disekitar *sump* tergenang sehingga kegiatan penambangan menjadi terganggu dan produksi tidak optimal.

Untuk meminimalisir biaya dan resiko dari tergenangnya air di lokasi penambangan tersebut, maka perlu dilakukan perencanaan teknis serta perhitungan rancangan anggaran biaya dari sistem penyaliran tambang. Maka dari itu sistem penyaliran sangat berperan untuk mengendalikan air yang masuk ke lokasi

penambangan sehingga aktivitas penambangan dapat berjalan lancar dengan biaya produksi yang rendah.

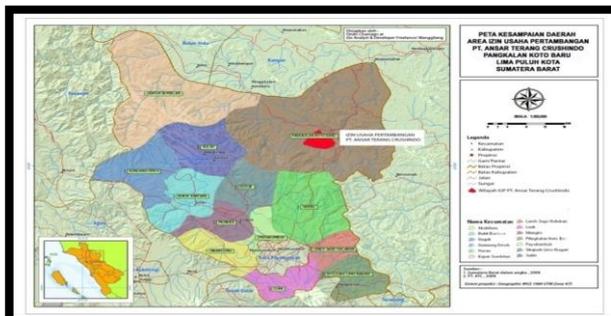
Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mendapatkan rancangan dimensi *sump* yang optimal untuk menampung air yang masuk ke dalam *front* penambangan batu andesit PT. Anshar Terang Crushindo Pangkalan Kabupaten 50 Kota Sumatera Barat.
2. Menentukan jumlah pompa dengan spesifikasi pompa yang dimiliki perusahaan yang dibutuhkan untuk mengeluarkan air yang masuk ke dalam *sump* pada penambangan batu andesit PT. Anshar Terang Crushindo Pangkalan Kabupaten 50 Kota Sumatera Barat.
3. Mendapatkan dimensi saluran terbuka untuk sistem penyaliran pada penambangan batu andesit PT. Anshar Terang Crushindo Pangkalan Kabupaten 50 Kota Sumatera Barat.
4. Mendapatkan dimensi kolam pengendapan lumpur (KPL) yang sesuai untuk mengendapkan lumpur hasil pemompaan dari *sump front* penambangan batu andesit PT. Anshar Terang Crushindo Pangkalan Kabupaten 50 Kota Sumatera Barat.
5. Mendapatkan anggaran biaya sistem penyaliran pada penambangan batu andesit PT. Anshar Terang Crushindo Pangkalan Kabupaten 50 Kota Sumatera Barat.

2. Tinjauan Pustaka

2.1. Lokasi Penelitian

Secara administratif lokasi pertambangan PT. Anshar Terang Crushindo berada di Jorong Pauh Anak Nagari Pangkalan Kecamatan Pangkalan Koto Baru Kabupaten Lima Puluh Kota, Provinsi Sumatera barat. Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

2.2. Pengertian Sistem Penyaliran Tambang

Sistem penyaliran tambang adalah suatu usaha yang diterapkan pada daerah penambangan untuk mencegah, mengeringkan, atau mengeluarkan air yang masuk ke daerah penambangan^[1]. Upaya ini dimaksudkan untuk mencegah terganggunya aktivitas penambangan akibat adanya air dalam jumlah yang berlebihan, terutama pada musim hujan. Selain itu, sistem penyaliran tambang ini juga dimaksudkan untuk memperlambat kerusakan alat serta mempertahankan kondisi kerja yang aman,

sehingga alat-alat mekanis yang digunakan pada daerah tersebut mempunyai umur yang lama.

Secara garis besar, sistem penyaliran pada tambang terbuka dibagi menjadi dua golongan besar, yaitu:

2.2.1 Sistem Penyaliran Langsung

Adalah sistem penyaliran dengan cara mengeluarkan air yang sudah masuk ke dalam tambang^[2].

Sistem ini dapat dibagi menjadi yaitu:

1. Penyaliran dengan Terowongan atau Terowongan Buntu (*Adit*)
Cara penyaliran ini hanya bisa diterapkan pada tambang yang terletak didaerah pegunungan atau berbentuk bukit. Air yang masuk ke dalam tambang dikeluarkan dengan cara mengalirkan air dari dasar tambang melalui terowongan keluar tambang.
2. 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 akan masuk ke saluran-saluran yang kemudian dialirkan ke suatu kolam penampungan atau dibuang langsung ke tempat pembuangan dengan memanfaatkan gaya gravitasi.
3. Penyaliran dengan Sumuran (*Sump*)
Cara penyaliran ini sangat umum diterapkan ditambang terbuka. Air yang masuk ke dalam tambang dikumpulkan ke suatu sumuran yang biasanya dibuat didasar tambang dan dari sumuran tersebut air dipompa keluar tambang.

2.2.2 Sistem Penyaliran Tak Langsung

Merupakan upaya untuk mencegah masuknya air ke daerah penambangan. Hal ini umumnya dilakukan untuk penanganan air tanah dan air yang berasal dari sumber air permukaan^[3]. Beberapa metode penyaliran tak langsung:

1. Metode *Siemens*, metode ini tiap jenjang dari kegiatan penambangan dibuat lubang bor kemudian ke dalam lubang bor dimasukkan pipa dan disetiap bawah pipa tersebut diberi lubang-lubang. Bagian ujung ini masuk ke dalam lapisan akuifer, sehingga air tanah terkumpul pada bagian ini dan selanjutnya dipompa ke atas dan dibuang ke luar daerah penambangan.
2. Metode Pemompaan Dalam (*Deep Well Pump*), metode ini digunakan untuk material yang mempunyai permeabilitas rendah dan jenjang tinggi. Dalam metode ini dibuat lubang bor kemudian dimasukkan pompa ke dalam lubang bor dan pompa akan bekerja secara otomatis jika tercelup air. Kedalaman lubang bor 50 meter sampai 60 meter.
3. Metode *Elektro Osmosis*, metode ini digunakan batang anoda serta katoda. Bila mana elemen-elemen dialiri arus listrik maka air akan terurai, H+ pada katoda (disumur besar) dinetralisir menjadi air dan terkumpul pada sumur lalu dihisap dengan pompa, dimana metode *elektro osmosis*.

4. *Small Pipe With Vacuum Pump*, cara ini diterapkan pada lapisan batuan yang *impermiabel* (sulit dilewati air) dengan membuat lubang bor. Kemudian dimasukkan pipa yang ujung bawahnya diberi lubang-lubang. Antara pipa isap dengan dinding lubang bor diberi kerikil-kerikil kasar (berfungsi sebagai penyaring kotoran) dengan diameter kerikil lebih besar dari diameter lubang. Dibagian atas antara pipa dan lubang bor di sumbat supaya saat ada isapan pompa, rongga antara pipa lubang bor kedap udara sehingga air akan terserap ke dalam lubang bor pipa.

2.3. Daur Hidrologi

Secara alamiah sumber air merupakan salah satu sumber alam yang dapat diperbaharui (*renewable*), serta akan mempunyai daya regenerasi yang selalu berada di dalam sirkulasinya dari suatu siklus^[4]. Air dipermukaan tanah dan laut menguap ke udara, uap air tersebut bergerak dan naik ke atmosfer, kandungan garam ditinggalkan.

Uap air yang dihasilkan dibawa udara yang bergerak. Dalam kondisi yang memungkinkan, uap tersebut mengalami kondensasi dan berubah menjadi titik-titik air yang jatuh kembali sebagai presipitasi berupa hujan atau es dan salju. Presipitasi yang jatuh ke samudera, darat dan sebagian langsung menguap kembali sebelum mencapai permukaan bumi.

Presipitasi yang jatuh ke permukaan bumi menyebar ke berbagai arah dengan beberapa cara. Sebagian akan tertahan sementara di permukaan bumi sebagai es atau salju, atau genangan air, yang dikenal dengan simpanan depresi. Sebagian air hujan atau lelehan salju akan mengalir ke saluran atau sungai.

Hujan yang jatuh sebagian tertahan oleh tumbuh-tumbuhan (*intersepsi*) dan selebihnya sampai ke permukaan tanah. Di bawah permukaan tanah, pori-pori tanah berisi air dan udara. Daerah ini dikenal sebagai zona kapiler atau zona aerasi. Sebagian air hujan yang sampai ke permukaan tanah akan meresap ke dalam tanah (*infiltrasi*) dan sebagian lainnya mengalir di atas permukaan tanah (aliran permukaan atau *surface run off*) mengisi cekungan tanah, danau, dan masuk ke sungai dan akhirnya mengalir ke laut.

Air yang meresap ke dalam tanah sebagian mengalir di dalam tanah (*perkolasi*) mengisi air tanah yang kemudian keluar sebagai mata air atau mengalir ke sungai. Akhirnya aliran air di sungai akan sampai ke laut, proses tersebut berlangsung secara terus menerus yang disebut dengan daur hidrologi.

2.3.1. Presipitasi

Presipitasi adalah peristiwa jatuhnya cairan atmosfer ke permukaan bumi^[5]. Presipitasi dapat terdiri dari beberapa bentuk, yaitu:

1. Hujan yang merupakan bentuk presipitasi yang paling penting.
2. Embun yang merupakan hasil kondensasi di permukaan tanah atau tumbuhan.
3. Salju dan es.

Untuk wilayah Indonesia yang beriklim tropis, bentuk presipitasi yang paling penting adalah hujan.

Faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya presipitasi adalah:

1. Adanya uap air di atmosfer.
2. Faktor-faktor meteorologis seperti suhu air, suhu udara, kelembaban, kecepatan angin, tekanan, dan sinar matahari.
3. Lokasi daerah berhubungan dengan sistem sirkulasi secara umum.
4. Rintangan yang disebabkan oleh gunung dan lain-lain.

2.3.2. Infiltrasi

Proses infiltrasi terjadi karena hujan yang jatuh di atas permukaan tanah sebagian atau seluruhnya akan mengisi pori-pori tanah^[6]. Curah hujan yang mencapai permukaan tanah akan bergerak sebagai air limpasan permukaan (*run off*) atau sebagai infiltrasi. Faktor-faktor yang mempengaruhi infiltrasi adalah:

1. Faktor tanah, terutama yang berkaitan dengan sifat-sifat fisik tanah seperti ukuran butir dan struktur tanah.
2. Vegetasi.
3. Faktor-faktor lain, seperti kemiringan tanah, kelembaban tanah, dan suhu air.

2.3.3. Evapotranspirasi

Evapotranspirasi merupakan gabungan dari evaporasi dan transpirasi. Evaporasi adalah proses pertukaran molekul air di permukaan menjadi molekul uap air di atmosfer akibat panas^[7], sedangkan transpirasi adalah proses penguapan pada tumbuh-tumbuhan melalui sel-sel stomata. Faktor-faktor yang mempengaruhi evapotranspirasi adalah:

1. Radiasi matahari, karena proses perubahan air dari wujud cair menjadi gas memerlukan panas (penyinaran matahari secara langsung).
2. Angin yang berfungsi membawa uap air dari satu tempat ke tempat lain.
3. Kelembaban relatif.
4. Suhu.
5. Jenis tumbuhan, karena evapotranspirasi dibatasi oleh persediaan air yang dimiliki oleh tumbuh-tumbuhan serta ukuran stomata.
6. Jenis tanah, karena kadar kelembaban tanah membatasi persediaan air yang diperlukan tumbuhan.

2.3.4. Limpasan (Run Off)

Limpasan 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^[8].

Air limpasan disebut juga air permukaan, yaitu air yang mengalir dipermukaan tanah. Limpasan hanya akan terjadi bila laju hujan melebihi laju *infiltrasi* (sebagian air hujan memasuki bawah permukaan tanah). Setelah laju *infiltrasi* terpenuhi, air mulai mengisi cekungan-cekungan kecil atau besar pada permukaan tanah, setelah cekungan terpenuhi maka terjadilah limpasan.

2.3.5. Air Tanah

Air tanah merupakan air yang terdapat dibawah permukaan tanah, khususnya yang berada di dalam zona jenuh air. Sedangkan air bawah tanah merupakan seluruh air yang terdapat di bawah permukaan tanah, mulai dari zona tidak jenuh (*unsaturated zone*) hingga zona jenuh air (*saturated zone*)^[9]. Banyaknya air yang tertampung di bawah permukaan tergantung pada keseragaman lapisan di bawah tanah.

Air tanah terdapat pada suatu lapisan yang mampu menyimpan dan mengalirkan air yang disebut dengan akuifer. Sesuai dengan definisinya, batuan yang dapat menjadi akuifer adalah batuan yang mempunyai porositas dan permeabilitas yang cukup untuk menjadi media penyimpanan dan pengaliran air tanah. Pada batuan sedimen, tipikal akuifer berupa batu pasir dan krakal yang tidak terkonsolidasi. Pada batuan beku dan metamorf, akuifer dapat berupa batuan yang mengandung rekahan.

Jenis-jenis akuifer dikenal ada tiga tipe, yaitu akuifer tertekan (*confined aquifer*), akuifer tidak tertekan (*unconfined aquifer*), dan akuifer bocoran (*leaky aquifer*).

1. Akuifer Tertekan (*Confined Aquifer*).

Merupakan akuifer dimana bagian bawah dan atas dari akuifer ini dibatasi oleh lapisan *impermeable*. Konfigurasi lapisan ini menyebabkan air tanah mempunyai tekanan diatas tekanan normal^[10].

2. Akuifer Tidak Tertekan (*Unconfined Aquifer*).

Akuifer ini disebut juga akuifer bebas, dimana bagian bawahnya dibatasi oleh lapisan *impermeable* dan pada bagian atasnya tidak mempunyai lapisan *impermeable*.

3. Akuifer Bocoran (Akuifer Semi Tertekan).

4. Pada bagian atas atau bawah dari akuifer ini dibatasi oleh lapisan semi-permeable.

Air tanah menjadi parameter dalam perencanaan suatu sistem penyaliran di tambang. Oleh karena itu jumlah air tanah yang masuk ke tambang harus diketahui.

2.4. Curah Hujan

Curah hujan adalah jumlah atau volume air hujan yang jatuh pada satu satuan luas tertentu, dinyatakan dalam satuan mm. 1 mm berarti pada luasan 1 m² jumlah air hujan yang jatuh sebanyak 1 liter. Curah hujan merupakan faktor yang sangat penting dalam perencanaan sistem penirisan, karena besar kecilnya curah hujan pada suatu daerah tambang akan mempengaruhi besar kecilnya air tambang yang harus ditanggulangi^[11].

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. Curah hujan merupakan data utama dalam perencanaan kegiatan penirisan tambang terbuka.

Pengamatan curah hujan dilakukan dengan alat pengukur curah hujan. Ada dua jenis alat pengukur curah

hujan, yaitu alat ukur manual dan otomatis. Alat ini biasanya diletakkan ditempat terbuka agar air hujan yang jatuh tidak terhalang oleh bangunan atau pepohonan. Data tersebut berguna pada saat penentuan hujan rencana.

Analisa terhadap data curah hujan ini dapat dilakukan dengan dua metode yaitu *annual series* dengan mengambil satu data maksimum setiap tahunnya yang berarti bahwa hanya besaran maksimum setiap tahun saja yang dianggap berpengaruh dalam analisa data dan *partial duration series*, yaitu dengan menentukan lebih dahulu batas bawah tertentu dari curah hujan, selanjutnya data yang lebih besar dari batas bawah tersebut diambil dan dijadikan data yang akan dianalisa^[12].

1. Curah Hujan Rencana

Pengolahan data curah hujan dimaksudkan untuk mendapatkan data curah hujan yang siap pakai untuk suatu perencanaan sistem penyaliran. Pengolahan data ini dapat dilakukan dengan beberapa metode, salah satunya adalah metode Gumbel, yaitu suatu metode yang didasarkan atas distribusi normal (distribusi harga ekstrim). Gumbel beranggapan bahwa distribusi variabel-variabel hidrologis tidak terbatas, sehingga harus digunakan distribusi dari harga-harga yang terbesar.

Curah hujan biasanya terjadi menurut pola tertentu dimana curah hujan biasanya akan berulang pada suatu periode tertentu, yang dikenal dengan Periode Ulang Hujan. Periode ulang hujan adalah periode (tahun) dimana suatu hujan dengan tinggi intensitas yang sama kemungkinan bisa terjadi lagi. Kemungkinan terjadinya adalah satu kali dalam batas periode (tahun) ulang yang ditetapkan.

Penentuan periode ulang hujan dilakukan dengan menyesuaikan data dan keperluan pemakaian saluran yang berkaitan dengan umur tambang serta tetap memperhitungkan resiko hidrologi (*Hidrology Risk*). Dapat pula dilakukan perhitungan dengan metode distribusi normal menggunakan konsep peluang.

Setelah periode ulang hujan ditetapkan maka dapat ditentukan nilai ekstrim dari curah hujan yang akan dipakai sebagai dasar perhitungan dalam rangka mendesain sistem penyaliran.

2. 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^[13].

3. Catchment Area

Catchment area merupakan suatu areal atau daerah tangkapan hujan dimana batas wilayah tangkapannya ditentukan dari titik-titik elevasi tertinggi, sehingga akhirnya merupakan suatu poligon tertutup yang mana polanya disesuaikan dengan kondisi topografi dengan mengikuti kecendrungan arah gerak air^[14]. Air yang jatuh ke permukaan sebagian akan meresap ke dalam tanah (*infiltrasi*), sebagian ditahan oleh tumbuhan (*intersepsi*), dan sebagian akan mengisi liku-liku permukaan bumi dan akan mengalir ketempat yang lebih rendah.

Daerah tangkapan hujan merupakan suatu daerah yang dapat mengakibatkan air limpasan permukaan (*run off*) mengalir ke suatu tempat (daerah penambangan yang lebih rendah). Dalam menentukan batasan *catchment area* dapat dibatasi pada wilayah areal penambangan saja, sedangkan daerah di luar areal penambangan bisa saja termasuk kedalam *catchment area* jika elevasi diluar areal penambangan lebih tinggi dari areal penambangan. Namun di luar areal penambangan dalam penanggulangan air limpasan dapat dibuat saluran pengelak.

3. Metode Penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan adalah penelitian *empiris* yaitu dengan melakukan pengujian langsung ke lapangan (*trial and error*) dengan menggabungkan teori-teori yang pernah dipelajari dengan data yang diambil langsung di lapangan^[15]. Data yang akan ditampilkan pada skripsi ini adalah data kuantitatif.

Tahapan pekerjaan penelitian sebagai berikut:

1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan mencari bahan - bahan pustaka yang menunjang, yang diperoleh dari instansi terkait (data perusahaan), perpustakaan (literatur), brosur - brosur (spesifikasi alat).

2. Orientasi di Lapangan

Dilakukan dengan melakukan peninjauan lapangan untuk melakukan pengamatan langsung terhadap kondisi daerah penelitian dan kegiatan penambangan di lokasi tersebut.

3. Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan setelah mempelajari literatur dan orientasi lapangan. Data yang diambil berupa data primer dan data sekunder. Untuk data primer diambil langsung di lapangan, sedangkan untuk data sekunder didapat dari literatur perusahaan atau laporan perusahaan. Data yang diambil dapat dikelompokkan menjadi :

1. Data primer yang berupa *luas catchment area*, debit aktual pompa.
2. Data sekunder yang berupa data curah hujan harian maksimum, spesifikasi pompa, peta topografi, peta geologi dan peta lokasi.

4. Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan untuk rancangan sistem penyaliran tambang dari peta kemajuan tambang, data curah hujan dan data spesifikasi pompa yang digunakan. Pengolahan data-data tersebut menggunakan perhitungan dan interpretasi lapangan, yaitu debit air limpasan permukaan. Debit air limpasan digunakan sebagai parameter utama dalam perancangan komponen sistem penyaliran tambang.

5. Hasil dan Pembahasan

Hasil pengolahan data akan dianalisa untuk selanjutnya dapat dihasilkan suatu rekomendasi

6. Kesimpulan dan Rekomendasi

Setelah melakukan analisa dapat ditarik suatu kesimpulan dan rekomendasi yang dapat digunakan oleh perusahaan.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Daerah Tangkapan Hujan

Keadaan daerah tangkapan hujan berupa daerah tanpa tumbuhan dengan kemiringan curam besar dari 15%, sehingga koefisien limpasannya adalah 0,9. Air dari *catchment area* ini akan mengalir ke lokasi tambang dalam bentuk air limpasan, sehingga luas daerah tangkapan hujan dapat diketahui sebesar 3,1 hektar atau 0,31 Km².

4.2. Curah Hujan

Analisa dilakukan untuk 15 tahun terakhir mulai dari tahun 2002 sampai tahun 2016 meliputi data curah hujan tiap periode waktu dan curah hujan harian maksimum. Data curah hujan diolah menggunakan Metoda Gumbell dan didapatkan:

Rata-rata curah hujan maksimal (\bar{x}) = 90 mm/hari

Standart Deviation (S) = 24.89979

Reduced Mean (\bar{Y}_n) = 0,5128

Reduced Standart Deviation (S_n) = 1.05639

Curah Hujan Rencana = 86,55107 mm/hari

Penentuan intensitas hujan dapat dilakukan dengan beberapa metode, salah satunya dengan metode *Monnonobe*^[16], yaitu:

Tabel 1. Perhitungan Intensitas Curah Hujan PT. ATC

L (m)	H (m)	S	T _c (jam)	Curah hujan Rancangan (mm/hari)	I (mm/jam)
540	9	0,026	10,1	86,551	6,423

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t_c} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (1)$$

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

$$S = H/L$$

4.3. Debit Limpasan (Run Off)

Dengan intensitas curah hujan periode ulang 2 tahun sebesar 6,423 mm/jam dan koefisien limpasan 0,9. Didapatkan debit limpasan dari puncak hingga masuk kedalam *main sump* adalah 0,0498 m³/detik.

4.4. Sistem Pemompaan

Setelah debit yang dibutuhkan dan head total diketahui maka dapat dilakukan pemilihan pompa yang sesuai dengan kebutuhan^[17]. Pompa yang digunakan adalah pompa Niagara Self Priming Centrifugal dengan total head 18 meter, kapasitas maksimum terpasang 0,0395 m³/detik dan putaran maksimum adalah 1700 rpm. Dari perhitungan didapat nilai *head* total yang dimiliki yaitu 9,2834 meter. Dengan debit pompa 0,00516 m³/detik dan waktu pemompaan selama 9 jam. Sehingga diketahui dengan waktu pemompaan 9 jam/hari maka jumlah pompa yang dibutuhkan adalah 1 unit.

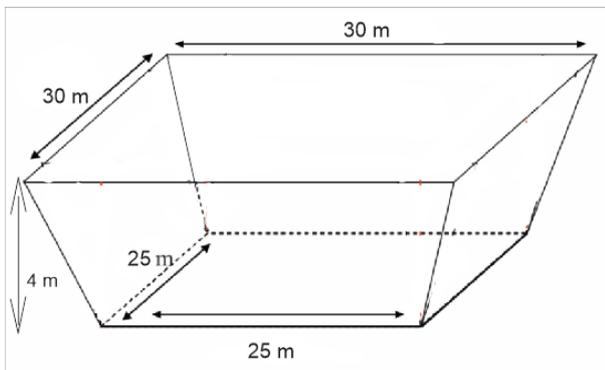
4.5. Sumuran (Sump)

Selisih terbesar antara debit air tambang yang masuk dan debit pemompaan merupakan volume *sump* yang harus dibuat. Dari tabel diatas diketahui volume *sump* yang harus dibuat adalah 3050 m³. Bentuk dari sumuran

adalah bentuk trapesium. Maka untuk menampung volume maksimum sebesar 3050 m³, perlu melakukan perubahan dimensi *sump* sebagai berikut:

- a. Panjang permukaan sumuran = 30 m
- b. Lebar permukaan sumuran = 30 m
- c. Panjang dasar sumuran = 25 m
- d. Lebar dasar sumuran = 25 m
- e. Kedalaman = 4 m

Untuk hasil rancangan dimensi *sump* dapat dilihat pada gambar 2 dibawah ini :



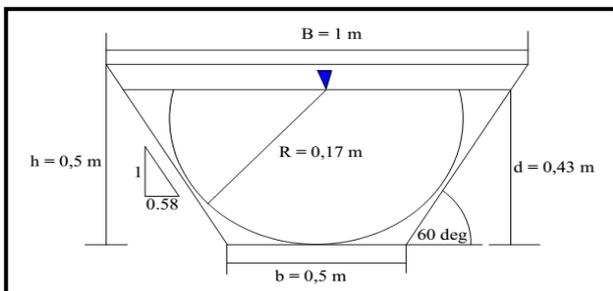
Gambar 2. Dimensi Rancangan *Sump*

4.6. Saluran Terbuka

Bentuk penampang saluran yang direncanakan adalah trapezium dengan sudut kemiringan 60⁰, kemiringan dasar saluran ditentukan dengan pertimbangan bahwa suatu aliran dapat mengalir secara alamiah dengan (S) = 0,25 – 0,5 % yang merupakan syarat agar tidak terjadi erosi yang berlebihan dan pengendapan partikel padatan, mengingat jenis tanah di lokasi yang berupa lempung pasir dengan material yang relatif lepas. Setelah semua nilai parameter dimensi saluran terbuka diperoleh, maka selanjutnya tentukan debit air yang dapat mengalir pada saluran terbuka tersebut.

Berikut perhitungannya dengan menggunakan persamaan *Manning* didapatkan debit air yang mengalir pada saluran terbuka adalah sebesar 0,07625 m³/s. Hasil perhitungan ini lebih besar dari debit air limpasan yang jatuh ke *catchment area* pit 1 PT. Anshar Terang Crushindo. Artinya dimensi saluran yang direncanakan mampu menampung debit air limpasan yang masuk kedalam saluran.

Untuk penampang melintang saluran terbuka, dapat dilihat pada Gambar 3 di bawah ini:



Gambar 3. Dimensi Rancangan *Sump*

4.7. Kolam Pengendapan Lumpur

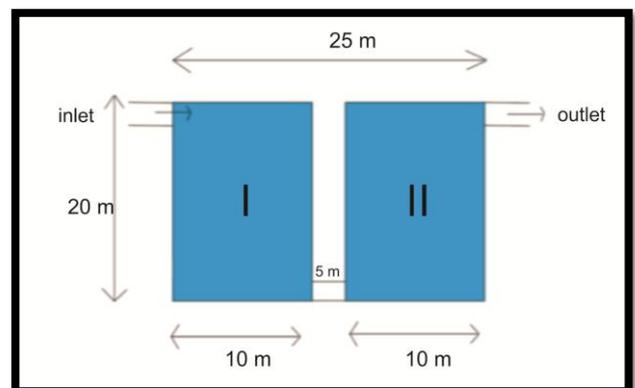
Pembuatan kolam pengendapan lumpur bertujuan untuk menampung air dari tambang yang mengandung material (lumpur) sebelum dialirkan ke perairan umum (sungai). Hal ini dilakukan agar partikel-partikel material halus yang tersuspensi di dalam air diendapkan terlebih dahulu sebelum dialirkan ke perairan umum.

Dengan mempertimbangkan luas lahan yang ada dan spesifikasi alat berat untuk perawatan KPL yang akan dibuat maka dimensi KPL sebagai berikut:

- Panjang tiap kolam (P) = 25 m
- Lebar tiap kolam (L) = 20 m
- Dalam tiap kolam (H) = 6 m

Dimensi kolam pengendapan yang akan direncanakan adalah sebagai berikut:

- a. Lebar atas kolam (L1) = 25 meter
- b. Lebar bawah kolam (L2) = 15 meter
- c. Panjang atas kolam (P1) = 25 meter
- d. Panjang bawah kolam (P2) = 20 meter
- e. Lebar atas penyekat = 5 meter
- f. Lebar bawah penyekat = 6 meter
- g. Banyak penyekat = 1
- h. Kedalaman kolam (d) = 6 meter
- i. Kedalaman aliran (h) = 5 meter
- j. Volume keseluruhan maks = ((20 x 25) + (15 x 20)) x 5/2 = 2000 m³
- k. Volume penyekat = [{"(15 x 5) + (10 x 6)} x 5/2] x 1 = 338 m³
- l. Volume kolam maksimum = volume keseluruhan - volume penyekat = 2000 m³ - 338 m³ = 1662 m³



Gambar 4. Dimensi Kolam Pengendapan Lumpur

4.8. Biaya Penyaliran

4.8.1 Biaya Pemompaan

Perhitungan owning cost dan operating cost untuk pompa dapat dilihat pada tabel 2 di bawah ini:

Tabel 2. Owing Cost Pompa Niagara GTO 6-1

ITEM	PRICE
Harga Beli Baru	Rp 24.100.000
Harga Sampai di Site	Rp 28.066.600
Harga Jual Kembali	Rp 8.300.000
Net Depreciation Value (selisih antara harga beli baru dan harga jual kembali)	Rp 15.800.000

Annual Rate : 20%
 Effective Working Hours : 4 Tahun
 Usefull Life : 3.240 Jam
 Depreciation Period : 12.960 Jam

1. Depreciation = (Net Depreciation Value) / (Depreciation period (Hrs))
 = (Rp.15.800.000)/(12.960 Jam)
 = Rp. 1.219,13- /jam

2. Interest, Insurance and Tax (IIT)
 $r = (Rp.8.300.000) / (Rp. 28.066.600) = 0,3$
 Factor = $1 - ((n-1) \times (1-r))/2n$
 = $1 - ((12.960-1) \times (1-0,3))/2(12.960)$
 = 0,65
 IIT = (Factor x Delivered Priced x Annual) / (Rates Annual Use In Hours)
 = $(0,65 \times Rp. 28.066.600 \times 20\%) / (3240 \text{ jam})$
 = Rp. 1.126,12,-/jam

Total Biaya Owing Cost
 = Depresiasi + Interest, Insurance and Tax
 = Rp. 1.119,13,- /jam+ Rp. 1.126,12,-/Jam
 = Rp. 2.245,25,-/jam

3. Biaya Operasional
 Biaya operasional pompa dapat dihitung dengan rincian sebagai berikut:
 Kebutuhan BBM/unit pompa = 3 liter/jam
 Speed = 1.600 rpm
 Jam kerja pompa = 9 jam/hari
 Harga BBM = Rp.8.952/liter
 Penggantian oli + filter = Rp.150.000/hari
 Biaya Penggunaan BBM = Kebutuhan BBM/jam x Harga BBM
 = 3 liter/jam x Rp.8.952/liter
 = Rp. 26.856,-/jam

Biaya Perawatan = Rp. 150.000/hari
 = Rp. 16.667,-/jam

Total Biaya Operasional Untuk Pompa
 = Biaya Bahan Bakar + Biaya Perawatan
 = Rp. 26.856,-/jam + Rp. 16.667,-/jam
 = Rp. 43.523,-/jam

Total biaya keseluruhan (Owing cost + Operating Cost)
 = (Rp. 2.245,25,- /jam + Rp. 43.523,- /jam)
 = Rp. 47.768,25,- /jam

Jadi biaya keseluruhan owning cost dan operating cost dapat dilihat pada table 3 dibawah ini:

Tabel 3. Owing Cost dan Operating Cost

Jenis Biaya	Biaya
Depreciation	Rp. 1.219,13,-/jam
Interest, Insurance and Tax (IIT)	Rp. 1.126,12,-/jam
Biaya Operasional	
- Biaya BBM	Rp. 26.856,-/jam
- Biaya Perawatan	Rp. 16.667,-/jam
Total	Rp. 47.768,25,- /jam

4.8.2 Biaya Pemipaan

Pipa yang dipakai yaitu pipa jenis PVC dengan diameter 6 inci
 Harga pipa = Rp. 279.900,-/meter
 Panjang pipa yang direncanakan = 33 meter
 Total Biaya Pemipaan = Total pipa x Harga pipa
 = 33 meter x Rp. 279.900,-
 = Rp 9.236.700,-

Jadi untuk biaya total dari pemipaan dapat dilihat pada table 4 dibawah ini :

Tabel 4. Biaya Pemipaan

Jenis Biaya	Biaya
Pipa jenis PVC	Rp. 279.900,-/meter
Total Biaya	Rp 9.236.700,-

4.8.3 Biaya Pembuatan Sump

Setelah melakukan perhitungan didapatkan dimensi sump yang di rencanakan = 3050 m³
 Volume sump awal = 880 m³
 Volume sump yang akan digali = 3.050 m³ - 880 m³
 = 2.170 m³

Untuk kegiatan pembuatan sump di PT. ATC, peralatan yang digunakan adalah satu unit PC 200 dan 3 unit Dumptruck Hino 260 dengan produktivitas alat dapat dilihat pada table 5 di bawah ini :

Tabel 5. Produktivitas Alat Untuk Pembuatan Sump

No	Unit Tipe	Unit Series	Productivity	Jumlah Unit	Total Productivity
			BCM/JAM		BCM/JAM
1	Hydraulic Excavator	PC200	102,4	1	102,4
2	Haul Dump Truck	DT HINO 260	35,1	3	105,3

Lama waktu pengerjaan sump
 = (Volume sump yang akan digali)/(Produktivitas alat gali muat)
 = $(2.170 \text{ m}^3) / (102,4 \text{ BCM/jam})$
 = 21,191 jam

Berikut perhitungan biaya PC 200 untuk pembuatan sump dapat dilihat di bawah ini :

- Harga sewa alat
 Harga sewa PC 200 adalah Rp 300.000/Jam
- Biaya Operasional
 - Biaya Fuel
 = Konsumsi/jam x Harga Bahan Bakar/liter
 = 19 liter/jam x Rp. 8.952/liter
 = Rp. 170.088,-/ jam
 - Biaya Engine Oil
 = Konsumsi engine oil/jam x harga engine oil/liter
 = 0,25 x Rp. 51.000,-
 = Rp. 12.750,-/jam
 - Biaya Transmisi Oil
 = Konsumsi transmisi oil/jam x harga transmisi oil /liter
 = 0,07 x Rp. 30.500,-
 = Rp. 2.135,-/jam
 - Biaya Final Drive Oil
 = Konsumsi final drive oil/jam x harga final drive oil /liter
 = 0,19 x Rp. 51.000,-
 = Rp. 9.690,-/jam

Biaya Hydraulic Oil
 = Konsumsi transmisi oil/jam x harga transmisi oil /liter
 = 0,12 x Rp. 32.400,-
 = Rp. 3.888,-/jam

f. Biaya Grease
 = Konsumsi grease/jam x Harga grease/kg
 = 0,16 x Rp. 95.700,-
 =Rp. 15.312,-/jam

g. Gaji Operator
 Upah operator berdasarkan data yang diperoleh penulis dari PT. ATC adalah Rp. 35.000,-/jam

Total biaya keseluruhan= Biaya Sewa + Biaya Operatin
 = Rp. 300.000,-+ Rp. 248.775,-
 = Rp. 548.775,-/jam

Berikut perhitungan owning cost dan operating cost DT HINO 260 untuk pembuatan saluran terbuka dapat dilihat pada table 6 di bawah ini.

Tabel 6. Biaya Owning Cost dan Operating Cost DT Hino 260

Item	Price
Harga Beli Baru	Rp. 940.000.000,-
Harga Sampai di Site	Rp. 947.000.000,-
Harga Jual Kembali	Rp. 474.000.000,-
Net Depreciation Value (selisih antara harga beli baru dan harga jual kembali)	Rp. 466.000.000,-

Annual Rate : 20%
 Effective Working Hours : 5000 Jam
 Usefull Life : 5 Tahun
 Depreciation Period : 20000 Jam
 1. Depreciation : (Net Depreciation Value) / (Depreciation period (Hrs))
 : (Rp.466.000.000,-) / (20000)
 : Rp. 23.300,- /jam

2. Interest, Insurance and Tax (IIT)
 r =(Rp. 474.000.000,-)/(Rp. 947.000.000,-)
 = 0,5

Factor = 1- ((n-1) x (1-r))/2n
 = 1- ((20000-1) x (1-0,5))/2(20000)
 = 0,75

IIT = (Factor x Delivered Priced x Annual) / (Rates Annual Use In Hours)
 = (0,75 x Rp.947.000.000, x 20%) / (5000 jam)
 = Rp. 28.410,-/Jam

Total Biaya Owning Cost
 = Depresiasi + Interest, Insurance and Tax
 = Rp. 23.300,- /jam + Rp. 28.410,-/Jam
 = Rp. 51.710,-/jam

3. Biaya Operasional
 a. Biaya Fuel
 = Konsumsi/jam x harga bahan bakar/liter
 = 20 liter/jam x Rp. 8.952,- liter
 = Rp. 179.040,-/ jam
 b. Biaya Engine Oil
 = Konsumsi engine oil/jam x harga engine oil/liter
 = 0,12 x Rp. 51.000,-
 = Rp. 6.120,-/jam

c. Biaya Transmisi Oil
 = Konsumsi transmisi oil/jam x harga transmisi oil/liter
 = 0,04 x Rp. 30.500,-
 =Rp. 1.220,-/jam

d. Biaya Final Drive Oil
 = Konsumsi final drive oil/jam x harga final drive oil /liter
 = 0,13 x Rp. 51.000,-
 =Rp. 6.630,-/jam

e. Biaya Hydraulic Oil
 = Konsumsi transmisi oil/jam x harga transmisi oil /liter
 = 0,11 x Rp. 32.400,-
 =Rp. 3.564,-/jam

f. Biaya Grease
 = Konsumsi grease/jam x harga grease/kg
 = 0,05 x Rp. 95.700,-
 = Rp. 4.785,-/jam

g. Gaji Operator
 Upah operator berdasarkan data yang diperoleh penulis dari PT. ATC adalah Rp. 25.000,-/jam.

Total Biaya Keseluruhan = Biaya Owning + Biaya Operating
 = Rp. 51.710,-+ Rp.226.359,-
 = Rp. 278.069,-/jam

Dari perhitungan diatas, maka di dapatkan biaya sewa PC 200 dan DT Hino 260 serta biaya operasionalnya bisa dilihat pada tabel 7 dibawah ini.

Tabel 7. Biaya Alat Gali Muat dan Alat Angkut

Jenis Biaya	Jenis Alat	
	Excavator	DT
Sewa Alat	Rp 300.000/Jam	-
Depreciation	-	Rp. 23.300,- /jam
Interest	-	Rp. 28.410,-/Jam
Biaya Operasional		
- Fuel	Rp. 170.088,-/ jam	Rp. 179.040,-/ jam
- Engine Oil	Rp. 12.750,-/jam	Rp. 6.120,-/jam
- Transmisi Oil	Rp. 2.135,-/jam	Rp. 1.220,-/jam
- Final Drive Oil	Rp. 9.690,-/jam	Rp. 6.630,-/jam
- Hydraulic Oil	Rp. 3.888,-/jam	Rp. 3.564,-/jam
- Grease	Rp. 15.312,-/jam	Rp. 4.785,-/jam
- Gaji	Rp. 35.000,-/jam	Rp. 25.000,-/jam
Total	Rp. 548.775,-/jam	Rp. 278.069,-/jam

Maka didapatkan total biaya pembuatan sump:
 = Biaya Keseluruhan x Lama Pengerjaan
 = ((Biaya PC200 + (Biaya DT Hino x 3)) x 21,191 Jam
 = ((Rp. 548.775,-/jam + (Rp. 278.069,-/jam x 3)) x 21,191 Jam
 = Rp. 18.226.455,-/jam

4.8.4 Biaya Pembuatan Saluran Terbuka

Panjang saluran terbuka yang direncanakan = 330 m
 Luas penampang saluran terbuka (A) = 0,33 m²
 Volume saluran terbuka yang akan dibuat = 330 m x 0,33 m²
 = 108,9 m³

Untuk kegiatan pembuatan saluran terbuka di PT. ATC peralatan yang digunakan adalah satu unit PC 200 dan 3 unit DT Hino 260 dengan produktivitas tertera pada tabel sebelumnya.

Lama waktu pengerjaan saluran terbuka:

$$= (\text{Volume yang akan digali}) / (\text{Produktivitas alat gali muat})$$

$$= (108,9 \text{ m}^3) / (102,4 \text{ BCM/Jam})$$

$$= 1,06 \text{ jam}$$

Maka didapatkan total biaya pembuatan saluran terbuka:

$$= \text{Biaya Keseluruhan} \times \text{Lama Pengerjaan}$$

$$= ((\text{Biaya PC200} + (\text{Biaya DT 260} \times 3)) \times 1,06 \text{ Jam})$$

$$= ((\text{Rp. } 548.775,-/\text{jam} + (\text{Rp. } 278.069,-/\text{jam} \times 3)) \times 1,06 \text{ Jam})$$

$$= \text{Rp } 1.465.960,-$$

4.8.5 Biaya Pembuatan Settling Pond

Rencana dimensi settling pond yang direncanakan = 2000 m³

Untuk kegiatan pembuatan settling pond peralatan yang digunakan adalah satu unit PC 200-8 dan 3 unit DT Hino 260, produktivitas alat tersebut dapat dilihat pada tabel 8 dibawah ini :

Tabel 8. Produktivitas Alat Untuk Pembuatan Settling Pond

No	Unit Tipe	Unit Series	Produktivitas	Jumlah Unit	Total Produktivitas
			BCM/JAM		BCM/JAM
1	Hydraulic Excavator	PC 200	102,4	1	102,4
2	Dumptruck	DT HINO 260	35,1	3	105,3

Lama waktu pengerjaan settling pond:

$$= (\text{Volume settling pond yang akan digali}) / (\text{Produktivitas alat gali muat})$$

$$= 2000 / (102,4 \text{ BCM/jam})$$

$$= 19,53 \text{ jam} \approx 20 \text{ jam}$$

Diketahui:

Biaya sewa dan operasional PC200

$$= \text{Rp. } 548.775,-/\text{jam}$$

Owning cost dan operating cost DT HINO 260

$$= \text{Rp. } 278.069,-/\text{jam}$$

Maka didapatkan total biaya pembuatan settling pond:

$$= \text{Biaya Keseluruhan} \times \text{Lama Pengerjaan}$$

$$= ((\text{Biaya PC200} + \text{Biaya DT 260 } 3 \text{ unit}) \times 20 \text{ jam})$$

$$= ((\text{Rp. } 548.775,-/\text{jam} + (\text{Rp. } 278.069,-/\text{jam} \times 3)) \times 20 \text{ jam})$$

$$= \text{Rp. } 27.659.640,-$$

Dari hasil perhitungan didapatkan biaya yang harus dikeluarkan oleh pihak PT. ATC untuk sistem penyaliran tambang dapat dilihat pada tabel 9 dibawa ini :

Tabel 9. Biaya Sistem Penyaliran Tambang

No	Jenis Biaya	Jumlah Biaya
1	Biaya Pemompan	Rp. 47.768,-
2	Biaya Pemipaan	Rp. 9.236.700,-
3	Biaya Pembuatan Sump	Rp. 18.226.455,-
4	Biaya Pembuatan Saluran Terbuka	Rp. 1.465.960,-
5	Biaya Pembuatan Settling Pond	Rp. 27.659.640,-
Total Biaya Penyaliran		Rp 56.636.523,-

5. Kesimpulan dan Saran

5.1. Kesimpulan

- Rancangan dimensi *sump* yang optimal untuk menampung air yang masuk ke dalam *front* penambangan batu andesit PT. Anshar Terang Crushindo dengan Luas permukaan *sump* 30 m x 30 m, Luas dasar *sump* 25 m x 25 m, Kedalaman *sump* 4 m. Dengan rancangan yang ada diperoleh kapasitas tampung maksimal sebesar 3050 m³.
- Jumlah pompa dengan spesifikasi N = 9,5 kW, Q = 0,0395 m³/detik dan HT = 18 meter, yang dibutuhkan untuk mengeluarkan air yang masuk ke dalam *sump* pada penambangan batu andesit PT. Anshar Terang Crushindo adalah 1 unit.
- Dimensi saluran terbuka untuk mengalirkan air kekolam pengendapan adalah lebar lantai saluran (b) 0,5 m, lebar atap saluran (B) 1 m, tinggi saluran (h) 0,5 m, penampang basah (d) 0,43 m, luas penampang (A) 0,33 m², keliling basah (P) 1,87 m, jari-jari hidrolis (R) 0,17 m dan debit air yang mengalir pada saluran sebesar 0,07625 m³/detik.
- Dimensi kolam pengendapan lumpur (*settling pond*) yang akan dibuat untuk menetralkan kandungan zat berbahaya dari air hasil pemompaan sebelum dialirkan ke sungai. Dimensi kolam pengendapan yang akan direncanakan adalah sebagai berikut:
 - Lebar atas kolam = 20 m
 - Lebar bawah kolam = 15 m
 - Panjang atas kolam = 25 m
 - Panjang bawah kolam = 20 m
 - Lebar atas penyekat = 5 m
 - Lebar bawah penyekat = 6 m
 - Banyak penyekat = 1
 - Kedalaman kolam = 6 m
 - Kedalaman aliran = 5 m
- Anggaran biaya penyaliran di PT. Anshar Terang Crushindo sebesar Rp 56.636.523,-

5.2. Saran

- Kesiapan dan efektifitas pemompaan harus lebih ditingkatkan, agar kegiatan pemompaan dapat berjalan secara optimal agar debit air yang masuk ke dalam tambang bisa dikontrol dengan baik.
- Perawatan pompa sebaiknya dilakukan secara berkala dan terjadwal untuk menghindari kerusakan pompa pada saat jam operasi.
- Perawatan saluran terbuka dikontrol untuk mencegah terjadinya pendangkalan akibat proses sedimentasi saluran agar saluran terbuka dapat berfungsi lebih optimal.
- Maintenance* pompa harus selalu diperhatikan agar tidak terjadi kerusakan ketika pompa sedang dihidupkan dan penyediaan bahan bakar yang cukup untuk pompa agar pompa tetap kerja dengan maksimal.

Daftar Pustaka

- [1] Rudi, Sayoga Gautama. *Sistem Penyaliran Tambang*. Bandung: Jurusan Teknik Pertambangan, FTM, ITB. 1999
- [2] Tamrin, Kasim. *Bahan Kuliah Penyaliran Tambang*. Padang : Universitas Negeri Padang. 2010.
- [3] Putra, R., Kasim, T., & Ansosry, A. *Rancangan Dan Analisis Biaya Sistem Penyaliran Tambang Pit Timur Pt. Artamulia Tatapratama, Kabupaten Muaro Bungo, Provinsi Jambi*. Bina Tambang, **3(2)**, 874-892. (2018).
- [4] Lilik, Eko Widodo. *Hidrologi, Hdrogeologi Serta Penyaliran Tambang*. Bandung: Lap ITB. . 2012
- [5] Khusairi, A. R., & Kasim, T. . *Kajian Teknis Sistem Penyaliran Tambang pada Tambang Terbuka Batubara PT. Nusa Alam Lestari, Kenagarian Sinamar, Kecamatan Asam Jujuhan, Kabupaten Dharmasraya*. Bina Tambang, **3(3)**, 1202-1212. (2018)
- [6] Suyono, Sosrodarsono & Kensaku, Takeda. *Hidrologi Untuk Pengairan*. Jakarta: Pradnya Paramita. 1978.
- [7] Soemarto, C.D. *Hidrologi Teknik*. Edisikedua. Jakarta: Erlangga. 1995.
- [8] Lisminiyati, A., & Kasim, T. . *Rancangan Ulang Sistem Penyaliran Tambang Bawah Tanah pada Front Penambangan Batubara Tunnel THC-01 di CV. Tahiti Coal, Kecamatan Talawi, Kota Sawahlunto*. Bina Tambang, **3(3)**, 1034-1047. (2018)
- [9] Syarastika, J., & Kasim, T. *Analisis Hidrogeologi untuk Rencana Sistem Penyaliran di Pit S22GN Penambangan Batubara Tahun 2018 PT. Riung Mitra Lestari Jobsite PT. Kitadin, Desa Embalut, Kecamatan Tenggarong Seberang, Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur*. Bina Tambang, **3(3)**, 1143-1152. (2018).
- [10] Pane, D. H., Rusli, H. A. R., & Kasim, T. *Evaluasi Sistem Dewatering Pada Tambang Emas Bawah Tanah Ciurug L. 450 Bagian Selatan Di Upbe Pongkor Pt. Aneka Tambang (Persero) Tbk*. Bina Tambang, **3(2)**, 904-919. (2018).
- [11] Sepniko, R., Murad, M., & Anaperta, Y. M. *Kajian Teknis Sistem Penyaliran Tambang Terbuka Pada Penambangan Batubara Blok B PT Minemex Indonesia Desa Talang Serdang Kecamatan Mandiangin Kabupaten Sarolangun Provinsi Jambi*. Bina Tambang, **3(4)**, 1456-1470. (2018)
- [12] Sari, N. M., Saismana, U., & Riswan, R. *Evaluasi Sistem Penyaliran Tambang Pada Pt Brilianta Bina Anugrah Kabupaten Barito Utara Kalimantan Tengah*. Jurnal Himasapta, **3(03)**. (2018).
- [13] Andiliani, N., & Kasim, T. *Evaluasi Mine Dewatering System Untuk Menunjang Pencapaian Target Produksi 5.000 Ton/Shift Pada Penambangan Batubara Pit B Area Selatan PT. Mifa Bersaudara, Peunaga Cut Ujong, Meurebo, Kabupaten Aceh Barat, Provinsi Aceh*. Bina Tambang, **3(3)**, 1059-1068. (2018)
- [14] Gultom, R., Yusuf, M., & Abro, M. A. *Evaluasi Kapasitas Pemompaan Dalam Sistem Penyaliran Pada Pit 1 Timur Penambangan Banko Barat Pt. Bukit Asam (Persero), Tbk, Tanjung Enim, Sumatera Selatan*. Jurnal Pertambangan, **2(1)**. (2018).
- [15] Sugiyono. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R & D*. Bandung: Alfabeta. 2011
- [16] Ramadanto, M., Sudarmono, D., & Abro, A. *Kajian Teknis Sistem Penyaliran Pada Phase 5 Di Pt. Bukit Asam (Persero), Tbk Unit Pelabuhan Tarahan, Bandar Lampung*. Jurnal Pertambangan, **1(5)**, 19-25. (2017)
- [17] Sularso & Tahara. *Pompa dan Kompresor*. Jakarta:Pradnya Paramita. 2000