

# Rancangan Ulang Sistem Penyaliran Tambang Bawah Tanah pada *Front* Penambangan Batubara *Tunnel* THC-01 di CV. Tahiti Coal, Kecamatan Talawi, Kota Sawahlunto

Anita Lisminiyati<sup>1,\*</sup>, and Tamrin Kasim<sup>1</sup>

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

\*tataiskaprayosa@gmail.com

**Abstract.** Existing pumps can not work optimally on mining C.11 and C.12 because the inlet value obtained is greater than the value of the outlet, the magnitude of the discharge water makes the company's difficulties to deal with it, because there has been no water discharge measurements in detail. Water discharge measurements on the system is difficult because the aquifer is secondary to the absence of a map distribution structure, therefore the measurement was done manually. And now CV. Tahiti Coal haven't settling pond as a water quality control places accordingly has not met the requirements by the KEPMEN Mining and Energy No: 1211.K/008/M.PE/1995 chapter 9 paragraph 1 and paragraph 2. This type of research belongs to the type of applied research. As the result of data processing discharge ground water totally 5,092 m<sup>3</sup>/minute. The total of pumps needed to re-draft installation pump Tsurumi pump Hs(Z)3,75S-51 12 units company provided appropriate and required the addition of pump 3 units pumps Tsurumi LH637-HDPE pipes in diameter of 6 inch. Sump 1 is rectangular with dimensions length 2 m, width 1 m, and a depth of 2 m. Sump 2 is a trapezium with dimensions length 10.12 m, width 6.6 m and a depth of 3 m. settling pond is planned 3 compartments, 2 partitions, the depth of the pond 4 m with a capacity of each compartment of 254 m<sup>3</sup> and the capacity of entire 761.18 m<sup>3</sup>.

**Keywords:** Pump, Instalation Pump, Head Losess, Sump, Settling Pond

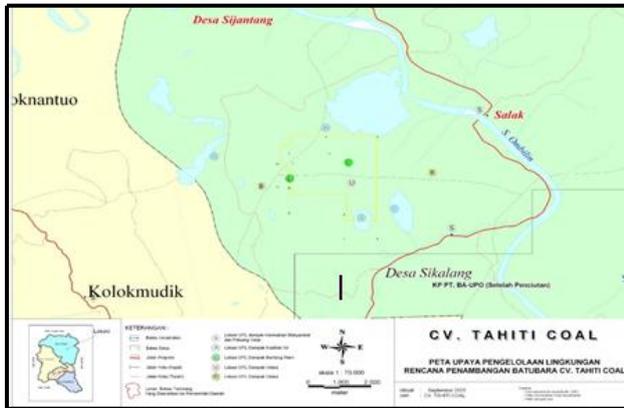
## 1. Pendahuluan

Sebagai Negara yang berkembang, Indonesia terus berusaha meningkatkan pembangunan disegala bidang salah satunya adalah memanfaatkan sumberdaya alam yang banyak terkandung di dalamnya. Salah satu sumberdaya alam yang dapat dimanfaatkan saat ini adalah batubara. Batubara merupakan sumberdaya alam dengan jumlah cadangan yang memadai serta cukup berpotensi di Indonesia. Dalam KBBI (Kamus Besar Bahasa Indonesia) batubara merupakan batuan sedimen yang terbentuk dari endapan organik tumbuh-tumbuhan. Proses ini dipengaruhi oleh peredaran air, temperatur, dan keasaman yang terendapkan pada lingkungan geologi dalam suatu cekungan endapan (*basin*), tertutup lapisan lain non-organik sehingga dalam waktu yang sangat lama menjadi batubara <sup>[1]</sup>.

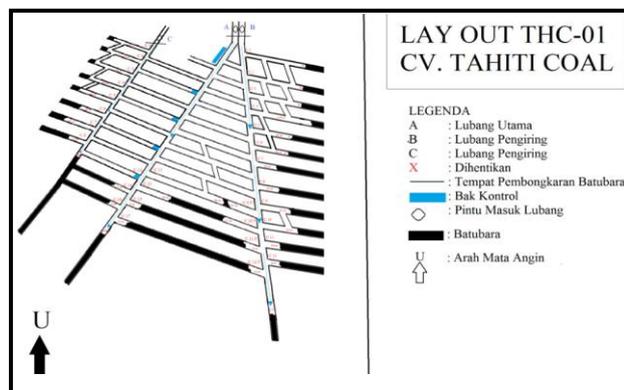
CV. Tahiti Coal merupakan perusahaan yang bergerak dibidang jasa pertambangan yang melakukan penambangan batubara dengan luas WIUP ±53,80 Ha.

CV. Tahiti Coal berlokasi di Sangkar Puyuh, Desa Sijantang, Kecamatan Talawi, Kota Sawahlunto. Secara geografis, WIUP CV. Tahiti Coal terletak pda koordinat 100°45'06" - 100°45'32" Bujur Timur Secara geografis, (BT) dan 00°37'20" - 00°37'51" Lintang Selatan (LS). Pada saat ini CV. Tahiti Coal melakukan aktivitas penambangan pada 3 *tunnel* yaitu THC-01 dengan 3 lubang penambangan A, B, dan C, THC-02 dan THC-03 2 lubang penambangan yang biasa disebut *main gate* dan *tail gate*. Sistem penambangan yang digunakan adalah tambang bawah tanah (*underground mining*) dengan metoda penambangan *room and pilar* (mengikuti kemiringan batubara), penambangan batubara dilakukan dengan cara semi mekanis menggunakan *jack hammer*. Metoda *room and pilar* adalah suatu kegiatan pengambilan batubara di bawah tanah dengan cara membuat blok-blok dalam lapisan batubara yang disekelilingi oleh *pilar-pilar* berbentuk bujur sangkar dan empat persegi panjang yang berguna sebagai penyangga. Jenis penyangga yang digunakan yaitu penyangga kayu berbentuk *three pieces set*. *Three pieces set* terdiri dari

tiga bagian utama yaitu satu bagian atas (*cap*) dan dua bagian samping tiang (*side post*). Lubang B pada *tunnel* THC-01 berada pada ketinggian  $\pm 262$  mdpl dan mempunyai kedalaman total lubang maju sepanjang  $\pm 364$  m, aktivitas penambangan lubang B dilakukan pada *front* maju dan 5 lubang cabang yaitu C.4, C.9,5, C.10,5, C.11,5, C.12,5. Peta lokasi CV. Tahiti Coal dapat dilihat Gambar 1 dan Peta *Layout* THC-01 dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 1. Peta Lokasi CV. Tahiti Coal.



Gambar 2. *Layout* THC-01 CV. Tahiti Coal

Kegiatan umum pada tambang bawah tanah diawali dengan pembuatan lubang bukaan *development*, yang dilanjutkan dengan penggalian, pembersihan (*scalling*), pemasangan ventilasi, penyanggaan (*supporting*), pemuatan dan pengangkutan (*mucking dan transporting*) ke tempat peremukan (*crushing*) atau ke tempat penampungan (*stockpile*) maka selanjutnya akan melalui proses pengolahan yaitu peremukan (*crushing*) dan pencampuran (*blending*) menggunakan *Excavator* PC 300 dan selanjutnya pemasaran batubara [2].

Dalam proses penambangan tambang bawah tanah masalah yang sering terjadi adalah banyaknya air yang masuk atau tergenang yang menyebabkan terganggunya aktivitas penambangan. Sumber air di dalam tambang bawah tanah dapat berasal dari air tanah maupun dari rembesan air permukaan, air tersebut masuk ke lokasi tambang dengan cara merembes melalui porositas batuan atap maupun batuan dinding yang tidak tahan terhadap rembesan air, atau dapat pula air mengalir melalui retakan

atau rekahan batuan yang terpotong akibat kegiatan penambangan [3].

Air merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi produktifitas baik secara langsung maupun secara tidak langsung. Secara langsung keberadaan air dapat menghentikan produksi tambang dikarenakan lantai bukaan tambang terendam air. Terendahnya lantai bukaan dapat mengakibatkan tidak dapat beroperasinya peralatan tambang secara optimal dan juga dapat merusak akses jalan. Akibatnya target tidak terpenuhi [4].

Dari hasil pengamatan penulis di lapangan pada *front* penambangan lubang B *tunnel* THC-01 di CV. Tahiti Coal terdapatnya genangan air yang cukup luas dan menutupi lantai kerja penambangan pada C.11 sepanjang 15,23 m yang mengakibatkan terganggunya proses pengangkutan batubara menggunakan gerobak dari dalam lubang cabang menuju jalur lubang maju. Tingginya rembesan air setelah hujan melalui batuan atap dan batuan samping terowongan pada C.12 yang mengakibatkan para pekerja tambang harus memakai mantel hujan ketika melakukan aktivitas penambangan. Pada aktualnya jumlah produksi batubara pada bulan februari dan maret 2017 dengan jam kerja selama 8 jam/hari pada 5 lubang cabang ditambah *front* maju berproduksi batubara didapatkan 789,4 ton/bulan dan 853,6 ton/bln. Dapat disimpulkan bahwa produksi batubara yang didapatkan lebih kecil dari rencana produksi batubara CV. Tahiti Coal yaitu  $\pm 1.200$  ton/bulan untuk setiap lubang tambang dengan kemajuan penambangan yang direncanakan  $\pm 6$  m/harinya. Terjadinya akumulasi (genangan) air dapat menciptakan lokasi kerja yang tidak aman dan nyaman bagi para pekerja tambang, sehingga aktivitas penambangan pada kedua cabang tersebut harus dihentikan. Hal ini tentu mengakibatkan kerugian bagi perusahaan karena berkurangnya jumlah produksi batubara.

Untuk mengatasi air dalam jumlah yang berlebihan, maka perlu dilakukan suatu sistem penyaliran tambang yang tepat. Penyaliran tambang adalah suatu usaha yang diterapkan pada daerah penambangan untuk mencegah, mengeringkan, atau mengeluarkan air yang masuk ke daerah penambangan. Tujuan dari penyaliran air tambang adalah untuk membuat lokasi kerja di area penambangan selalu kering. Dalam hal ini yang harus diperhatikan dalam penyaliran tambang adalah pengontrolan jumlah air tambang yang ada di lokasi. Faktor-faktor yang diperlukan dalam sistem pengontrolan penyaliran air tambang antara lain *sump* (sumur dalam atau sumur pompa), curah hujan rata-rata, debit air minimum-maksimum, kualitas air dan biaya. Sistem yang diterapkan adalah *mine dewatering*. *mine dewatering* merupakan suatu upaya untuk mengeluarkan air yang ada dalam bukaan tambang. Komponen komponen yang dibutuhkan dalam sistem penyaliran ini yaitu dengan *sump*, metode pemompaan, dan kolam pengendapan [5].

Sistem penyaliran menggunakan pompa celup (*submersible pump*) Tsurumi Hs(Z)3,75S sebanyak 14 unit pompa yang dioperasikan secara estafet, Pompa celup ini biasanya menggunakan motor listrik yang dikemas menyatu dengan pompa. Waktu pemompaan dilakukan 2 kali/hari atau 1x12 jam selama  $\pm 1$  jam. Aktualnya debit nilai *inlet* 305,52 m<sup>3</sup>/jam sedangkan nilai *outlet* 18 m<sup>3</sup>/jam. Dikarenakan tidak optimalnya pompa Tsurumi Hs(Z)3,75S yang digunakan saat ini sehingga tidak dapat mengatasi air yang masuk ke dalam lubang C.11 dan C.12. Hal inilah yang menyebabkan kedua lubang cabang tersebut mengalami genangan yang cukup luas serta tidak terancangannya penempatan pipa yang baik mengakibatkan terjadinya banyak belokan pada pipa, hal ini menyebabkan besarnya head losses yang akan terjadi ketika proses pemompaan. Untuk mengatasi permasalahan di atas dibutuhkan pergantian pompa dan pemilihan pompa yang tepat untuk mengeluarkan air dari genangan. Dalam merancang sistem penyaliran tambang diperlukan data-data pendukung yaitu: peta *layout* penambangan THC-01, daerah tangkapan hujan, data curah hujan, intensitas curah hujan, kondisi daerah di sekitar bukaan tambang, debit air limpasan dan air tanah.

Pada saat ini CV. Tahiti Coal tidak memiliki *settling pond* sebagai tempat pengontrol kualitas air sebagaimana mestinya karena air yang dipompakan dari dalam lubang tambang dialirkan menuju bak kontrol 1 dan bak kontrol 2 selanjutnya langsung dialirkan menuju pembuangan terakhir tanpa melakukan pengendapan lumpur terlebih dahulu, hal ini belum memenuhi persyaratan yang ditetapkan oleh KEPMEN Pertambangan dan Energi no: 1211.K/008/M.PE/1995 Pasal 9 Ayat 1 yang berbunyi: "Air larian (*run off*) yang mengalir dipermukaan daerah yang terbuka harus dialirkan melalui saluran yang berfungsi dengan baik ke kolam pengendapan sebelum dibuang ke perairan umum" dan Pasal 9 Ayat 2 yang berbunyi: "Kolam pengendapan harus dibuat dilokasi yang stabil serta terpelihara dan berfungsi dengan baik". Padahal *settling pond* berfungsi untuk pengendapan atau memperkecil kecepatan horizontal sehingga material yang tersuspensi dalam air berkesempatan untuk mengendap sehingga air yang akan dialirkan ke perairan umum sudah baik dari kandungan materialnya, tingkat keasaman ataupun kandungan material lain yang dapat membahayakan lingkungan sehingga nantinya dapat mengurangi dampak pencemaran lingkungan dari kegiatan penambangan.

Dalam menunjang jalannya aktivitas penambangan, maka perlu dilakukan rancangan ulang instalasi pemompaan agar kegiatan pemompaan dapat bekerja dengan baik sehingga tidak terdapatnya genangan air yang dapat mengakibatkan memperpendek umur penyangga, peralatan tambang menjadi cepat rusak akibat korosi dan yang paling penting tidak akan menciptakan kondisi kerja yang tidak aman dan nyaman bagi para pekerja tambang yang dapat berdampak pada besarnya produksi yang akan dihasilkan, kemudian dengan adanya sistem pemompaan yang baik akan menyebabkan lebih ekonomisnya biaya yang dikeluarkan untuk sistem pemompaan tersebut [6].

Dari uraian di atas, maka penulis mengangkat judul "Rancangan Ulang Sistem Penyaliran Tambang Bawah Tanah pada *Front* Penampangan Batubara di CV. Tahiti Coal, Kecamatan Talawi, Kota Sawahlunto". Sehingga dapat mendukung kegiatan produksi tambang di *front* penambangan lubang B CV. Tahiti Coal.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah Menentukan jumlah debit air tanah yang masuk ke area penambangan lubang B *tunnel*, mendapatkan volume *sump* dan bentuk rancangan *sump*, menentukan *head* total dan jumlah pemakaian pompa yang dibutuhkan di tambang sehingga lebih efisien, mendapatkan bentuk rancangan ulang instalasi pompa yang ideal dari sistem penyaliran tambang bawah tanah, menentukan nilai dimensi *settling pond* yang ideal untuk sistem penyaliran *tunnel* THC-01 pada tambang CV. Tahiti Coal, Kecamatan Talawi, Kota Sawahlunto.

## 2. Metode Penelitian

### 2.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini termasuk kedalam jenis penelitian terapan (*Applied Rresearch*). Penelitian terapan adalah "penelitian yang mempunyai alasan praktis, keinginan untuk mengetahui, bertujuan agar dapat melakukan sesuatu yang jauh lebih baik, lebih efektif, dan efisien". Penelitian terapan atau *applied research* dilakukan berkenaan dengan kenyataan-kenyataan praktis, penerapan, dan pengembangan ilmu pengetahuan yang dihasilkan oleh penelitian dasar dalam kehidupan nyata. Penelitian terapan berfungsi untuk mencari solusi tentang masalah-masalah tertentu, tujuan utamanya adalah pemecah masalah sehingga hasil penelitian dapat dimanfaatkan untuk kepentingan manusia baik secara individu atau kelompok maupun keperluan industri atau politik dan bukan untuk wawasan keilmuan semata [7].

### 2.2 Tahapan Penelitian

#### 2.2.1 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan cara mempelajari teori-teori yang berhubungan dengan materi yang akan dibahas di lapangan melalui buku-buku, laporan penelitian sebelumnya dan literatur dari internet.

#### 2.2.2 Observasi Lapangan

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

#### 2.2.3 Pengambilan Data Lapangan

Data yang diambil harus benar, akurat dan lengkap serta relevan dengan permasalahan yang ada. Data yang diambil dapat dikelompokkan menjadi data primer dan data sekunder.

### 1. Data Primer

Data primer digunakan untuk merancang ulang instalasi pompa dan kebutuhan pompa, data primer berupa sudut kemiringan lantai kerja tambang bawah tanah, panjang lantai kerja, elevasi genangan air, elevasi lubang bukaan, debit aktual pompa, debit air tanah.

### 2. Data Sekunder

Data sekunder digunakan untuk merancang dimensi *settling pond*, data sekunder berupa data curah hujan, spesifikasi pompa, diameter pipa, spesifikasi alat pengerukan *settling pond*, data zat padat terlarut dan zat padat tersuspensi.

#### 2.2.4 Teknik Pengolahan Data

Setelah data didapatkan maka selanjutnya adalah pengelompokan dan pengolahan data, dikarenakan penelitian terdiri dari beberapa variabel, maka data harus dikelompokkan sesuai dengan tahapan pengerjaannya. Adapun tahapan pengolahan data sebagai berikut:

#### 1. Analisis Data Curah Hujan Rencana

Curah hujan adalah jumlah atau volume air hujan yang jatuh pada satu satuan luas, dinyatakan dalam satuan mm. 1 mm berarti pada luasan 1 m<sup>2</sup> jumlah air hujan yang jatuh sebanyak 1 Liter. Besar kecilnya curah hujan akan mempengaruhi besar kecilnya air tambang yang harus diatasi. 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<sup>[8]</sup>.

Pengolahan data curah hujan dapat menggunakan metode Gumbel, yaitu suatu metode yang didasarkan atas distribusi normal (distribusi harga ekstrim. Rumus metode Gumbel:

$$X_t = \bar{X} + \left( \frac{Y_t - Y_m}{S_m} \right) S \quad (1)$$

Keterangan:

X<sub>t</sub> = Curah hujan untuk periode ulang T (mm)

$\bar{X}$  = Curah hujan rata-rata (mm)

S = Standar deviasi

S<sub>m</sub> = Standar deviasi dari reduksi variat, tergantung dari jumlah data (n)

Y<sub>t</sub> = Nilai reduksi variat dari variabel

Y<sub>m</sub> = Nilai rata-rata dari reduksi variat, tergantung dari jumlah data

Nilai  $\bar{X}$  dapat ditentukan dengan rumus berikut:

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

Keterangan:

X = Data curah hujan maksimum harian

n = Jumlah data

Nilai standar deviasi dapat ditentukan dengan rumus:

$$SD = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n - 1}} \quad (3)$$

Keterangan:

SD = Standar Deviasi

X = Curah hujan maksimum harian

$\bar{X}$  = Curah hujan harian maksimum rata-rata

n = Jumlah data

Nilai *reduced standar deviation* dapat ditentukan dengan rumus:

$$S_n = \sqrt{\frac{\sum (Y_n - \bar{Y}_n)^2}{n - 1}} \quad (4)$$

Keterangan:

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

Y<sub>n</sub> = *Reduced mean*

$\bar{Y}_n$  = Nilai rata-rata *reduced mean*

n = Jumlah data

Nilai *reduced mean* didapatkan dari

$$Y_n = -\ln\left(-\ln\left\{\frac{(n+1)-m}{n+1}\right\}\right) \quad (5)$$

Keterangan:

n = Jumlah sample

m = Urutan sample (1,2,3,...)

Sedangkan nilai rata-rata *reduced mean*  $\bar{Y}_n$  didapat dari rumus:

$$\bar{Y}_n = \frac{\sum Y_n}{n}$$

Keterangan:

$\sum Y_n$  = Jumlah total *reduced mean*

n = Jumlah data *reduced mean*

#### 2. Periode Ulang Hujan

Periode ulang hujan adalah hujan maksimum yang diharapkan terjadi pada setiap n tahun. Jika suatu data curah hujan mencapai harga tertentu (x) yang diperkirakan terjadi satu kali dalam n tahun, maka n tahun dapat dianggap sebagai periode ulang dari x<sup>[9]</sup>. Persamaan yang digunakan dalam distribusi gumbel yaitu rumus:

$$X_t = \bar{X} + k \cdot SD \quad (6)$$

Keterangan:

X<sub>t</sub> = Periode ulang hujan

k = Faktor Probabilitas

SD = Standar deviasi

Nilai faktor probabilitas untuk harga-harga ekstrim dapat dinyatakan dengan rumus:

$$K = \frac{Y_{Tr} - Y_n}{S_n} \quad (7)$$

Keterangan:

$Y_n$  = *Reduced mean* yang tergantung pada jumlah sampel atau data n

$S_n$  = *Reduced standard deviation* yang juga tergantung pada jumlah sampel

$Y_{Tr}$  = *Reduced variate* yang dihitung dengan rumus:

$$Y_{Tr} = -\ln \left[ -\ln \frac{Tr-1}{Tr} \right] \quad (8)$$

### 3. Resiko Hidrologi

Resiko hidrologi adalah kemungkinan suatu kejadian akan terjadi minimal satu kali pada periode ulang tertentu. Semakin besar nilai resiko hidrologi, kemungkinan terjadinya curah hujan maksimum dalam satu periode ulang akan semakin besar<sup>[10]</sup>. Penentuan resiko hidrologi dihitung dengan menggunakan rumus:

$$p_t = 1 - \left(1 - \frac{1}{T_t}\right)^{TL} \quad (9)$$

Keterangan:

$P_t$  = Resiko hidrologi (kemungkinan suatu kejadian akan terjadi minimal satu kali pada periode ulang tertentu).

$T_t$  = Periode ulang

$TL$  = Lama sistem penyaliran akan bekerja

### 4. Intensitas Curah Hujan (I)

Intensitas curah hujan adalah jumlah hujan yang dinyatakan dalam tinggi hujan atau volume hujan dalam satuan waktu yang biasa digunakan adalah mm/jam. Nilai intensitas hujan tergantung lama curah hujan dan frekuensi hujan dan waktu konsentrasi<sup>[11]</sup>.

Dalam menentukan intensitas curah hujan dapat dicari dengan rumus:

$$I = \frac{R}{24} X \left( \frac{24}{tc} \right)^{2/3} \quad (10)$$

Harga tc dapat dicari dengan menggunakan rumus:

$$tc = 0,0195 \times \left( \frac{L}{S^{0,5}} \right)^{0,77} \quad (11)$$

atau

$$tc = 0,871 \times \left( \frac{L^3}{H} \right)^{0,385} \quad (12)$$

Keterangan:

$I$  = Intensitas curah hujan (mm/jam)

$R$  = Curah hujan rancangan (mm/hari)

$tc$  = Lama waktu konsentrasi (jam)

$L$  = Panjang aliran (km)

$H$  = Beda elevasi (km)

$S$  = *Slope*/kemiringan

### 5. Catchment Area

*Catchment area* atau juga yang 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<sup>[12]</sup>. Penentuan *catchment area* ditentukan berdasarkan pengamatan langsung dilapangan, analisis pada peta topografi, serta peta wilayah izin usaha penambangan (WIUP) CV. Tahiti Coal. Pengamatan langsung dan analisis peta topografi bertujuan untuk mengetahui arah aliran air yang berpotensi untuk masuk ke lubang bukaan tambang dan untuk mengetahui koefisien limpasan yang cocok digunakan pada setiap *catchment area*. Pengamatan peta wilayah izin usaha penambangan (WIUP) CV. Tahiti Coal bertujuan untuk mengetahui daerah yang lebih tinggi yang memiliki kemungkinan untuk menampung air hujan dan mengalirkannya ke lokasi tambang.

### 6. Perhitungan Debit Air Tanah

Air tanah adalah air yang menempati pori-pori atau rekahan didalam lapisan tanah atau batuan dan dapat mengalir diantara pori-pori atau rekahan tersebut. air yang terdapat dibawah permukaan tanah, khususnya yang berada di dalam zona jenuh air<sup>[13]</sup>.

Untuk mengetahui debit air tanah dapat dihitung dengan menggunakan persamaan rumus:

$$Q = h \frac{\left[ \frac{L_1 + L_2}{2} \right]}{(\Delta t)} \quad (13)$$

Keterangan:

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

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

$h$  = Kenaikan Permukaan

$L_1$  = Luas Permukaan Air Diawal (m<sup>2</sup>)

$L_2$  = 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:

$$Q = V \times A \quad (14)$$

Keterangan:

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

$V$  = Kecepatan Aliran Air (m/s)

$A$  = Luas Permukaan Paritan (kedalaman x lebar)

### 7. Perhitungan Head Total dan Kebutuhan Pompa

Dalam pemompaan di kenal istilah *julang* (*head*), yaitu energi yang diperlukan untuk mengalirkan sejumlah air pada kondisi tertentu. Semakin besar debit air yang dipompa, maka *head* juga akan semakin besar<sup>[14]</sup>. Adapun total *head* pompa dirumuskan:

$$HT = H_s + H_f \quad (15)$$

Keterangan:

H = head total pompa, m

Hs = head statis atau head geodetik, m

Hf = head friction (Head gesek + Head belokan), m

Hs (Head Statis) atau head geodetik

Head statis adalah perbedaan elevasi pipa hisap dengan elevasi pipa buang. Persamaan head statis ini dirumuskan:

$$H_s = H_1 - H_2 \quad (16)$$

Keterangan:

H<sub>1</sub> = Elevasi pipa buang (mdpl)

H<sub>2</sub> = Elevasi pipa hisap (mdpl)

Hf (Head friction) yaitu kerugian energi akibat gesekan dan belokan pada pipa. Untuk kehilangan energi dalam pipa karena gesekan dapat menggunakan persamaan Darcy – Weisbach:

$$H_f = \frac{f \times L \times V^2}{2g \times D} \quad (17)$$

Keterangan:

f = Faktor kekasaran

L = Panjang pipa aliran (m)

D = Diameter pipa (m)

V = Kecepatan (m/detik)

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

Untuk menghitung koefisien kekasaran pipa (f) berdasarkan angka Reynold:

$$R = \rho \frac{VD}{\mu} \quad (18)$$

Keterangan:

R = Angka Reynold

ρ = Berat jenis fluida (kg/m<sup>3</sup>)

V = Kecepatan aliran (m/s)

D = Diameter pipa (m)

μ = Viskositas fluida (m<sup>2</sup>/s)

Terdapat beberapa kaidah untuk menentukan nilai f berdasarkan Darcy – Weisbach jenis aliran dan jenis pipa yang digunakan:

1. Untuk R < 2300 yaitu jenis aliran laminar, nilai f dapat ditentukan dengan persamaan:

$$f = \frac{R}{64} \quad (19)$$

2. Untuk R > 4000 yaitu aliran turbulen, dengan menggunakan jenis pipa halus digunakan rumus:

$$f = \frac{0,316}{Re^{0,25}} \quad (20)$$

3. Untuk 2300 < R < 4000, yaitu jenis aliran transisi, nilai f dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan aliran turbulen atau aliran laminar.

Persamaan menurut Altshul:

$$f = 0,11 \left( \frac{\epsilon}{D} + \frac{68}{Re} \right)^{1/4} \quad (21)$$

Keterangan:

ε = Faktor kekasaran pipa

D = Diameter pipa (m)

Re = Angka Reynold

Untuk head akibat kehilangan pipa pada belokan berdasarkan Darcy – Weisbach digunakan rumus:

$$H_f = k \frac{v^2}{2g} \quad (22)$$

Keterangan:

v = Kecepatan aliran (m/detik)

g = Percepatan gravitasi (m/detik<sup>2</sup>)

Dari hasil penurunan rumus harga k didapatkan:

$$k = \left( \sin \frac{\theta}{2} \right)^2 + 2 \left( \sin \frac{\theta}{2} \right)^4 \quad (23)$$

Keterangan:

k = Nilai belokan sudut

θ = Sudut belokan

Daya Pompa

Daya pompa adalah daya yang dibutuhkan pompa untuk menaikkan air dari suatu tempat ke tempat lainnya, sehingga menyebabkan pompa kehilangan tenaganya selama pengaliran berlangsung. Adapun rumus daya pompa:

$$P = \frac{HT \times Q \times \gamma}{\eta} \quad (24)$$

Keterangan:

HT = Head total

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

γ = massa jenis air (kg/m<sup>3</sup>)

η = efisiensi pompa

## 8. Menentukan Dimensi Sump

Sump pada tambang berfungsi sebagai tempat penampungan air sementara dan lumpur sebelum dipompa ke luar tambang. Volume sump yang optimum dapat juga dicari dari selisih antara volume air limpasan dengan volume pemompaan harian<sup>[15]</sup>.

1. Vol. sump = Vol. Total Inflow (m<sup>3</sup>/hari) – Vol. Pemompaan (m<sup>3</sup>/hari)

2. Vol. Total inflow (m<sup>3</sup>/hari) = Vol Air Tanah

3. Vol. Pemompaan (m<sup>3</sup>/hari) = debit pemompaan (m<sup>3</sup>/jam) x waktu operasi pompa per hari (jam/hari)

Jika bentuk dari dimensi sump adalah trapezium, untuk menentukan volume sump yang akan dipakai, digunakan rumus:

$$V = \frac{(\text{luas atas} + \text{luas bawah})}{2} \times \text{kedalaman} \quad (25)$$

Keterangan:

x<sup>2</sup> = Luas atas (m<sup>2</sup>)

h = Kedalaman (m)

y<sup>2</sup> = Luas bawah (m<sup>2</sup>)

maka:

$$v = \frac{x^2 + y^2}{2} z \quad (26)$$

Untuk *sump* dengan bentuk trapesium kemiringan *sump* adalah sebesar 60° dan kedalaman kolam (h). Adapun perhitungannya menggunakan persamaan:

$$W = \frac{z}{\tan 60^\circ} \quad (27)$$

$$x = 2(W) + y \quad (28)$$

## 9. Menentukan Dimensi Settling Pond

*Settling pond* adalah kolam yang dibuat untuk menampung dan mengendapkan air tanah yang berasal dari *front* penambangan. Di samping itu, kolam pengendapan juga dapat berfungsi sebagai tempat pengontrol kualitas dari air yang akan dialirkan keluar kolam pengendapan, baik itu kandungan materialnya, tingkat keasaman ataupun kandungan material lain yang dapat membahayakan lingkungan [16]. Dimana baku mutu air limbah kegiatan penambangan batubara sudah di atur dalam KEPMEN Lingkungan Hidup No. 113 Tahun 2003 untuk lebih jelas bisa dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Baku Mutu Air Limbah Kegiatan Penambangan Batubara

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
Ph	-	6-9
Residu Tersuspensi	Mg/l	400
Besi (Fe) Total	Mg/l	7
Mangan (Mn) Total	Mg/l	4

Sumber: KEPMEN Lingkungan Hidup No. 113 Tahun 2003

Kecepatan pengendapan dapat dihitung dengan menggunakan hukum “Stokes” dan hukum “Newton”. Hukum “Stokes” berlaku bila padatnya kurang dari 40%, sedangkan bila lebih persen padatan lebih dari 40% berlaku hukum “Newton”

Hukum Stokes:

$$V = \frac{g D^2 (rp - ra)}{18\mu} \quad (29)$$

Keterangan:

- V = Kecepatan pengendapan partikel (m/s)
- g = Percepatan gravitasi (m/s<sup>2</sup>)
- rp = Berat jenis partikel padatan
- ra = Berat jenis air (kg/m<sup>3</sup>)
- μ = Kekentalan dinamik air (kg/ms)
- D = Diameter partikel padatan (m)

Hukum Newton:

$$V = \left\{ \frac{4g D (rp - ra)}{3 Fg.ra} \right\}^{0.5} \quad (30)$$

Keterangan:

- v = Kecepatan pengendapan partikel (m/detik)
- g = Percepatan gravitasi (m/detik<sup>2</sup>)

- rp = Berat jenis partikel padatan
- ra = Berat jenis air (kg/m<sup>3</sup>)
- D = Diameter partikel padatan (m)
- Fg = Nilai koefisien tahanan

Waktu yang dibutuhkan oleh partikel untuk mengendap (Tv) dirumuskan:

$$Tv = \frac{h}{V_t} \quad (31)$$

Keterangan:

- Tv = Waktu pengendapan partikel (s)
- V<sub>t</sub> = Kecepatan pengendapan partikel (m/s)
- h = Kedalaman Saluran (m)

Waktu yang dibutuhkan material untuk keluar dari kolam pengendapan (Th), partikel padatan akan mengendap dengan baik jika Tv < Th. Kecepatan air dalam kolam adalah (Vh):

$$Vh = \frac{Q_{total}}{A} \quad (32)$$

Keterangan:

- Vh = Kecepatan mendarat partikel (m/detik)
- Q<sub>total</sub> = Debit aliran yang masuk ke *settling pond* (m<sup>3</sup>/s)
- A = Luas permukaan saluran (m<sup>2</sup>)

Maka waktu yang dibutuhkan partikel untuk keluar dari *settling pond* dapat dicari dengan rumus:

$$Th = \frac{P}{Vh} \quad (33)$$

Keterangan:

- Th = Waktu partikel keluar (detik)
- P = Panjang *settling pond*
- Vh = Kecepatan mendarat partikel (m/detik)

Dalam proses pengendapan ini partikel mampu mengendap dengan baik jika Tv tidak lebih besar dari Th. Sebab, jika waktu yang diperlukan untuk mengendap lebih kecil dari waktu yang diperlukan untuk mengalir ke luar kolam atau dengan kata lain proses pengendapan lebih cepat dari aliran air maka proses pengendapan dapat terjadi. Presentase pengendapan dapat dihitung menggunakan rumus :

$$\% P = \frac{Th}{(Th + Tv)} \times 100 \quad (34)$$

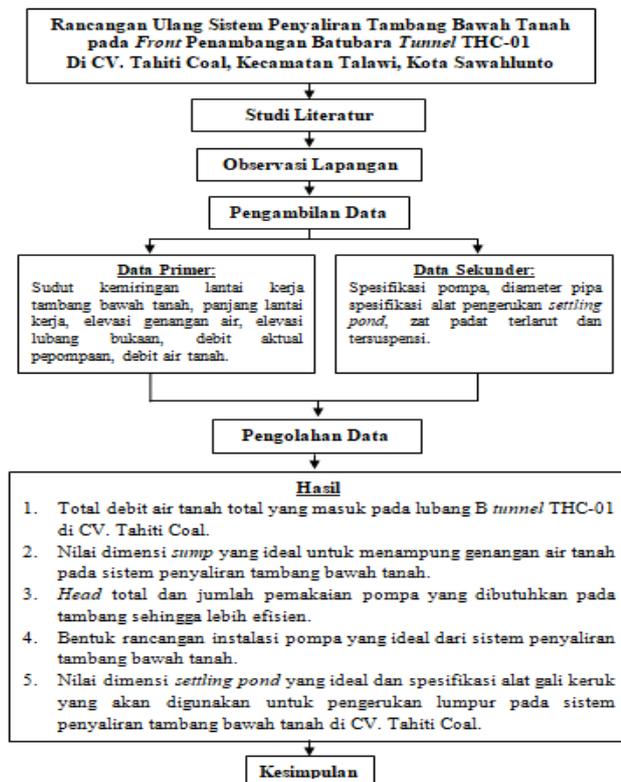
Keterangan:

- % P = Persentase pengendapan (%)
- Th = Waktu yang dibutuhkan partikel untuk keluar dari *settling pond*
- Tv = Waktu yang dibutuhkan oleh partikel untuk Mengendap

Perhitungan waktu pengerukkan dapat dilakukan dengan cara :

$$T = \frac{1/4 \text{ kapasitas kompartemen}}{\text{Volome padatan yang berhasil diendapkan}} \quad (35)$$

Dimana, T = Jadwal Pengerukkan (hari)



Gambar 3. Diagram alir penelitian

### 3 Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Jadwal Pelaksanaan Penelitian

Jadwal pelaksanaan penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 29 Maret 2017 s/d 05 Mei 2017 di CV. Tahiti Coal berlokasi di Sangkar Puyuh, Desa Sijantang, Kecamatan Talawi, Kota Sawahlunto pada Tunnel THC-01, tempat penulis melakukan penelitian yaitu pada front penambangan lubang B.

#### 3.2 Perhitungan Debit Total

##### 3.2.1 Catchment Area

Dari hasil pengolahan data topografi terhadap luasan daerah tangkapan hujan (*catchment area*) menggunakan software *Minescape* versi 4.118, maka didapatkan *catchment area* seluas 2,35 Ha (Sumber: CV. Tahiti Coal).

##### 3.2.2 Curah Hujan

Penentuan curah hujan didasarkan pada data rata-rata curah hujan maksimum di daerah penelitian selama 13 tahun terakhir. Data curah hujan dari tahun 2004 hingga tahun 2016 tersebut diperoleh dari BMKG Kota Sawahlunto.

Penentuan hujan harian menggunakan rata-rata curah hujan maksimum agar dapat mengatasi permasalahan yang mungkin terjadi pada saat curah hujan mencapai angka maksimum sehingga rancangan *sump*, saluran terbuka maupun *settling pond* dapat menampung debit aliran air limpasan hujan dalam kondisi dan jumlah yang maksimum. Penentuan curah hujan rencana menggunakan analisis *Annual Series*. Data yang ada diolah dengan menggunakan distribusi Gumbel.

Tabel 2. Data curah hujan maksimum tahun 2004-2016

Tahun	Curah Hujan (mm)												CH Maks
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agst	Sep	Okt	Nov	Des	
2004	16.50	46.00	40.10	73.10*	38.60	10.90	8.70	0.00	4.80	7.50	39.50	38.00	73.10
2005	52.20	37.20	69.10	107.70*	49.60	55.30	89.70	30.00	1.40	71.60	27.50	66.00	107.70
2006	41.00	52.00	52.00	56.30	107.60*	82.30	8.00	14.00	9.00	0.00	51.10	22.00	107.60
2007	54.10	67.90	99.90*	48.70	58.20	32.90	24.20	13.40	14.10	28.00	54.20	48.30	99.90
2008	45.70	15.90	95.50*	51.40	33.00	48.70	25.40	30.80	31.40	63.60	74.30	22.80	95.50
2009	35.00	42.00	44.20	44.90	71.40*	17.80	51.80	11.80	1.10	31.30	62.50	45.20	71.40
2010	25.70	96.60	96.70	112.10	44.30	67.60	109.40	55.00	134.30	98.80	162.7*	48.30	162.70
2011	39.40	34.00	67.40	21.60	79.40*	38.60	48.00	5.60	71.90	43.10	41.50	45.20	79.40
2012	39.20	43.20	85.80	39.70	110.8*	16.00	63.90	5.40	24.20	77.00	22.40	32.70	110.80
2013	71.20	34.00	40.30	146.5*	57.10	38.40	106.80	12.30	12.20	13.30	58.90	97.50	146.50
2014	21.60	58.80	111.00	111.*	85.50	58.90	22.00	28.50	0.00	3.00	25.00	60.00	111.00
2015	50.00	98.00	69.00	85.50	58.00	57.00	7.00	7.00	5.00	5.50	11.00	161*	161.00
2016	8.7	132.6	332.7	368.9*	263.2	362.1	129.5	75.5	109.2	303.5	184.6	109.2	368.90
Jumlah Curah Hujan Total													1695.5**
Jumlah Curah Hujan Rata-Rata													130.42***

Ket: \*) Data curah hujan tertinggi  
 \*\*) Total curah hujan tertinggi  
 \*\*\*) Rata-rata curah hujan tertinggi

##### 3.2.3 Perhitungan Reduced Mean, Reduced Variate, dan Reduced Standard Deviation

Untuk menghitung curah hujan rencana, terlebih dahulu harus dicari *Reduced Mean* ( $Y_n$ ), *Reduced Variate* ( $Y_t$ ), *Standard Deviation* (SD) dan *Reduced Standard Deviation* ( $S_n$ )

Tabel 3. Analisis Data Curah Hujan Harian Maksimum CV. Tahiti Coal

Tahun	X (mm)	$\bar{X}$ (mm)	$(X - \bar{X})^2$	N	M	$Y_n$	$\bar{Y}_n$	$(Y_n - \bar{Y}_n)^2$	SD	$S_n$
2004	73.10	130,42	3285.58	13	12	-0.67	0,51	1.39	77.69	1.04
2005	107.70		516.34	13	7	0.37		0.02		
2006	107.60		520.89	13	8	0.17		0.12		
2007	99.90		931.66	13	9	-0.03		0.29		
2008	95.50		1219.62	13	10	-0.23		0.54		
2009	71.40		3483.72	13	13	-0.97		2.18		
2010	162.70		1041.80	13	2	1.87		1.86		
2011	79.40		2603.35	13	11	-0.43		0.88		
2012	110.80		385.07	13	6	0.58		0.01		
2013	146.50		258.47	13	4	1.09		0.34		
2014	111.00		377.26	13	5	0.82		0.10		
2015	161.00		934.95	13	3	1.42		0.84		
2016	368.90		56871.24	13	1	2.60		4.39		
	1695.50		72430.30*			6.59		12.9254**		

Ket: \*) nilai  $\sum(X - \bar{X})^2$   
 \*\*) nilai  $\sum(Y_n - \bar{Y}_n)^2$

Tabel 3 menunjukkan nilai curah hujan tertinggi (x) dari tahun 2004 sampai tahun 2016 dengan nilai curah hujan rata-rata tertinggi ( $\bar{X}$ ) sebesar 130,42 mm, total nilai

$(X - \bar{X})^2$  tahun 2004-2016 adalah sebesar 72430,3 sehingga nilai standar deviasi yang didapatkan adalah sebesar 77,69. Tabel 3 juga menunjukkan nilai *reduced mean* tahun 2004-2016 ( $\bar{Y}_n$ ) dengan nilai *reduced mean* rata-rata ( $\bar{Y}_n$ ) sebesar 0,51. Sehingga nilai *reduced standar deviasi* ( $S_n$ ) yang didapatkan sebesar 1,04.

### 3.2.4 Perhitungan Hujan Harian Rencana

**Tabel 4.** Analisis Data Curah Hujan Rencana dan Periode Ulang

Periode Ulang (T) tahun	2	3	4	5
Nilai Yt	0.367	0.903	1.246	1.500
Nilai Yn	0.507	0.507	0.507	0.507
Nilai Sn	1.038	1.038	1.038	1.038
Faktor Reduced Variate (k)	-0.135	0.381	0.712	0.957
Nilai SD	77.69	77.69	77.69	77.69
Curah Hujan Maksimum Rata-rata (mm)	130.42	130.42	130.42	130.42
Curah Hujan Maksimum Rencana (mm)	119.91	160.05	185.74*	204.76

Ket \*) curah hujan maksimum rencana yang akan di analisis

Tabel 4 menunjukkan nilai *reduced variate* ( $Y_t$ ) hingga periode ulang tahun kelima, nilai *reduced mean* ( $Y_n$ ) dan nilai *reduced standar deviation* ( $S_n$ ). sehingga dari data tersebut didapatkan nilai faktor *reduced variate* ( $k$ ) hingga periode ulang kelima. Kemudian dari nilai faktor *reduced variate* ( $k$ ), nilai standar deviasi ( $SD$ ) dan nilai curah hujan maksimum rata-rata ( $X$ ) yang ditunjukkan pada Tabel 3, didapatkan nilai curah hujan maksimum rencana hingga periode ulang tahun kelima. Nilai curah hujan rencana yang hanya akan dianalisis selanjutnya adalah curah hujan ke empat, karena perhitungan curah ini menggunakan periode ulang hujan selama 4 tahun.

### 3.2.5 Periode Hidrologi dan Resiko Hidrologi

**Tabel 5.** Resiko Hidrologi Pada Periode Ulang Berbeda

Periode Ulang (Tahun)	Resiko Hidrologi (%)
1	100
2	75.0
3	55.6
4	43.8
5	36.0
6	30.6
7	26.5
8	23.4
9	21.0
10	19

Dari Tabel 5 dapat dilihat bahwa semakin besar periode ulang maka resiko hidrologinya akan semakin kecil. Semakin besar nilai resiko hidrologi, kemungkinan terjadinya curah hujan maksimum dalam satu periode ulang akan semakin besar. Maka kemungkinan terjadinya curah hujan maksimum dalam periode ulang 4 tahun adalah 43,8%.

### 3.2.6 Intensitas Hujan

Intensitas hujan rencana dihitung berdasarkan nilai curah hujan rencana pada periode ulang 4 tahun dengan Persamaan Mononobe. Berdasarkan perhitungan telah ditentukan besarnya curah hujan rencana pada periode ulang 4 tahun adalah sebesar 185,74 mm/hari (lihat Tabel 4). Penentuan intensitas hujan bertujuan untuk mengkonversikan curah hujan harian menjadi curah hujan dalam satuan jam dengan mempertimbangkan harga  $t_c$ . Berdasarkan perhitungan intensitas curah hujan menunjukkan nilai intensitas curah hujan lebih dari 41,746 mm/jam. Berdasarkan Tabel keadaan dan intensitas curah hujan, hujan yang terjadi termasuk hujan sangat lebat dengan kondisi hujan seperti ditumpahkan.

### 3.2.7 Debit Limpasan

Debit air limpasan dapat ditentukan setelah diketahui luas masing masing *catchment area*, nilai intensitas curah hujan dan nilai koefisien limpasan<sup>[17]</sup>.

$$\begin{aligned}
 Q &= 0,278 \times C \times I \times A & (36) \\
 &= 0,278 \times 0,9 \times 41,74 \times 0,0235 \\
 &= 0,245 \text{ m}^3/\text{detik} \\
 &= 0,245 \text{ m}^3/\text{detik} \times 3600 \\
 &= 883,507 \text{ m}^3/\text{jam}.
 \end{aligned}$$

### 3.2.8 Debit Air Tanah

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

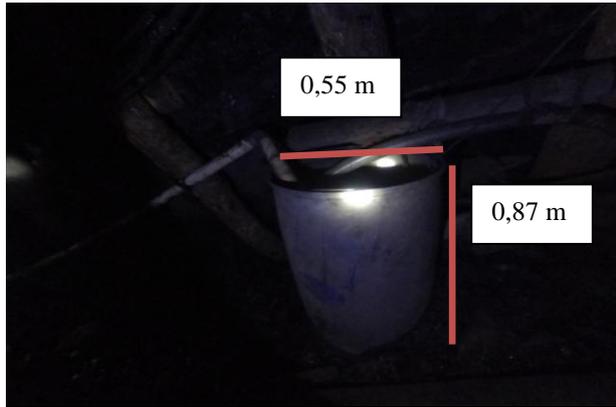
Untuk mengetahui seberapa banyak air yang muncul dari rekahan tersebut dilakukan pengukuran langsung di lapangan dengan cara mengukur air pada titik yang merupakan sumber air terbesar di lokasi penelitian lubang B *tunnel* THC-01 yaitu C.11, C.12 dan *front* maju dapat dilihat pada sketsa Gambar 3. Pemompaan air dilakukan sebanyak 2 kali/hari atau 1x12 jam dengan waktu pemompaan dilakukan selama  $\pm 2$  jam. Air akan dikumpulkan ke dalam wadah (bak kontrol) berbentuk drum dengan ukuran diameter ( $d$ ) 0,55 m, jari-jari ( $r$ ) 0,275 m, tinggi ( $t$ ) 0,87 m secara estafet kemudian dipompakan menuju *sump* yang ada diluar lubang tambang.

Volume wadah menggunakan rumus:

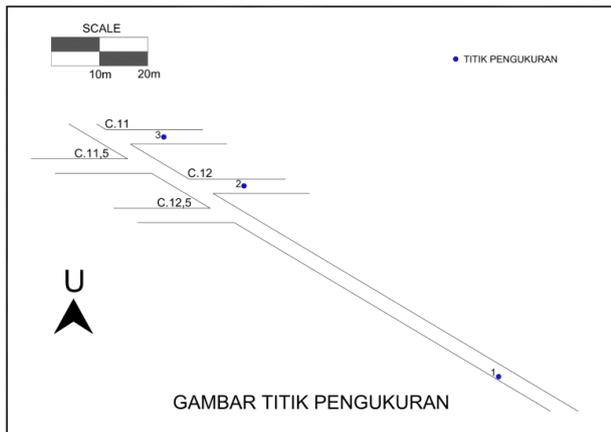
$$V = \pi \times r^2 \times t \quad (37)$$

Maka volume drum adalah:

$$\begin{aligned}
 V &= 3,14 \times (0,275 \text{ m})^2 \times 0,87 \text{ m} \\
 &= 0,206592 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$



Gambar 4. Bak Kontrol (Drum)



Gambar 5. Sketsa Titik Pengukuran Debit Air Tanah

Perhitungan debit air tanah dilakukan dengan cara melihat ketinggian permukaan genangan air sebelum pompa dihidupkan dan ketinggian permukaan genangan air pada setelah pompa dimatikan kemudian didapatkan rata-rata kenaikan air tersebut. Pengukuran dilakukan sebanyak 10 kali dengan rentang waktu pompa dimatikan selama 30 menit. Pada C.11 dan C.12 luasan genangan dihitung memakai rumus luas persegi panjang karena genangan air berada disepanjang lantai kerja lubang penambangan sedangkan pada front maju memakai rumus luas lingkaran. Pengukuran dapat dilihat pada Tabel 6 sampai Tabel 8.

Tabel 6. Pengukuran Debit Air Tanah pada C.11

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	0,59	0,65	0,06	42,26	42,35
2	0,62	0,67	0,05	43,28	43,34
3	0,57	0,62	0,05	44,22	44,30
4	0,55	0,59	0,05	43,19	43,25
5	0,58	0,62	0,04	43,24	43,29
6	0,54	0,60	0,06	42,18	42,27
7	0,63	0,67	0,04	44,39	44,45
8	0,62	0,66	0,04	44,28	44,37
9	0,57	0,61	0,04	42,20	42,28
10	0,60	0,65	0,05	43,25	43,32
Rata-Rata			0,05	43,24	43,32

Tabel 7. Pengukuran Debit Air Tanah pada C.12

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	0,42	0,46	0,04	32,14	32,28
2	0,58	0,65	0,07	33,25	33,34
3	0,55	0,61	0,06	33,54	33,63
4	0,59	0,63	0,04	33,36	33,42
5	0,44	0,49	0,05	32,57	33,65
6	0,57	0,61	0,04	33,48	33,57
7	0,43	0,47	0,04	32,62	32,74
8	0,58	0,64	0,06	33,45	33,53
9	0,52	0,56	0,04	33,52	33,66
10	0,45	0,60	0,05	32,78	33,04
Rata-Rata			0,05	33,07	33,28

Tabel 8. Pengukuran Debit Air Tanah pada Front Maju

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	0,79	0,85	0,06	8,17	8,24
2	0,81	0,87	0,06	8,15	8,19
3	0,77	0,83	0,06	8,35	8,42
4	0,82	0,85	0,03	8,22	8,30
5	0,80	0,86	0,06	8,26	8,35
6	0,78	0,87	0,09	8,33	8,45
7	0,81	0,85	0,04	8,21	8,25
8	0,83	0,88	0,05	8,19	8,28
9	0,79	0,85	0,06	8,25	8,32
10	0,77	0,84	0,07	8,20	8,26
Rata-Rata			0,06	8,23	8,30

Sehingga debit air tanah dari ketiga sumber genangan terbesar yaitu:

a. Debit Air Tanah pada C.11

$$Q = \frac{0,05 \text{ m} (43,24 \text{ m}^2 + 43,32 \text{ m}^2)}{2 \times 30 \text{ menit}} = 3,122 \text{ m}^3/\text{menit.}$$

b. Debit Air Tanah pada C.12

$$Q = \frac{0,05 \text{ m} (33,07 \text{ m}^2 + 33,28 \text{ m}^2)}{2 \times 30 \text{ menit}} = 1,834 \text{ m}^3/\text{menit.}$$

c. Debit Air Tanah pada Front Maju

$$Q = \frac{0,06 \text{ m} (8,23 \text{ m}^2 + 8,30 \text{ m}^2)}{2 \times 30 \text{ menit}} = 0,136 \text{ m}^3/\text{menit.}$$

Dari perhitungan diatas diperoleh debit air tanah total pada 3 titik pengukuran yaitu sebesar 5,092 m<sup>3</sup>/menit atau 305,52 m<sup>3</sup>/jam.

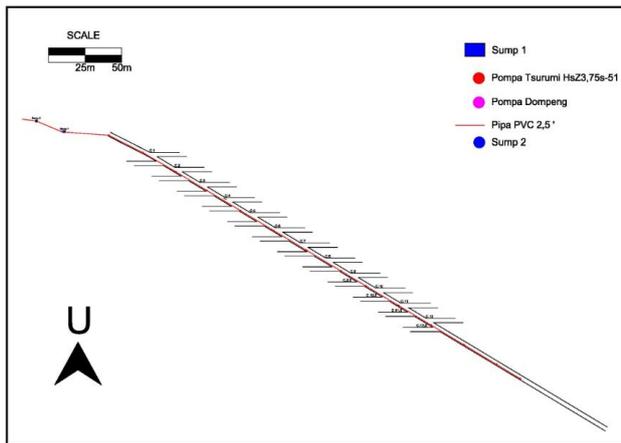
Maka dapat diketahui debit total air yang masuk pada lokasi penambangan lubang B CV. Tahiti Coal.

$$\begin{aligned} Q \text{ Total} &= Q \text{ limpasan} + Q \text{ air tanah} \\ &= 883,507 \text{ m}^3/\text{jam} + 305,52 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 1.189,027 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 0,33 \text{ m}^3/\text{detik.} \end{aligned}$$

### 3.3 Pompa

#### 3.3.1 Ketersediaan Pompa dan Pemilihan Pompa

CV. Tahiti Coal memiliki ketersediaan pompa sebanyak 14 unit pompa Tsurumi Hs(Z)3,75S-51 seperti yang dilihat pada Gambar 6 dengan menggunakan pipa jenis PVC (*polyvinyl choride*) berdiameter 2,5 inci pada sisi *inlet* dan sisi *outlet*. Sistem pemompaan yang digunakan sistem estafet yaitu mengalirkan air dari drum satu menuju drum selanjutnya. Untuk perhitungan-perhitungan selanjutnya yang melibatkan pompa seperti merencanakan dimensi *sump*, dan *settling pond*, penulis mempertimbangkan kesediaan pompa yang ada dan rencana penambahan pompa oleh perusahaan jika dibutuhkan.



**Gambar 6.** Mine dewatering penambangan lubang B tunnel THC-01 CV. Tahiti Coal

Penulis merencanakan saat ini perusahaan untuk memakai 2 jenis pompa, dapat dilihat pada Tabel 9.

**Tabel 9.** Jenis dan jumlah pompa

Jenis Pompa	Jumlah (unit)	Q Max Pompa (m <sup>3</sup> /m)	Head Max (m)	Diameter Pipa (inch)	Kapasitas Max (m/s)
Tsurumi LH637-51	2	2,38	89,3	6	2,1766
Tsurumi Hs(Z)3,75S-50	14	0,3	15	2,5	1,5796

Dikarenakan nilai *inlet* lebih besar dari nilai *outlet* pada C.11 dan C.12 maka pompa yang ada saat ini tidak dapat bekeerja secara optimal sehingga dibutuhkan penambahan pompa baru yaitu pompa Tsurumi LH367-50 dengan menggunakan pipa HDPE (*High Density Poly Ethnyl*) berdiameter 6 inci.

#### 3.3.2 Perhitungan Head Rencana

*Head* total pompa yang direncanakan dapat dilihat pada Tabel 10.

**Tabel 10.** Total Head

No	Sump In	Sump Out	Status	Jenis Pompa	Head Statis (m)	Hf Belokan	Hf Gesekan	Head Total (m)
1	Drum 1	Sump 2	Aktif	Tsurumi Hs23,75S-51	15,45	0,2546	1,4191	17,1237
2	Drum 2	Drum 1	Aktif	Tsurumi Hs23,75S-51	15,45	0,2546	1,4191	17,1237
3	Drum 3	Drum 2	Aktif	Tsurumi Hs23,75S-51	15,45	0,2546	1,4191	17,1237
4	Drum 4	Drum 3	Aktif	Tsurumi Hs23,75S-51	15,45	0,2546	1,4191	17,1237
5	Drum 5	Drum 4	Aktif	Tsurumi Hs23,75S-51	15,45	0,2546	1,4191	17,1237
6	Drum 6	Drum 5	Aktif	Tsurumi Hs23,75S-51	15,45	0,2546	1,4191	17,1237
7	Drum 7	Drum 6	Aktif	Tsurumi Hs23,75S-51	15,45	0,2546	1,4191	17,1237
8	Drum 8	Drum 7	Aktif	Tsurumi Hs23,75S-51	15,45	0,2546	1,4191	17,1237
9	Drum 9	Drum 8	Aktif	Tsurumi Hs23,75S-51	15,45	0,2546	1,4191	17,1237
10	Drum 10	Drum 9	Aktif	Tsurumi Hs23,75S-51	15,45	0,2546	1,4191	17,1237
11	Drum 11	Drum 10	Aktif	Tsurumi Hs23,75S-51	15,45	0,2546	1,4191	17,1237
12	Drum 12	Drum 11	Aktif	Tsurumi Hs23,75S-51	15,45	0,2546	1,4191	17,1237
13	Front Maju	Drum 12	Aktif	Tsurumi Hs23,75S-51	15,45	0,2546	1,4191	17,1237
14	C.11 dan C.12	Sump 1	Aktif	Tsurumi LH637-50	56,65	0,4830	2,8356	59,9686
15	C.11	Sump 1	Aktif	Tsurumi LH637-50	72,1	0,4830	3,1841	75,7671
16	C.12	Sump 1	Aktif	Tsurumi LH637-50	82,4	0,4830	3,8231	86,7061

Berdasarkan hasil perhitungan, didapatkan bahwa nilai *head* total yang direncanakan dalam instalasi pemompaan pada lubang B tunnel THC-01 CV. Tahiti Coal didapatkan nilai *head* total lebih kecil dari nilai *head* total maksimum dari spesifikasi pompa, maka dapat disimpulkan bahwa pompa dapat mengalirkan air hingga *outlet* pipa.

Debit pompa dapat diestimasi setelah *head* total diketahui. Dari hasil perhitungan *head* total pompa, kemudian nilai *head* total diplotkan ke dalam kurva spesifikasi pompa dan dipotongkan dengan efisiensi tertentu untuk mendapatkan debit pemompaan sesuai dengan *head* yang diatasi pompa.

#### 3.3.3 Perhitungan Kebutuhan Pompa

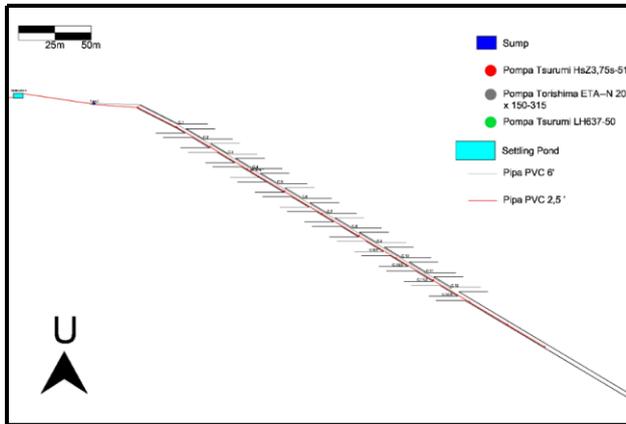
Berdasarkan hasil analisis nilai debit aliran yang masuk ke *sump* dan spesifikasi pompa yang digunakan, maka dapat ditentukan jumlah pompa yang dibutuhkan untuk menuju ke *sump* di luar lubang tambang. Untuk nilai perhitungan kebutuhan pompa dapat dilihat pada Tabel 11.

**Tabel 11.** Perhitungan Nilai Kebutuhan Pompa

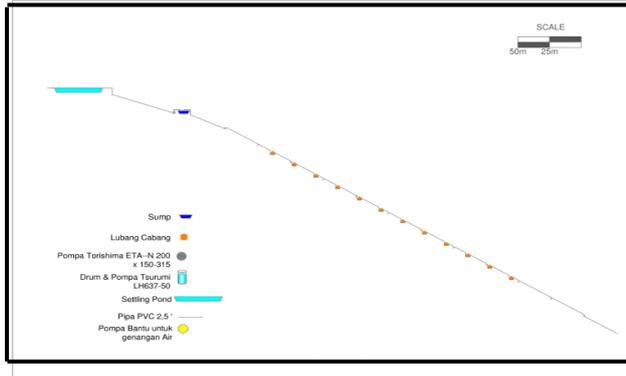
No.	Sump In	Sump Out	Status	Jenis Pompa	Debit Masuk (m <sup>3</sup> /hr)	Total Debit Keluar (m <sup>3</sup> /hr)	Ket
1	Drum 1	Sump 2	Aktif	Tsurumi Hs23,75S-51	274	274	Cukup
2	Drum 2	Drum 1	Aktif	Tsurumi Hs23,75S-51	274	274	Cukup
3	Drum 3	Drum 2	Aktif	Tsurumi Hs23,75S-51	274	274	Cukup
4	Drum 4	Drum 3	Aktif	Tsurumi Hs23,75S-51	274	274	Cukup
5	Drum 5	Drum 4	Aktif	Tsurumi Hs23,75S-51	274	274	Cukup
6	Drum 6	Drum 5	Aktif	Tsurumi Hs23,75S-51	274	274	Cukup
7	Drum 7	Drum 6	Aktif	Tsurumi Hs23,75S-51	274	274	Cukup
8	Drum 8	Drum 7	Aktif	Tsurumi Hs23,75S-51	274	274	Cukup
9	Drum 9	Drum 8	Aktif	Tsurumi Hs23,75S-51	274	274	Cukup
10	Drum 10	Drum 9	Aktif	Tsurumi Hs23,75S-51	274	274	Cukup
11	Drum 11	Drum 10	Aktif	Tsurumi Hs23,75S-51	274	274	Cukup
12	Drum 12	Drum 11	Aktif	Tsurumi Hs23,75S-51	274	274	Cukup
13	Front Maju	Drum 12	Aktif	Tsurumi Hs23,75S-51	195,84	274	Cukup
14	C.11 dan C.12	Sump 1	Aktif	Tsurumi LH637-50	1145,25	1142,4	Cukup
15	C.11	Sump 1	Aktif	Tsurumi LH637-50	4495,68	4543,7	Cukup
16	C.12	Sump 1	Aktif	Tsurumi LH637-50	2640,96	2745,5	Cukup

Dari Tabel 11 dapat dilihat bahwa rancangan ulang sistem penyaliran tambang bawah tanah sudah mampu memenuhi untuk mengeluarkan debit air masuk. apabila didapatkan nilai *inlet* lebih besar dari nilai *outlet* maka pompa pada daerah itu tidak cukup untuk mengeluarkan

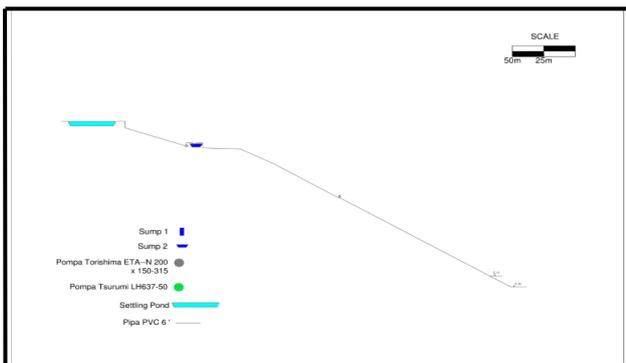
air dan dibutuhkan penambahan pompa. Untuk desain rancangan ulang sistem penyaliran dapat dilihat pada Gambar 7. Sebanyak 12 pompa digunakan untuk mengeluarkan genangan air yang berasal dari *front* maju diposisikan disebelah kiri. Dioperasikan secara estafet dari drum-drum (bak kontrol) menuju *sump* 2 menggunakan pompa Tsurumi HsZ3,75S-51 dengan pipa pvc 2,5 inci. Sedangkan genangan air dari C.11 dan C.12 dikeluarkan menggunakan pompa Tsurumi LH637-50 yang diposisikan disebelah kanan. Dioperasikan secara estafet menuju *sump*1 ke *sump* 2 dengan pipa hdpe berdiameter 6 inci.



Gambar 7. Rancangan Ulang Instalasi Pompa Ideal Pada Lubang B Tunnel THC-01 CV. Tahiti Coal



Gambar 8. Design Penampang Jaringan Pipa Sebelah Kiri



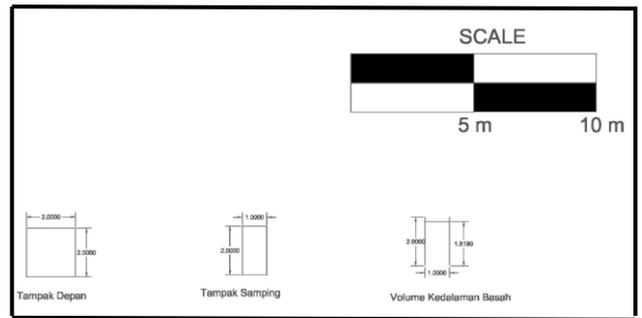
Gambar 9. Design Penampang Jaringan Pipa Sebelah Kanan

### 3.3.4 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.

Tabel 11. Dimensi *sump* 1

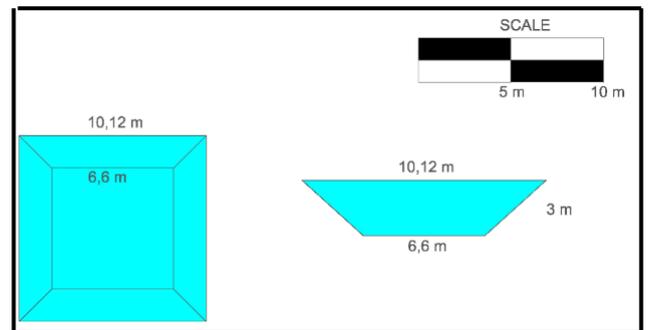
<i>Sump</i> 1	Panjang (m)	Lebar (m)	Kedalaman (m)	Volume (m <sup>3</sup> )
	2	1	2	4



Gambar 10. Dimensi *Sump* 1

Tabel 12. Dimensi *sump* 2

Panjang permukaan <i>sump</i>	10,12 m
Lebar permukaan <i>sump</i>	10,12 m
Panjang dasar <i>sump</i>	6,6 m
Lebar dasar <i>sump</i>	6,6 m
Kedalaman <i>sump</i>	3 m



Gambar 11. Dimensi *Sump* 2

### 3.2 Settling pond

Tabel 13. Persen solid

Debit Air (m <sup>3</sup> /detik)	TSS (gr/m <sup>3</sup> )	Residu Tersuspensi (gr/detik)	Densitas Padatan (ρ) (kg/m <sup>3</sup> )	Volume Padatan Masuk (m <sup>3</sup> /detik)	% Solid	% Air
0,33	237	78,21	2000	0.000039105	0.0000005	99,9999995

Bentuk *settling pond* yang direncanakan yaitu berbentuk prisma trapesium dan berkelok-kelok, dengan begitu kecepatan air dan material yang masuk dapat diperkecil,

dengan kecepatan aliran yang kecil maka waktu yang dibutuhkan oleh air dan material untuk keluar dari *settling pond* semakin lama, sehingga material mempunyai waktu yang cukup untuk mengendap. *Settling pond* yang direncanakan terdiri dari 3 kompartemen.

Ukuran dimensi *settling pond* yang dibuat harus mempertimbangkan luas lahan yang tersedia dan spesifikasi alat gali yang akan beroperasi dalam perawatan kolam, alat yang digunakan oleh CV. Tahiti Coal adalah *Excavator Komatsu PC200 Long Arm-8* dengan spesifikasi<sup>[18]</sup>.

1. *Bucket Capacity* = 0,93 m<sup>3</sup>
2. *Maximum Digging Depth* = 4,63 m
3. *Maximum Digging Radius* = 8,66 m

Berdasarkan spesifikasi kemampuan alat maka dapat dibuat dimensi *settling pond* sebagai berikut:

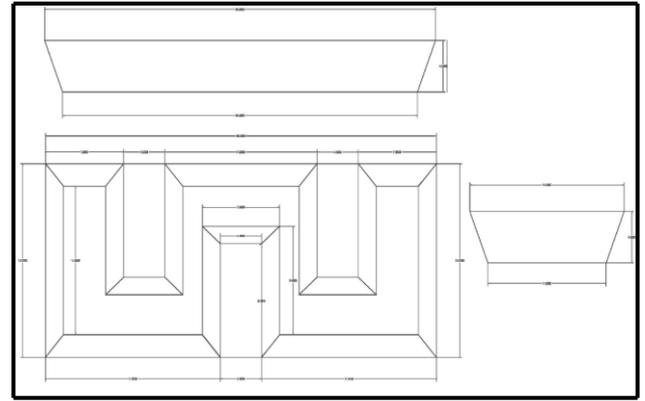
1. Panjang atas kolam = 38 m
2. Panjang bawah kolam = 34,5 m
3. Lebar atas kolam = 15 m
4. Lebar bawah kolam = 11,5 m
5. Panjang atas penyekat = 8,8 m
6. Panjang bawah penyekat = 10,5 m
7. Lebar atas penyekat = 4 m
8. Lebar bawah penyekat = 7,5 m
9. Banyak kompartemen = 3
10. Lebar atas masing-masing kompartemen = 10 m
11. Lebar bawah kompartemen = 6,5 m
12. Panjang atas kompartemen = 15 m
13. Panjang bawah kompartemen = 11,5 m
14. Banyak penyekat = 2
15. Kedalaman kolam = 4 m
16. Kedalaman aliran = 3 m
17. Kapasitas setiap kompartemen = 254 m<sup>3</sup>
18. Kapasitas seluruh kompartemen = 761,18 m<sup>3</sup>

**Tabel 14.** Persentase Pengendapan *Settling Pond*

Perhitungan	Hasil
Kecepatan Air Dalam Kolam (Vh) (m/detik)	0,0133
P Kompartemen 1	15
P Kompartemen 2	34
P Kompartemen 3	53
Th1 (Menit)	18,80 menit
Th2 (Menit)	42,60 menit
Th3 (Menit)	66,41 menit
%Pengendapan K1	39,5
%Pengendapan K2	20,17
%Pengendapan K3	10,08
Volume Padatan Yang Masuk K1 (m <sup>3</sup> /hari)	1,113
Volume Padatan Yang Masuk K2 (m <sup>3</sup> /Hari)	0,568
Volume Padatan Yang Masuk K3 (m <sup>3</sup> /Hari)	0,283

**Tabel 15.** Periode Pengerukan Kolam Pengendapan

Kompartemen	Kapasitas Kompartemen	Volume Pengendapan (m <sup>3</sup> /hari)	Waktu Pengerukan (hari)
1	254	1,113	62,21
2		0,568	111,80
3		0,283	224,38



**Gambar 10.** Dimensi *Settling Pond*

## 4 Kesimpulan dan Saran

### 4.1. Kesimpulan

1. Jumlah debit air tanah yang masuk ke area penambangan lubang B *tunnel* THC-01 pada tambang CV. Tahiti Coal, Kecamatan Talawi, Kota Sawahlunto yaitu sebesar 5,092 m<sup>3</sup>/menit.
2. Volume *sump* dan bentuk rancangan *sump* untuk penambangan lubang B *tunnel* THC-01 pada tambang CV. Tahiti Coal, Kecamatan Talawi, Kota Sawahlunto yang direncanakan yaitu: *sump* 1 berbentuk persegi empat dengan dimensi panjang 2 m, lebar 2 m, kedalaman 1 m yang berada pada elevasi 186 mdpl. *Sump* 2 berbentuk trapesium, dimensi panjang 10,12 m, lebar 6,6 m, kedalaman 3 m yang berada pada elevasi 245 mdpl.
3. *Head* total dan jumlah pemakaian pompa yang dibutuhkan di tambang sehingga lebih efisien pada lokasi penambangan lubang B *tunnel* THC-01 pada tambang CV. Tahiti Coal, Kecamatan Talawi, Kota Sawahlunto :

Pada perhitungan *head* total nilai yang terdapat pada C.11 pompa Tsurumi LH637-51 86,7061 m, C.12 pompa Tsurumi LH637-51 75,9885 m, *Sump* 1 LH637-51 59,9686 m, *Front* maju pompa LH637-51 17,1237 m. Untuk pompa yang berada pada drum 1-12 sama dengan pompa pada *front* maju yaitu 17,1237 m, karena jarak antar pompa sama yaitu 30 m.

Jumlah unit pompa yang dibutuhkan untuk mengeringkan air berjumlah 15 unit pompa terdiri dari 3 unit pompa Tsurumi LH637-51 dan 12 unit pompa Tsurumi Hs(Z)3,75S-51.

4. Bentuk rancangan ulang instalasi pompa yang ideal untuk sistem penyaliran tambang bawah tanah lubang B *tunnel* THC-01 pada tambang CV. Tahiti Coal, Kecamatan Talawi, Kota Sawahlunto dengan menggunakan pompa sebanyak 15 unit pompa terdiri dari 3 unit pompa Tsurumi LH637-51 menggunakan

pipa *hdpe* (*high density polyethylene*) berdiameter 6 inch menuju *Sump* 1 dan 12 unit pompa Tsurumi Hs(Z)3,75S-51 menggunakan pipa *pvc* (*polyvinyl choride*) berdiameter 2,5 inch menuju drum-drum, sistem pemompaan dilakukan secara estafet.

5. Nilai dimensi *settling pond* yang ideal untuk sistem penyaliran *tunnel* THC-01 pada tambang CV. Tahiti Coal, Kecamatan Talawi, Kota Sawahlunto yang direncanakan memiliki 3 kompartemen dengan kapasitas masing-masing sebesar 277 m<sup>3</sup>. Berikut dimensi kolam pengendapan/*settling pond*:

Lebar atas kolam	= 15 m
Lebar bawah kolam	= 11,5 m
Panjang atas kolam	= 38 m
Panjang bawah kolam	= 34,5 m
Lebar atas penyekat	= 4 m
Lebar bawah penyekat	= 7,5 m
Panjang atas penyekat	= 8,8 m
Panjang bawah penyekat	= 10,5 m
Banyak kompartemen	= 3
Lebar atas masing-masing kompartemen	= 10 m
Lebar bawah masing-masing kompartemen	= 6,5 m
Banyak penyekat	= 2
Kedalaman kolam	= 4 m
Kedalaman aliran (h)	= 3 m

#### 4.2 Saran

1. Perlu adanya sistem penyaliran tambang yang sesuai dengan perhitungan agar air tidak menggenangi lantai kerja penambangan.
2. Perlu dilakukan perawatan *sump* dan *settling pond* secara rutin, agar dapat berfungsi sebagaimana mestinya.

#### Daftar Pustaka

[1] Diah Ayu Purwaningsih dan Suhariyanto. *Kajian Dimensi Penyaliran Tambang Terbuka PT. Baturona Adimulya Kabupaten Musi Banyuasin Provinsi Sumatera Selatan*. Jurnal Geologi Pertambangan **Vol. 2** (2015)

[2] Hemes Harian Sudarman dkk. *Analisis Beban Material Filling Dalam Penentuan Tebal Sill Pillar Berdasarkan Nilai Faktor Keamanan (FK) Blok 4 Selatan Tambang Ciurug Gunung Pongkor Bogor, Jawa Barat*. Jurnal Ilmiah MTG **Vol. 1, No. 2** (2008)

[3] Sita Dewi Prahastini dan Rudy Sayoga Gautama. *Perancangan Aplikasi Untuk Sistem Penyaliran Pada Tambang Terbuka*. Jurnal Teknologi Mineral **Vol. XIX, No. 3** (2012)

[4] Yudha Krisna Suhendra dkk. *Kajian Teknis Sistem Penyaliran Tambang Terbuka Di PT Megumy Inti Anugerah Kabupaten Berau Provinsi Kalimantan Timur*. Jurnal Teknologi Pertambangan **Vol. 1, No. 1** (2015)

[5] Yuliantini Eka Putri. *Analisa Penyaliran Air Tambang Batu Kapur PT. Semen Baturaja (Persero)*

*Di Pabrik Baturaja*. Jurnal Desiminasi Teknologi, **Vol. 2, No.1** (2014)

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

[7] A. Muri Yusuf. *Metodologi Penelitian*. Padang: Universitas Negeri Padang Press (2005)

[8] Bambang, Triatmodjo. “*Hidrologi Terapan*”. Yogyakarta: Beta Offset (2008)

[9] Endhrianto dan Ramli. *Perencanaan Sistem Penyaliran Tambang Terbuka*. Jurnal Penelitian Geosains **Vol. 09, No. 01** (2013)

[10] Kudela, Henryk. *Hydraulic losses in pipes* (2009)

[11] Muhammad Endriantho dan Muhammad Ramli. *Perencanaan Sistem Penyaliran Tambang Terbuka Batubara*. Geosain **Vol. 9 No. 01** (2013)

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

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

[14] Suyono dkk. *Rancangan Teknis Sistem Penyaliran Pada Pit 3000 Block 5 South Block PT. Trubaindo Coal Mining Kabupaten Kutai Barat Provinsi Kalimantan Timur*. Jurnal Teknologi Pertambangan **Vol. 1, No. 1** (2015)

[15] Endra Setiawan dkk. *Kajian Teknis Sistem Penyaliran Pada Tambang Batubara Di Pit Small PT. Pipit Mutiara Jaya Site Bebatu, Provinsi Kalimantan Utara*. Jurnal Teknologi Pertambangan **Vol. 1, No. 2** (2016)

[16] Isnaeni dkk. *Kajian Teknis Dimensi Kolam Pengendapan Di Settling Pond 71 C PT. Perkasa Inakakerta Kecamatan Bengalon Kabupaten Kutai Timur Provinsi Kalimantan Timur*. Yogyakarta. Jurnal Teknologi Pertambangan **Vol. 1 No. 2** (2016)

[17] Hermawan, Andhika Budi. *Rancangan sistem penyaliran tambang batubara di Sub Blok 4I dab 4III PT. Antang Gunung Meratus Provinsi Kalimantan Selatan*”. Laporan Penelitian. ITB (2011)

[18] Komatsu. *Specification and Application Handbook Edition 30*. Japan (2009)