

EVALUASI SISTEM PENYALIRAN TAMBANG BATUBARA PADA PIT BLOCK B DI PT MINEMEX INDONESIA KABUPATEN SAROLANGUN, JAMBI

Syaifullah Aziz^{1*}, Tamrin Kasim^{1**}

¹Jurusan teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang

*syaifullah.aziz23@gmail.com

**tamrin@ft.unp.ac.id

Abstract: Based on the analysis of rainfall data for 2008-2017, the planned rainfall was 135.22 mm/ day with rain intensity in the catchment area of 21.709 mm / hour. The return period is 5 years and the hydrogeological risk is 67.23%. In the research location, PT Minemex Indonesia Pit Block B has a catchment area with an area of 48 ha, the total discharge of incoming water is 9.510 m³ / hour, with a maximum actual sump capacity of 75,867 m³ and there are three units of Coates CD200 pumps in sump with pumping discharge of 810 m³ / hour, there are two open channels and 11 main settling pond with different capacities for each compartment. After evaluating the Pit Block B mine drainage system in 2018, the Sump Capacity will be enlarged to 182,610 m³ and requires an additional 3 Coates MFC-385 pump units to obtain a total pumping discharge of 2,310 m³ / hour. PT Minemex Indonesia's Pit Block B mine drainage system is planned to have open channels that are different from the actual and settling ponds that are the same as in 2018. The effect of the mine drainage system on production is the cause of not achieving OB and Coal production. The production of OB is 293.62 m³ / BCM and Coal is 94.75 tons / hour.

Keywords: *rainfall, catchment area, pump, sump, open channel, settling pond, and production*

1. PENDAHULUAN

PT Minemex Indonesia merupakan suatu perusahaan yang bergerak dibidang penambangan batubara. Metode penambangan yang diterapkan PT Minemex Indonesia adalah metode *open pit* sehingga dalam melakukan penambangan akan membentuk cekungan yang cukup besar sehingga air akan terkonsentrasi di dalam cekungan tersebut dan akan menghambat aktivitas penambangan.

Air yang masuk ke lokasi penambangan sebagian besar berasal dari air hujan, untuk mengatasinya dilakukan dengan pemompaan. Sistem penyaliran yang diterapkan di tambang batubara PT Minemex Indonesia adalah sistem *mine dewatering* yaitu dengan membiarkan air masuk ke lokasi tambang untuk ditampung dalam kolam penampungan (*Sump*)^[1]. Jobsite PT Minemex Indonesia

berada pada daerah Mandiangin, Kabupaten Sarolangun, Jambi. Memiliki dua *site* penambangan yaitu, Block A dan Block B. Berdasarkan data curah hujan bulanan pada tahun 2016 (lihat lampiran5) curah hujan tertinggi di Pit Blok B PT Minemex Indonesia mencapai 130,5 mm/hari dengan kumulatif curah hujan mencapai 2982 mm/tahun (*Department Mineplane PT.Minemex Indonesia*). Ketika cuaca berupa curah hujan dengan intensitas yang tinggi, menyebabkan kondisi *front* penambangan berlumpur dan meluapnya air yang berada pada *sump* di Pit Blok B. Akibat dari luapan air tersebut menyebabkan meningkatnya waktu *slippery* sehingga target produksi tidak tercapai dengan target produksi batubara pada bulan Maret tahun 2018 sebesar 50.000 ton batubara hanya didapatkan 45.239 ton batubara.

Berhubung dengan target produksi pada tahun 2018 yaitu 1 juta ton batubara untuk *Pit Blok B* sehingga direncanakan untuk penambangan batubara ke arah lokasi *sump* yang masih tergenang oleh air. Kondisi *sump* yang ada hanya dapat menampung air sebanyak 75.867 m³/hari dengan volume total air yang masuk sebesar 212.050,32 m³/hari dan volume pemompaan sebesar 16.200 m³/hari, sehingga terjadinya luapan air yang begitu besar pada *sump pit* Block B.

Berdasarkan uraian diatas maka sangat perlunya perhitungan dan rancangan yang tepat agar kondisi tempat kerja tetap aman sehingga kegiatan penambangan dapat berjalan secara optimal serta kondisi tempat kerja tetap aman.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 Sistem Penyaliran Tambang

Sistem penyaliran tambang merupakan penanganan air yang masuk kedalam daerah penambangan. Hal ini dilakukan untuk menjaga kelangsungan aktifitas penambangan agar tidak terganggu oleh air yang jumlahnya melebihi di *front* penambangan, apalagi ketika musim hujan datang maka air semakin meningkat sehingga sangat mempengaruhi aktifitas penambangan. Penanganan masalah air dalam suatu tambang terbuka dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu:

2.1.1 Mine drainage

Merupakan suatu upaya untuk mencegah masuk/mengalirnya air ke areal *front* kerja. Hal ini umum dilakukan untuk penanganan air tanah dan air yang berasal dari sumber air permukaan.

2.1.2. Mine dewatering

Merupakan usaha yang dilakukan untuk mengeluarkan air yang telah masuk ke dalam areal penambangan, terutama untuk penanganan air hujan^[1]. Air pada lokasi tambang dapat bersumber dari:

2.1.2.1 Air permukaan

Merupakan air yang mengalir di permukaan tanah. Jenis air ini meliputi air limpasan permukaan yang berasal dari air hujan.^[1]

2.1.2.2 Air bawah tanah

Merupakan air yang terdapat di bawah permukaan tanah^[1].

2.2 Faktor yang Mempengaruhi Sistem Penirisan

2.2.1 Curah Hujan

Curah hujan adalah banyaknya hujan yang terjadi pada suatu daerah. 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^[1].

2.2.2 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)^[2].

Gumbel beranggapan bahwa distribusi variabel-variabel hidrologis tidak terbatas, sehingga harus digunakan distribusi dari harga-harga yang terbesar (harga maksimal)^[2]. Persamaan Gumbel tersebut adalah sebagai berikut:

$$X_t = X + \frac{SD}{S_n}(Y_t - Y_n) \quad (1)$$

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

Keterangan:

X_t = Curah hujan untuk periode ulang T (mm/hari)

\bar{X} = Curah hujan harian maksimum (mm/hari).

X = Curah hujan rata-rata (mm/hari).

SD = Standar deviasi.

S_n = Standar deviasi dari reduksi variant, tergantung dari jumlah data.

Yt = Nilai reduksi variant dari variabel.
 Yn = Nilai rata-rata dari reduksi variant, tergantung dari jumlah data.
 N = Jumlah sampel

Nilai *Reduce Mean (Yn)*, *Reduce Mean Rata-rata*, *Reduced Variate (Yt)*, dan *Reduce Variate Factor* dapat dicari menggunakan Persamaan (3), (4), (5) dan (6).

$$Yn = -\ln \left[-\ln \left\{ \frac{n+1-m}{n+1} \right\} \right] \quad (3)$$

$$\bar{Yn} = \frac{\sum Yn}{n} \quad (4)$$

$$Yt = -\ln \left[-\ln \left\{ \frac{T-1}{T} \right\} \right] \quad (5)$$

$$k = \frac{Yt - \bar{Yn}}{Sn} \quad (6)$$

Keterangan:

n = Jumlah Sampel

m = Urutan Sampel

T = Periode ulang hujan, (tahun)

\bar{Yn} = *Reduced mean* rata-rata

K = *Reduced variate factor*

$$SD = \sqrt{\frac{\sum (Yn - \bar{Yn})^2}{n-1}} \quad (7)$$

$$Sn = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (8)$$

2.2.3 Periode Ulang Hujan

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^[2].

Setelah periode ulang hujan ditetapkan maka dapat ditentukan nilai ekstrim dari curah hujan yang akan dipakai sebagai dasardapat dihitung menggunakan Persamaan (9).

$$Pr = 1 - \left[1 - \left\{ \frac{1}{Tr} \right\} \right]^{TL} \times 100\% \quad (9)$$

Keterangan :

Pr = Resiko hidrologi

Tr = Periode ulang hujan

TL = Lama sistem penyaliran akan bekerja, (tahun)

2.2.4 Intensitas Hujan

Intensita 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^[1].

Dalam menentukan intensitas curah hujan dapat dicari dengan rumus Mononobe berikut:

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

Harga tc dapat dicari dengan menggunakan rumus Kirpich:

$$tc = 0,0195 \times (L^{0,77} \times S^{-0,385}) \quad (11)$$

Keterangan:

I = Intensitas curah hujan (mm/jam).

Xt = Curah hujan rancangan (mm/hari).

tc = Lama waktu konsentrasi (jam).

L = Panjang aliran (km)

H = Beda elevasi (km).

S = Beda ketinggian dibagi panjang aliran.

2.2.5 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 kecenderungan arah gerak air. 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^[1].

Penentuan luas daerah tangkapan hujan berdasarkan pada kontur ketinggian yang membentuk puncak gunung atau bukit, lembah antar gunung atau bukit dan

mempertimbangkan arah aliran air serta aliran sungai yang ada di daerah yang akan diteliti. Setelah daerah tangkapan hujan ditentukan, maka diukur luasnya pada peta kontur, yaitu dengan menarik hubungan dari titik-titik yang tertinggi disekeliling tambang membentuk poligon tertutup, dengan melihat kemungkinan arah mengalirnya air, maka luas dihitung dengan *software* tambang.

2.2.6 Air Limpasan

2.2.6.1 Debit

Untuk memperkirakan Debit limpasan dapat dihitung dengan persamaan Rasional.^[1]

$$Q = 0,00278 \times C \times I \times A \quad (12)$$

Keterangan:

Q = Debit limpasan (m³/detik)

C = Koefisien limpasan (Tabel 1)

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

A = Luas *catchment area* (km²)

2.2.6.2 Koefisien Limpasan

Koefisien limpasan merupakan suatu konstanta yang menggambarkan dampak proses infiltrasi, penguapan, tata guna lahan, serta kemiringan lahan. Koefisien limpasan dipengaruhi oleh faktor tanah penutup dan kemiringan, intensitas dan lamanya hujan^[1].

2.2.7 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*). Banyaknya air yang tertampung di bawah permukaan tergantung pada keseragaman lapisan di bawah tanah^{[3] [4] [5]}.

Jenis-jenis akuifer dikenal ada tiga tipe, yaitu:

2.2.7.1 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.

2.2.7.2 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*.

2.2.7.3 Akuifer Bocoran (*Aquifer Semi Tertekan*)

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.

Untuk mengetahui debit air tanah dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut^[4]:

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

Jika perubahan jumlah air dalam satuan volume dapat menggunakan persamaan (14)^[4].

$$Q = \left[\left\{ \frac{\Delta Vol}{\Delta t} \right\} \right] \quad (14)$$

Keterangan:

Q = Debit air tanah (m³/jam).

t = Waktu pengamatan perubahan air *sump* (jam).

H = Kenaikan permukaan.

L₁ = Luas permukaan air di awal (m²).

L₂ = Luas permukaan air di akhir (m²).

Δt = Waktu pengamatan perubahan air *sump* (jam)

ΔVol = Perubahan volume tiap elevasi

2.3 Saluran Terbuka

Saluran berfungsi untuk menampung sementara serta mengalirkan air ke tempat lain. Bentuk penampang saluran umumnya dipilih berdasarkan debit air, material pengotor dan kemudahan dalam pembuatannya. Dalam merancang bentuk dan geometri saluran air perlu dilakukan

analisis^[1].

Saluran air dengan penampang segiempat atau segitiga umumnya untuk debit kecil, sedangkan penampang trapesium untuk debit besar. Bentuk penampang yang paling sering dan umum di pakai adalah bentuk trapesium, sebab mudah dalam pembuatannya, murah, efisien dan mudah dalam perawatannya serta stabilitas kemiringannya dapat disesuaikan menurut keadaan topografi dan geologi^[1].

Perhitungan kapasitas pengaliran suatu saluran air dapat dilakukan dengan rumus *Manning pada* Persamaan (15) yaitu^[4]:

$$Q = \frac{1}{n} \times A \times S^{\frac{1}{2}} \times R^{\frac{1}{2}} \quad (15)$$

Keterangan :

Q = Besarnya debit air yang mengalir sepanjang saluran (m³/detik)

R = Jari-jari hidrolis (A/P)

S = Gradien kemiringan dasar saluran (%)

n = Koefisien kekasaran *Manning* (tabel 8)

A = Luas penampang saluran (m²)

P = Keliling basah, (m)

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

2.3.1 Penampang Trapesium

Dalam menentukan dimensi saluran terbuka bentuk trapesium dengan luas maksimum hidrolis, luas penampang aliran (d), kedalam saluran (h), lebar dasar saluran (b), penampang sisi saluran dari dasar kepermukaan (a), lebar permukaan saluran (B), dan kemiringan dinding saluran (m), mempunyai hubungan yang dapat dinyatakan pada persamaan^[5]:

$$A = b \times d + m \times d \quad (16)$$

$$R = 0,5 \times d \quad (17)$$

$$B = b + 2m \times h \quad (18)$$

$$\frac{b}{d} = 2\{(1 + m^2)^{0,5} - m\} \quad (19)$$

$$a = \frac{h}{\sin \alpha} \quad (20)$$

$$x = 15\% \times d \quad (21)$$

Untuk dimensi saluran terbuka dengan bentuk trapesium dengan luas penampang optimum dan mempunyai sudut kemiringan 60° dapat dicari menggunakan persamaan (22).^[5]

$$\begin{aligned} m &= \cot \alpha \\ &= \cot 60^\circ \\ &= 0,58 \end{aligned} \quad (22)$$

Untuk harga b/d dapat dicari menggunakan persamaan (23) dan (24)^[5]:

$$b/d = 2\{(1 + m^2)^{0,5} - m\} \quad (23)$$

$$b = 1,5d \quad (24)$$

2.3.2 Penampang Segi Empat

Harga lebar dasar saluran (b), lebar permukaan saluran (B), luas penampang basah (A) dan keliling basah (P) dapat dicari menggunakan Persamaan (25), (26), dan (27)^[5].

$$Bb = 2d \quad (25)$$

$$A = 2d^2 \quad (26)$$

$$P = 4d \quad (27)$$

2.3.3 Penampang segitiga

Harga luas penampang basah (A), jari-jari hidrolis (R) dan keliling basah (P) dapat dicari menggunakan Persamaan (28), (29) dan (30)^[5].

$$\text{Sudut tengah} = 90^\circ$$

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

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

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

2.4 Sump

Kolam Sumuran (*sump*) berfungsi sebagai penampung air sebelum dipompa ke luar tambang. Dengan demikian, dimensi sumuran ini sangat tergantung dari jumlah air yang masuk serta keluar dari sumuran. Jumlah air yang masuk ke dalam sumuran (*sump*) merupakan jumlah air yang dialirkan oleh saluran-saluran, jumlah limpasan permukaan yang langsung mengalir ke sumuran (*sump*) dan curah hujan yang jauh di sumuran (*sump*). Sedangkan jumlah air yang keluar dapat dianggap sebagai kapasitas pompa, karena penguapan tidak terlalu berarti^[1].

Dimensi sump tergantung dari jumlah air yang masuk serta keluar dari sump. Sump yang dibuat disesuaikan dengan keadaan kemajuan medan kerja

(front) penambangan. Optimalisasi antara *input* (masukan) dan *output* (keluaran), maka dapat ditentukan *volume* dari *sump*. Volume *sump* yang optimum dapat juga dicari dari selisih antara volume air limpasan dengan volume pemompaan harian. Volume *sump*, volume total *inflow*, volume limpasan dan volume pemompaan dapat dicari menggunakan Persamaan (31), (32), (33) dan (34)^[7].

$$\text{Vol. Sump} = \text{Vol. total Inflow} - \text{Vol. Pemompaan} \quad (31)$$

$$\text{Vol. total Inflow} (\text{m}^3/\text{day}) = \text{Vol. Limpasan} + \text{Vol. Air tanah} \quad (32)$$

$$\text{Vol. Limpasan} = \frac{C \times R_{24} \times A}{1000} \quad (33)$$

Keterangan:

C = koefisien limpasan

R_{24} = Curah hujan harian rencana (mm)

A = Luas catchment area (m^2)

$$\text{Vol. Pemompaan} (\text{m}^3/\text{day}) = \text{debit pemompaan} (\text{m}^3/\text{s}) \times 3600 \times \text{waktu operasi pompa} (\text{hour}/\text{day}) \quad (34)$$

2.4.1 Sistem Penyaliran Memusat

Pada sistem ini *sump* akan ditempatkan di setiap jenjang tambang, dengan sistem pengalirannya dari jenjang paling atas menuju jenjang dibawahnya sehingga akhirnya air dipusatkan di *main sump* untuk kemudian dipompa keluar tambang^[7].

2.4.2 Sistem Penyaliran Tidak Memusat

Sistem ini dapat dilakukan bila kedalaman tambang relatif dangkal dengan keadaan geografis daerah luar tambang memungkinkan untuk mengalirkan air langsung dari *sump* keluar tambang^[7].

Untuk menentukan dimensi *sump* berdasarkan kapasitas volume *sump* yang akan dipakai, digunakan Persamaan (35)^[7].

$$V = \frac{X+Y}{2} \times Z \quad (35)$$

Keterangan:

V = Volume *sump* (m^3)

X = Luas penampang atas (m^2)

Y = Luas penampang bawah (m^2)

Z = Kedalaman

2.5 Pompa

2.5.1 Pengertian Pompa

Pompa merupakan alat yang digunakan untuk memindahkan air di daerah tambang, baik itu air permukaan maupun air bawah tanah. Dalam sistem penyaliran tambang, pompa sangat diperlukan untuk mencegah maupun mengeluarkan air yang masuk ke lokasi tambang^[8].

Jenis pompa yang banyak digunakan dalam kegiatan penyaliran tambang adalah pompa *sentrifugal*. Pompa ini banyak digunakan di daerah tambang karena mampu mengalirkan lumpur, perawatannya mudah dan kapasitasnya besar^[8].

2.5.2 Head Total Pompa

Dalam pemompaan dikenal istilah *jumlah (head)*, yaitu energi yang diperlukan untuk mengalirkan sejumlah air pada kondisi tertentu. Semakin besar debit air yang dipompa, maka *head* juga akan semakin besar. *Head* total pompa untuk mengalirkan sejumlah air seperti yang direncanakan dapat ditentukan dari kondisi instalasi yang akan dilayani oleh pompa tersebut, sehingga *jumlah total pompa* dapat dituliskan sebagai berikut^[8]:

$$H = H_s + H_f + H_v + H_b + \Delta H_p \quad (36)$$

Keterangan:

H = Head total pompa (m).

H_s = Head statik (m).

ΔH_p = Perbedaan *jumlah tekan* ada kedua permukaan air.

H_f = Kerugian karena gesekan (m).

H_b = Kerugian pada belokan dan sambungan pipa (m).

H_v = *Jumlah kecepatan* (m).

Untuk menentukan *head* total pompa terlebih dahulu harus ditentukan kerugian yang terjadi pada instalasi pompa yang digunakan.

2.5.2.1 Head Statis (H_s)

Head statis merupakan perbedaan elevasi muka air di sisi keluar dan di sisi isap^[8].

$$H_s = h_1 + h_2 + \dots + h_n \quad (37)$$

Keterangan:

h_1 = Beda ketinggian pipa 1(m)

h_2 = Beda ketinggian pipa 1(m)

h_n = Beda ketinggian pipa n(m)

2.5.2.2 Head of Friction (H_f)

Friction head adalah kehilangan energi akibat gesekan air yang melalui pipa dengan dinding pipa. Rumus ini umumnya digunakan untuk menghitung *head* gesekan pada pipa, dapat menggunakan rumus *Darcy-Weisbach* pada Persamaan (38) dan (39)^[8].

$$H_{f\text{total}} = \sum_{i=1}^n H_{f1} + H_{f2} + H_{fn} \quad (38)$$

$$H_{fi} = fLi \frac{v^2}{2gDi} \quad (39)$$

2.5.3 Kapasitas Pompa

Kapasitas pompa yang diperlukan dapat dihitung setelah jumlah air limpasan diketahui. Untuk menghitung debit pompa yang diperlukan dapat digunakan persamaan berikut ini^[8]:

$$Q_p = \frac{Q}{t \times 3600} \quad (46)$$

Keterangan:

Q_p = Kapasitas pompa (m^3 /detik).

T = waktu kerja alat (jam)

Q = Jumlah air limpasan yang akan dipompakan.

2.6 Kolam Pengendapan Lumpur

Kuantitas kandungan air harus di *treatment* terlebih dahulu melalui sistem pengendapan. Pada umumnya, pengendapan biasanya dilakukan dengan menggunakan agen *treatment* atau tidak dengan menggunakan agen *treatment*. Untuk mengaplikasikan metode pengendapan ini, diperlukan beberapa komponen, yaitu kolam pengendapan (pengendapan horizontal), tangki pengendapan (pengendapan vertikal), penyaring partikel padatan, dan lainnya^[4].

Penambangan digunakan metode pengendapan horizontal. Kolam pengendapan untuk daerah penambangan dibuat untuk menampung dan mengendapkan air limpasan yang berasal dari daerah penambangan maupun daerah sekitar penambangan. Nantinya air tersebut akan

dibuang menuju tempat penampungan air umum seperti sungai, maupun danau^[4].

Dengan adanya kolam pengendapan diharapkan semua air yang keluar dari daerah penambangan benar-benar air yang sudah memenuhi ambang batas yang diizinkan oleh perusahaan, sehingga dapat mencegah terjadinya pencemaran lingkungan^[4].

2.6.1 Bentuk Kolam Pengendapan

Bentuk kolam pengendapan biasanya hanya digambarkan secara sederhana, yaitu berupa kolam berbentuk empat persegi panjang, tetapi sebenarnya bentuk tersebut dapat bermacam-macam, disesuaikan dengan keperluan dan keadaan lapangannya. Walaupun bentuknya dapat bermacam-macam, namun pada setiap kolam pengendapan akan selalu ada 4 zona penting yang terbentuk karena proses pengendapan material padatan^[9].

2.6.1.1 Zona Masukan

Adalah tempat masuknya aliran air berlumpur kedalam kolam pengendapan dengan anggapan campuran antara padatan dan cairan terdistribusi secara merata.

2.6.1.2 Zona Pengendapan

Tempat dimana partikel akan mengendap, material padatan disini akan mengalami proses pengendapan disepanjang saluran masing-masing *cek dam*.

2.6.1.3 Zona Endapan Lumpur

Tempat dimana partikel padatan dalam cairan mengalami sedimentasi dan terkumpul pada bagian bawah saluran pengendap.

2.6.1.4 Zona Keluaran

Tempat keluarnya buangan cairan yang relatif bersih, zona ini terletak pada akhir saluran.

2.6.2 Penentuan Ukuran Kolam Pengendapan

Penentuan luas kolam pengendapan dapat dihitung berdasarkan hal-hal sebagai berikut diameter partikel padatan yang keluar dari

kolam pengendapan tidak boleh lebih dari 9×10^{-6} m, karena akan menyebabkan pendangkalan dan kekeruhan sungai., kekentalan air, partikel dalam lumpur adalah material yang sejenis, kecepatan pengendapan material dianggap sama dan perbandingan cairan padatan diketahui dengan Persamaan (47) dan (48)^[10].

$$\%Solid = \frac{\text{volume padatan masuk}}{Q_{total}} \times 100 \quad (47)$$

$$\%Air = (100 - \%Solid) \quad (48)$$

Luas kolam pengendapan dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (49)^[9].

$$A = Q_{total}/V \quad (49)$$

Keterangan:

A = luas kolam pengendapan (m²)

Q_{total} = debit air yang masuk kolam pengendapan (m³/detik)

V = kecepatan pengendapan (m/dtk)

Residu tersuspensi dapat dicari dengan menggunakan Persamaan (50)^[9].

$$\text{Residu tersuspensi} = \frac{TSS}{Q_{total}} \quad (50)$$

Volume padatan yang masuk didapat dari hubungan persamaan massa jenis terhadap massa dan volume padatannya. Volume padatan yang masuk dapat dilihat pada Persamaan (51)^[9].

$$V_{pm} = \frac{\text{massa}}{\text{massa jenis}} \quad (51)$$

Kecepatan pengendapan dapat dihitung dengan menggunakan rumus *Stokes* dan hukum *Newton*. Hukum *Stokes* berlaku bila padatannya kurang dari 40%, sedangkan bila persen padatan lebih dari 40% berlaku hukum *Newton*. Hukum *Stokes* dapat dilihat pada Persamaan (52) sedangkan Hukum *Newton* dapat dilihat pada Persamaan (53)^[9].

Hukum *Stokes*:

$$V = \frac{g \times D^2 \times (\rho_p - \rho_a)}{18m} \quad (52)$$

Hukum *Newton*:

$$V = \left\{ \frac{4 \times g \times D \times (\rho_p - \rho_a)}{3 \times Fg \times \rho_a} \right\}^{0.5} \quad (53)$$

Keterangan :

V = Kecepatan pengendapan partikel (m/detik)

g = Percepatan gravitasi (m/detik²)

ρ_p = Berat jenis partikel padatan (kg/m³)

ρ_a = Berat jenis air (kg/m³)

m = Kekentalan dinamik air (kg/m.detik)

D = Diameter partikel padatan (m)

Fg = Nilai koefisien tahanan

2.6.3 Perhitungan Persentase Pengendapan

Perhitungan persentase pengendapan ini bertujuan untuk mengetahui apakah kolam pengendapan yang akan dibuat dapat berfungsi untuk mengendapkan partikel padatan yang terkandung dalam air limpasan tambang.

Waktu yang dibutuhkan oleh partikel untuk mengendap dengan kecepatan vt (m/s) sejauh h (m) dapat dicari menggunakan Persamaan (54)^[10].

$$tv = h/vt \quad (54)$$

Keterangan:

tv = Waktu pengendapan partikel (detik)

vt = Kecepatan pengendapan partikel (m/detik)

h = Kedalaman kolam pengendapan (m)

Untuk kecepatan mendatar partikel (Vh) dapat menggunakan Persamaan (55)^[10].

$$vh = \frac{Q_{total}}{A} \quad (55)$$

Keterangan :

vh = Kecepatan mendatar partikel (m/detik)

Q_{total} = Debit aliran yang masuk ke kolam pengendapan (m³/detik)

A = Luas permukaan kolam pengendapan (m²)

Waktu yang dibutuhkan partikel untuk keluar dari kolam pengendapan (th) dengan kecepatan (vh) dapat dicari menggunakan Persamaan (56)^[10].

$$th = P/vh \quad (56)$$

Keterangan:

th = Waktu yang dibutuhkan partikel keluar dari kolam pengendapan (detik)

P = Panjang kolam pengendapan (m)

vh = Kecepatan mendatar 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. Persentase pengendapan dapat dihitung menggunakan Persamaan (57)^[10].

Persentase Pengendapan

$$= \frac{th}{(th+tv)} \times 100\% \quad (57)$$

2.6.4 Jadwal Pengerukan Kolam Pengendapan Lumpur

Waktu pengerukan Kolam Pengendapan Lumpur sangat penting dalam hasil pengendapan material padatan dari tambang sebelum dibuang ke sungai. Apabila dilakukan pengerukan yang rutin, maka persentase pengendapan material padatan dari tambang dapat terjaga. Perhitungan waktu pengerukan (T) dapat dilakukan dengan Persamaan (58)^[10].

$$T = \frac{\frac{1}{4} \text{kapasitas maksimum kompartemen (m}^3/\text{hari)}}{\text{Volume padatan yang masuk (m}^3/\text{hari)}} \quad (58)$$

Keterangan:

T = Jadwal pengerukan.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada 22 Oktober – 19 November 2018. Lokasi penelitian di PT Minemex Indonesia site Mandiangin, Kabupaten Sarolangun, Jambi.

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan adalah penelitian kuantitatif yang mengacu kepada penelitian terapan, dimana menurut metode penelitian kuantitatif dapat diartikan sebagai metode penelitian yang berlandaskan pada

filosof *positivisme*, digunakan untuk meneliti pada populasi atau sampel tertentu. Teknik pengambilan sampel pada umumnya dilakukan secara random, pengumpulan data menggunakan instrumen penelitian, analisis data bersifat kuantitatif/statistik dengan tujuan untuk menguji hipotesis yang telah ditetapkan^[11].

3.2 Tahap Pengumpulan Data

Pengukuran data primer dilakukan dengan pengukuran level muka air *sump Pit* Block B PT Minemex Indonesia. Kenaikan tinggi permukaan air pada *sump* diukur saat tidak hujan dan tidak dilakukan pemompaan dan kecepatan aliran air pada pompa dihitung dengan mengukur waktu yang ditempuh air dari titik *inlet* ke titik *outlet* pompa saat pompa dihidupkan.

3.3 Tahap Pengolahan Data

Pengolahan data yang dilakukan yaitu menganalisis data primer yang didapatkan untuk mendapatkan debit air tanah dan debit pemompaan aktual.

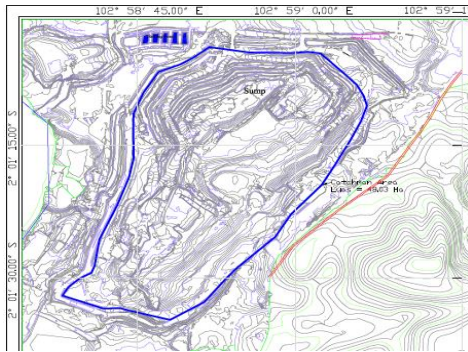
3.4 Tahap Analisis Data

Teknik analisis data yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu dengan menggabungkan antara teori dengan data-data lapangan, sehingga dari keduanya didapat pendekatan penyelesaian masalah. Setelah mendapatkan data-data yang diperlukan penulis menggunakan rumus-rumus melalui literatur yang ada untuk menganalisis data

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Catchment Area

Pada penentuan luas *catchment area* dilakukan langsung pengamatan di lapangan serta pengamatan pada peta rencana penambangan tahun 2018. Luas *catchment area* pada penelitian ini diperoleh dengan menggunakan *software* tambang. Luas *catchment area* pada rencana penambangan PT Minemex Indonesia adalah 48,03 ha seperti pada gambar 1.



Gambar 1. Daerah Tangkapan Hujan (Catchment Area) Pit Block B PT Minimex Indonesia

4.2 Curah Hujan Rencana dan Intensitas Hujan

4.2.1 Curah Hujan Rencana

Dalam menghitung curah hujan harian rencana dapat menggunakan metode *Gumbel* didapatkan nilai curah hujan rencana (X_t) sebesar 135,84 mm/hari.

4.2.2 Intensitas Hujan

Intensitas hujan pada *catchment area* memiliki nilai intensitas hujan sebesar 21,709 mm/jam.

4.3 Debit

4.3.1 Air Limpasan

Debit air limpasan didapatkan dengan menggunakan rumus Rasional setelah diketahui luas *catchment area*, koefisien limpasan dan intensitas hujan. Nilai debit limpasan pada *catchment area* sebesar 9.388 m³/jam.

4.3.2 Debit Air Tanah

Debit air tanah didapatkan dari pengukuran elevasi muka air *sump* Pit Block B. Penambahan volume yang berasal dari air tanah diasumsikan ketika cuaca cerah, pompa dalam keadaan mati tetapi elevasi muka air *sump* mengalami kenaikan elevasi. Pada *South Sump* Pit Durian didapatkan debit air tanah sebesar 121,63 m³/jam.

4.3.3 Debit Total

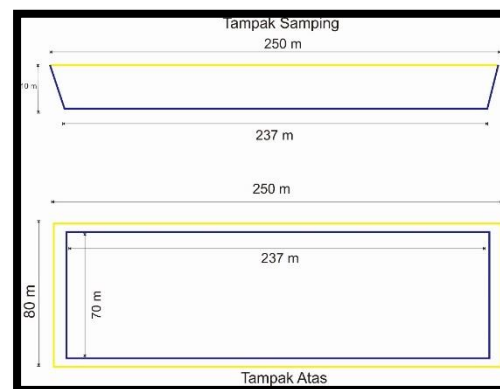
Debit total merupakan debit keseluruhan yang masuk ke dalam bukaan tambang (*pit*) dan ditampung di *sump*. Debit keseluruhan yang dimaksud adalah debit limpasan air permukaan ditambah dengan debit air tanah. Perhitungan debit total yang didapat yaitu 9.510,43 m³/jam.

4.4 Pompa

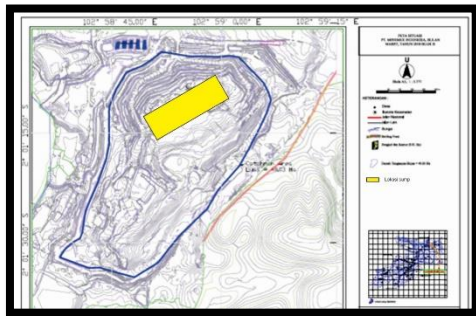
Untuk memaksimalkan kinerja sistem pemompaan sangat perlunya ditambah jumlah unit pompa dari 3 unit pompa menjadi 6 unit pompa Debit pemompaan adalah debit pompa per unit dikali banyak unit yang beroperasi pada *South Sump* Pit Block B. Unit yang beroperasi dan debit pompa pada *South Sump* Pit Block B tahun 2018 adalah dari 810 m³/jam menjadi 2.310 m³/jam dengan kenaikan *head total* dari 53 m menjadi 58 m.

4.5 Sump

Kapasitas aktual *sump* sebesar 75.867 m³ dan kapasitas *sump* akan diperbesar menjadi 182.050,32 m³ dengan kapasitas maksimal sebesar 182.610 m³. Penampang dan lokasi *sump* yang direncanakan dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



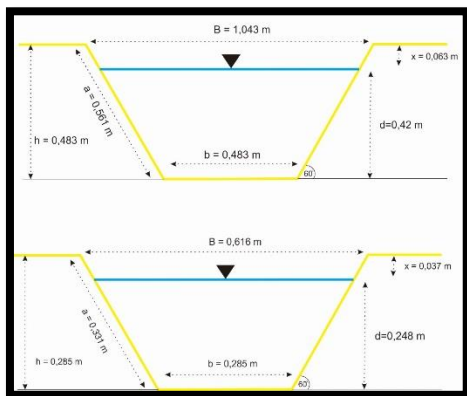
Gambar 2. Penentuan rencana dimensi *sump* yang disarankan berbentuk trapesium



Gambar 3. Lokasi Sump yang Direncanakan

4.6 Open Channel

Dimensi saluran terbuka I dan II yaitu dengan panjang sisi luar saluran 1,5 meter, lebar dasar saluran 1 meter, lebar permukaan saluran 2 meter dan kedalaman dasar 1 meter. Dimensi saluran terbuka akan mengalami perubahan yaitu dengan lebar dasar saluran (b) menjadi 0,483 m, kedalaman saluran (h) 0,483 m, panjang sisi luar saluran (a) 0,561 m, dan lebar permukaan saluran (B) 1,043 m. Penampang Open Channel dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 4. Visualisasi Dimensi Saluran Terbuka Rencana pada Pit Block B PT Minemex Indonesia

4.7 Settling pond

Kapasitas aktual settling pond yaitu pada kompartement 1 sebesar 2.060 m³, kompartement 2, 3 dan 4 sebesar 812 m³, kompartement 5 dan 6 sebesar 784 m³, kompartement 7 sebesar 756 m³, kompartement 8 sebesar 432 m³, kompartement 9 sebesar 414 m³, kompartement 10 sebesar 396 m³,

kompartement 11 sebesar 1.024 m³. Pada kolam pengendapan lumpur (settling pond), didapatkan jadwal untuk pengerukan kompartement dimana pengerukan tersebut akan difokuskan ke kompartement 1, yaitu hari ke-11. Hasil evaluasi waktu pengerukan Settling Pond dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 1. Evaluasi Waktu Pengerukan Kolam Pengendapan

Kompartement	Kapasitas Kompartement (m ³)	Volume Pengendapan (m ³ /hari)	Waktu Pengerukan (hari)
1	2060	49,784	11
2	812	13,263	16
3	812	3,433	60
4	812	0,734	277
5	784	0,130	1.508

4.8 Pengaruh Sistem Penyaliran Tambang Terhadap Produksi

Berdasarkan data produksi, produksi batubara sebesar 45.293 ton dari target produksi sebesar 50.000 ton dengan SR 3,1. Hal tersebut disebabkan oleh kurang maksimalnya kinerja pada setiap unit yang bekerja di pit penambangan pit Block B. Hal tersebut dipicu oleh meluapnya air sump sehingga front penambangan tergenang oleh air dan juga dipicu oleh tingginya waktu slippery. Produksi per jam OB pada bulan maret yaitu sebesar :

$$Produksi\ OB/jam = \frac{140.350\ BCM}{478\ jam} = 293,62\ BCM/jam$$

$$Produksi\ \frac{coal}{jam} = \frac{45.293\ ton}{478\ jam} = 94,75\ ton/jam$$

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Jumlah debit air tanah yang masuk ke area Debit air total yang masuk ke pit Block B yaitu sebesar 9.510,43 m³/jam atau 2,641 m³/detik.
2. Kapasitas aktual sump sebesar 75.867 m³ dan kapasitas sump akan diperbesar menjadi 182.050,32 m³ dengan kapasitas maksimal sebesar 182.610 m³.

3. Dimensi saluran terbuka I dan II yaitu dengan panjang sisi luar saluran 1,5 meter, lebar dasar saluran 1 meter, lebar permukaan saluran 2 meter dan kedalaman dasar 1 meter. Dimensi saluran terbuka akan mengalami perubahan yaitu dengan lebar dasar saluran (b) menjadi 0,483 m, kedalaman saluran (h) 0,483 m, panjang sisi luar saluran (a) 0,561 m, dan lebar permukaan saluran (B) 1,043 m.
4. Dibutuhkan penambahan pompa sebanyak 3 unit dengan *merk* yang sama tetapi dengan *type* berbeda. Didapatkan debit total pemompaan dari 810 m³/jam menjadi 2.310 m³/jam dengan kenaikan *head total* dari 53 m menjadi 58 m.
5. Kapasitas aktual *settling pond* yaitu pada *kompartement* 1 sebesar 2.060 m³, *kompartement* 2, 3 dan 4 sebesar 812 m³, *kompartement* 5 dan 6 sebesar 784 m³, *kompartement* 7 sebesar 756 m³, *kompartement* 8 sebesar 432 m³, *kompartement* 9 sebesar 414 m³, *kompartement* 10 sebesar 396 m³, *kompartement* 11 sebesar 1.024 m³. Pada kolam pengendapan lumpur (*settling pond*), didapatkan jadwal untuk pengerukan *kompartement* dimana pengerukan tersebut akan difokuskan ke *kompartement* 1, yaitu hari ke-9.
6. Pengaruh sistem penyaliran tambang terhadap produksi yaitu menjadi salah satu penyebab tidak tercapainya produksi OB dan batubara. Hal tersebut disebabkan oleh tingginya waktu *slippery* (lampiran 15), sehingga unit yang bekerja tidak bekerja maksimal sebagaimana mestinya. Produksi OB/jam 293,62 BCM dan produksi Batubara 94,75 ton/jam.

5.2 Saran

1. Berdasarkan hasil perhitungan evaluasi sistem penyaliran tambang, dibutuhkan penambahan pompa sebanyak 3 unit dengan *merk* yang sama yaitu *Coates* dengan tipe *Multiflo* MFC-385.
2. Untuk memaksimalkan debit pemompaan, sebaiknya menggunakan pipa HDPE dengan ukuran inlet 10 inch dan outlet 9 inch.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Rudi, Sayoga. *Diktat Kuliah Sistem Penyaliran Tambang*, Bandung: Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknologi Mineral ITB. 1999
- [2] Gumbel, E.J. *Statistical theory of extreme values and some practical applications. Applied Mathematics Series 33 (1st ed)*. Depratement of Commerce. National Bereau os Standards. 1954.
- [3] Kodoatie. Robert J. *Pengantar Hidrologi*. Yogyakarta: Andi.2012
- [4] Gautama, RS dan Prahastini, SD. *Perancangan Aplikasi Untuk Sistem Penyaliran Tambang Terbuka*. Journal of JTM, vol.XIX, no.03. 2012.
- [5] Kurnia, Dian. *Evaluasi Kondisi Aktual dan Perencanaan Sistem Penyaliran Tambang Emas di Pit Durian, Site Bakan PT. J Resources Bolaang Mongodow, Kecamatan Lolayan, Kotamobagu, Sulawesi Utara* Universitas Negeri Padang. 2018.
- [6] Suyono Sosrodarsono dan Kansaku Takeda. *Hidrologi untuk Pengairan*. Jakarta: Pradya Paramita. 2000.
- [7] An Najmi, Fajria. *Perencanaan Mine Dewatering Pada Tambang Batubara Pit AB PT Aman Toebillah Putra Site Lahat Kecamatan Merapi Barat Provinsi Sumatera Selatan* Universitas Negeri Padang. 2018.
- [8] Sularso dan Tahara. *Pompa dan Kompresor*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita. 2006.
- [9] Triatmodjo.Bambang. *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset. 2008.
- [10] Hartono. *Kolam Pengendapan*. Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta. 2013.
- [11] Sugiyono. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta. 2012.