

Analysis of Pump Requirements for Mine Dewatering Sump at Kerinci PT Cipta Kridatama Jobsite PT Kuansing Inti Makmur

Analisis Kebutuhan Pompa Mine Dewatering Sump Kerinci PT Cipta Kridatama Jobsite PT Kuansing Inti Makmur

Fitri Nauli^{1*}, Aulia Irfan¹, Syari Rahma Yanti¹, Arif Alghifari¹, Andri Van Deny¹

Abstract

Sump Kerinci PT Cipta Kridatama, the jobsite of PT Kuansing Inti Makmur, covers an area with coal reserves at an elevation of 26 meters. However, due to the high intensity of rain, the elevation of the sump increased to 38 meters, hampering mining activities. This study aims to design an efficient dewatering solution through the calculation of planned rainfall, runoff water discharge, and pump requirements, with a specific approach to the design of the open-pit mine drainage system at the research site. The research method involves analyzing historical rainfall data over the past eight years to calculate planned rainfall, rainfall intensity, and runoff water discharge using the Gumbel hydrological method. Pump requirements are calculated based on the technical specifications of the centrifugal pump and the topographical characteristics of the site. From the results of the analysis, it takes 24 pumps to dry the sump in one day, but this approach is not economical. Alternatively, the use of 3 pump units operating for 63 days is proposed as the optimal solution to reduce operational costs and meet the need for dewatering for two months.

Keywords

Mine drainage, Pump, Rainfall, Sump

Abstrak

Sump Kerinci PT Cipta Kridatama, jobsite PT Kuansing Inti Makmur, mencakup area dengan cadangan batubara pada elevasi 26 meter. Namun, akibat intensitas hujan yang tinggi, elevasi sump meningkat hingga 38 meter, menghambat aktivitas tambang. Penelitian ini bertujuan untuk merancang solusi dewatering yang efisien melalui perhitungan curah hujan rencana, debit air limpasan, dan kebutuhan pompa, dengan pendekatan spesifik terhadap desain sistem penyaliran tambang terbuka di lokasi penelitian. Metode penelitian melibatkan analisis data historis curah hujan selama delapan tahun terakhir untuk menghitung curah hujan rencana, intensitas hujan, dan debit air limpasan menggunakan metode hidrologi Gumbel. Kebutuhan pompa dihitung berdasarkan spesifikasi teknis pompa sentrifugal dan karakteristik topografi lokasi. Dari hasil analisis, dibutuhkan 24 unit pompa untuk mengeringkan sump dalam satu hari, namun pendekatan ini tidak ekonomis. Sebagai alternatif, penggunaan 3 unit pompa yang beroperasi selama 63 hari diusulkan sebagai solusi optimal untuk menekan biaya operasional dan memenuhi kebutuhan dewatering selama dua bulan.

Kata Kunci

Curah Hujan, Penyaliran Tambang, Pompa, Sump

¹ Departemen Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang
Jalan Prof. Dr. Hamka, Air Tawar, Padang, Sumatera Barat, Indonesia

* fitrinauli@ft.unp.ac.id

Submitted : October 01, 2024. Accepted : December 23, 2024. Published : December 24, 2024

PENDAHULUAN

Curah hujan yang tinggi di area tambang terbuka secara signifikan meningkatkan volume air limpasan dari permukaan tanah dan rembesan air tanah, yang mengalir ke area lebih rendah seperti cekungan tambang atau pit. Air limpasan ini terkumpul di *sump*, kolam penampungan yang dirancang untuk menampung air sebelum dipompa keluar melalui sistem *dewatering*. Ketika curah hujan tinggi dan berlangsung lama, volume air yang masuk seringkali melebihi kapasitas *sump*, menyebabkan genangan yang dapat mengganggu kegiatan operasional tambang [1]. Genangan air di *front* penambangan dapat menghambat aktivitas penggalian, pengangkutan, dan *coal getting*, serta merusak jalur transportasi alat berat yang menjadi licin atau berlumpur. Kondisi ini tidak hanya memperlambat produksi tetapi juga berisiko mengganggu target produksi yang telah direncanakan, sehingga mengakibatkan kerugian finansial. Oleh karena itu, sistem penyaliran dan *dewatering* yang efektif sangat penting untuk mencegah genangan air, menjaga jalur produksi tetap aman, dan memastikan kelancaran operasi tambang.

Masalah serupa juga dihadapi di *sump* Kerinci PT Cipta Kridatama, jobsite PT Kuansing Inti Makmur, di mana cadangan batubara yang masih layak ditambang berada pada ketinggian elevasi 26 meter. Namun, curah hujan yang tinggi telah menyebabkan peningkatan elevasi air di *sump* hingga mencapai 38 meter, menghambat aktivitas *coal getting*. Hal ini menunjukkan bahwa analisis kebutuhan pompa pada sistem *dewatering* menjadi krusial untuk memastikan pengeringan *sump* dapat dilakukan secara efektif dan efisien. Dengan merancang sistem *dewatering* yang baik dan memperhitungkan curah hujan rencana, debit air limpasan, serta kapasitas pompa, tantangan genangan air ini dapat diatasi sehingga produksi dapat berjalan sesuai target yang telah direncanakan [2].

Curah hujan adalah jumlah atau volume air yang jatuh pada satuan luas, yang dinyatakan dalam satuan mm. 1 mm berarti pada luasan 1 m² jumlah air hujan yang jatuh sebanyak 1 liter [3]. Sumber utama air permukaan pada tambang terbuka adalah air hujan, dan besar kecilnya curah hujan akan berpengaruh pada jumlah air yang tertampung di kolam terbuka, jumlah pipa dan pompa yang dibutuhkan, serta panjang saluran terbuka yang diperlukan [4]. Banyak faktor-faktor yang mempengaruhi curah hujan antara lain garis lintang, ketinggian tempat, jarak dari sumber air, arah angin, serta hubungan dengan deretan pegunungan [5]. Dalam perhitungan curah hujan rencana, penulis menggunakan analisis frekuensi untuk menentukan metode yang tepat dalam meramalkan besarnya hujan dengan periode ulang tertentu.

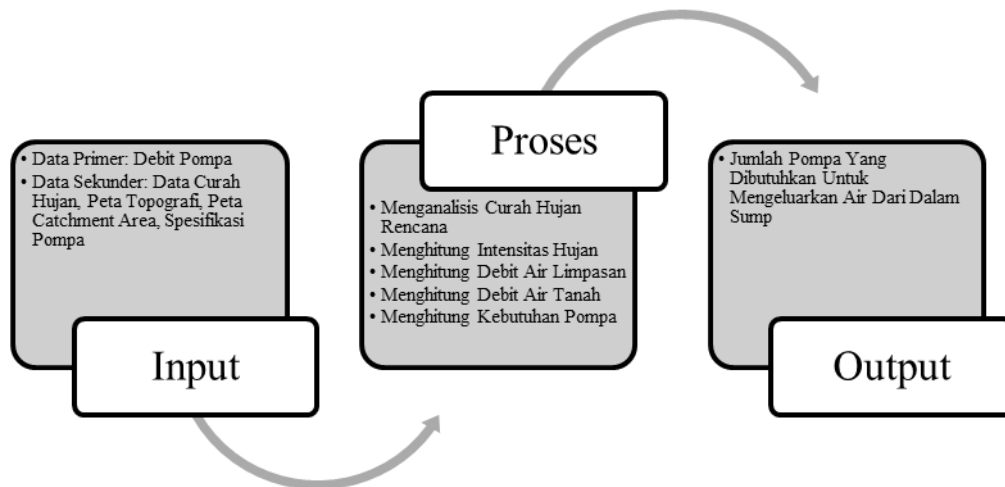
Sistem penyaliran tambang bertujuan untuk mencegah atau mengeringkan air yang masuk ke area tambang agar tidak mengganggu aktivitas penambangan, terutama pada musim hujan [6]. Sumber air yang masuk ke lokasi penambangan dapat berasal dari air permukaan seperti limpasan, sungai, rawa, atau danau, serta air bawah tanah (*groundwater*), seperti air tanah dan air rembesan. Penanganan masalah air dalam tambang terbuka dibedakan menjadi dua jenis, yaitu *mine drainage*, yang mencegah masuknya air ke area penambangan, dan *mine dewatering*, yang mengeluarkan air yang sudah masuk ke dalam area penambangan [7]. Proses *dewatering* ini sangat umum diterapkan pada tambang terbuka, di mana air yang terkumpul di *sump* dipompa keluar untuk menjaga kelancaran aktivitas penambangan.

METODE PENELITIAN

Sumber Data dan Teknik Pengumpulan Data

Penelitian dilakukan dengan langkah seperti pada diagram [Gambar 1](#). Pengambilan data penelitian dilakukan dengan mengumpulkan berbagai informasi yang diperlukan untuk mendeskripsikan subjek penelitian secara menyeluruh [8]. Data juga diperoleh dari pengamatan secara langsung di lapangan (data primer), dengan peta lokasi tambang seperti

dapat dilihat pada [Gambar 2](#), dan juga literatur-literatur yang berhubungan dengan permasalahan (data sekunder).



[Gambar 1](#). Diagram Alir Penelitian



[Gambar 2](#). Peta Lokasi Penambangan PT Cipta Kridatama Jobsite KIM

Teknik yang dilakukan dalam analisis data yaitu dengan menggabungkan antara teori dengan data-data lapangan, sehingga dari keduanya didapat pendekatan penyelesaian masalah. Setelah mendapatkan data-data yang diperlukan penulis dengan menggunakan rumus-rumus melalui literatur yang ada, sehingga hasil yang akan didapatkan berupa banyaknya pompa yang dibutuhkan serta ukuran dimensi paritan.

Jenis Data

Dalam penelitian ini, data yang digunakan terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer mencakup debit pemompaan, data debit air keluar yang diukur menggunakan alat Ultrasonic Flowmeter, serta data situasi lapangan. Sementara itu, data sekunder meliputi data curah hujan selama 8 tahun, peta topografi, peta *catchment* area, peta situasi lapangan, peta desain tambang, spesifikasi pompa, jenis pipa, dan data elevasi *sump*.

Teknik Analisis Data

Data yang diterapkan dalam penelitian ini melibatkan beberapa langkah pengolahan yang saling terkait. Pertama, dilakukan penentuan luas *catchment* area menggunakan peta topografi dan peta situasi tambang. Selanjutnya, dilakukan penghitungan data curah hujan untuk

memperoleh debit air limpasan, yang meliputi penentuan tabel urutan curah hujan maksimum, analisis frekuensi, perhitungan jenis distribusi, uji distribusi probabilitas, serta penentuan nilai Chi Kuadrat. Hasil dari perhitungan ini digunakan untuk menghitung curah hujan rencana dengan metode Mononobe dan distribusi Gumbel, yang nantinya berguna untuk menentukan intensitas curah hujan. Langkah berikutnya adalah perhitungan debit air limpasan dan debit air tanah. Selain itu, dilakukan perhitungan dimensi kapasitas debit penyaliran saluran terbuka menggunakan persamaan Manning. Akhirnya, dilakukan perhitungan jumlah pompa yang diperlukan untuk mengelola air limpasan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem Penyaliran Tambang

Air menjadi permasalahan besar dalam pekerjaan penambangan, baik itu secara langsung maupun tidak langsung berpengaruh terhadap produktivitas [9]. Sistem penyaliran tambang memiliki pengertian yaitu suatu usaha yang diterapkan pada daerah penambangan untuk mencegah, mengeringkan, atau mengeluarkan air yang masuk ke daerah penambangan [10]. Upaya ini dimaksudkan untuk mencegah terjadinya gangguan pada aktivitas penambangan yang disebabkan oleh adanya air dalam jumlah yang berlebihan, terutama pada musim hujan [7].

Sumber air yang masuk ke lokasi penambangan, dapat berasal dari air permukaan tanah maupun *ground water*. Jenis air ini meliputi air limpasan, air sungai, rawa atau danau yang terdapat pada daerah tersebut, air buangan (limbah), dan mata air. Sedangkan air bawah tanah (*ground water*) merupakan air yang terdapat dan mengalir di bawah permukaan tanah. Jenis air ini meliputi air tanah dan air rembesan. Penanganan masalah air dalam suatu tambang terbuka dapat dibedakan menjadi dua jenis:

Mine drainage

Merupakan upaya untuk mencegah masuknya air ke daerah penambangan. Hal ini umumnya dilakukan untuk penanganan air tanah dan air yang berasal dari sumber air permukaan [10].

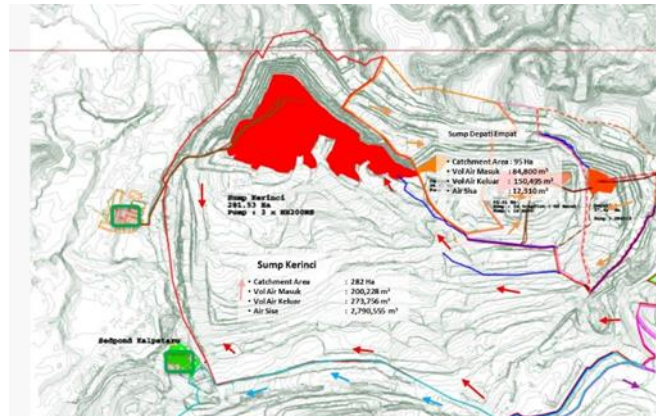
Mine Dewatering

Penyaliran ini sangat umum digunakan dan diterapkan ditambang terbuka. Air yang masuk ke dalam lubang bukaan tambang terkumpul ke dalam *sump* yang terletak di dasar lubang tambang, kemudian air tersebut di pompa ke luar tambang [1].

Berikut ini akan dibahas mengenai beberapa faktor Yang Mempengaruhi Sistem Penyaliran Tambang.

Luas Catchment area (Daerah Tangkapan Hujan)

Catchment area merupakan tempat dimana air jatuh akan tertampung dan mengalir menuju suatu tempat dengan konsentrasi yang sama [3]. Luas *catchment* area pada *sump* kerinci PT. Cipta Kridatama didapatkan dari menghubungkan titik-titik pada elevasi tertinggi ditempat itu yang dimana arah aliran airnya menuju ke daerah yang mempunyai elevasi terendah. Semakin besar suatu *catchment* area, maka jumlah air yang turun pada daerah tersebut serta jumlah air limpasan yang harus ditampung oleh titik terendah juga akan semakin besar. Sebaliknya, semakin kecil suatu *catchment* area, maka jumlah air hujan yang turun pada daerah tersebut serta air jumlah air limpasan yang harus ditampung oleh titik terendah akan semakin kecil. Luas daerah tangkapan hujan ini dianalisis dengan menggunakan peta topografi yang sudah diberikan oleh perusahaan. *Catchment* area pada *sump* kerinci PT. Cipta Kridatama jobsite Kuansing Inti Makmur memiliki luas sebesar 282 ha atau 2,82 km². Adapun Peta *Catchment* Area *Sump* Kerinci PT Cipta Kridatama Jobsite KIM dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Peta Catchment Area Sump Kerinci PT Cipta Kridatama Jobsite KIM

Curah Hujan

Curah hujan merupakan besarnya air yang jatuh pada satu satuan luas, diukur dalam milimeter, dikenal sebagai curah hujan. Satu liter air dihasilkan oleh satu milimeter curah hujan pada satu meter persegi tanah datar dengan satu milimeter air [5]. Jumlah hujan yang akan turun selama periode ulang hujan tertentu diprediksi dengan menggunakan curah hujan rencana. Dalam menentukan metode mana yang akan digunakan untuk menghitung curah hujan rencana, perlu dilakukan analisis frekuensi terlebih dahulu [11]. Menentukan curah hujan rencana menggunakan rumus dengan memanfaatkan distribusi Gumbel:

$$X_t = X_r + \frac{S_x}{S_n} x (Y_r - Y_t) \quad (1)$$

$$X_r = \frac{\sum X_t}{n} \quad (2)$$

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum \frac{1}{n} (X_i - X_r)^2}{n-1}} \quad (3)$$

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

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

$$Y_r = \frac{\sum Y_n}{n} \quad (6)$$

$$Y_t = -\ln \left[-\ln \left\{ \frac{T-1}{T} \right\} \right] \quad (7)$$

$$K = \frac{y_t - Y_r}{S_n} \quad (8)$$

Yang dimana, X_t (hujan terencana (mm/hari)), X_i (hujan maksimum harian (mm/hari)), X_r (rata-rata hujan maksimum (mm/hari)), S_x (Deviasi Standar), S_n (*Reduce Deviasi Standar*), Y_t (*Variate Reduce*), Y_n (*Reduce Mean*), n (jumlah data), m (urutan hujan besar - kecil), Y_r (rata-rata *Reduce Mean*), dan K (*Faktor Reduce Variate*). Dari Tabel 1 dapat diketahui bahwa total hujan dalam selang periode tahun 2014-2023 adalah sebesar 942,1 mm dengan rata-rata hujan pertahunnya adalah 94,21 mm.

Tabel 1. Tabel urutan curah hujan

TAHUN	Xi	Xr
2014	69,3	
2015	51,4	
2016	84,1	
2017	71	
2018	60,9	94,21
2019	56,4	
2020	141	
2021	169	
2022	112	
2023	127	
JUMLAH	942,1	
rata-rata	94,21	

Intensitas Hujan

Intensitas hujan merupakan banyaknya hujan persatuan waktu dan dinyatakan dalam satuan mm/jam [12]. Intensitas hujan dihitung dengan menggunakan persamaan Mononobe:

$$I = \left(\frac{R_{24}}{24}\right) \left(\frac{24}{tc}\right)^{\frac{2}{3}} \quad (9)$$

$$tc = 0,76 \times A^{0,38} \quad (10)$$

Keterangan:

I : Intensitas Hujan

R_{24} : Curah Hujan Harian (mm/hari)

tc : Waktu Konsentrasi Hujan (jam)

$$tc = 0,76 \times 2,82^{0,38} = 1,12 \text{ jam}$$

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

$$I = \left(\frac{134,94}{24}\right) \left(\frac{24}{1,12}\right)^{\frac{2}{3}} = 43,63 \text{ mm/jam}$$

Dari perhitungan yang telah dilakukan maka didapatkan nilai tc yaitu sebesar 1,12 jam, maka dihasilkan intensitas hujan untuk tahun 2018-2023 di *sump* kerinci PT. CK KIM adalah sebesar 43,63 mm/jam.

Air Limpasan

Air limpasan merupakan air permukaan yang berasal dari air hujan yang mengalir dan bergerak dari permukaan yang tinggi menuju ke tempat terendah [3]. Rumus untuk menentukan debit air limpasan adalah sebagai berikut:

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A \quad (11)$$

Keterangan:

Q : Debit Air Limpasan ($m^3/detik$)

C : Koefisien Limpasan

I : Intensitas Curah Hujan (mm/jam)

A : Catchment area (Ha)

$$Q = 0,278 \times 0,9 \times 43,63 \times 2,82$$

$$Q = 30,78 \text{ m}^3/detik$$

$$Q = 110.835,8 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Dengan menggunakan rumus tersebut, maka didapatkan nilai dari debit air limpasan yaitu sebesar 110.835,8 m³/jam.

Air Tanah

Air tanah diartikan sebagai air yang menempati rongga-rongga di dalam tanah dengan air hujan sebagai salah satu sumber utama terjadinya air tanah. Air hujan meresap kedalam pori-pori diantara butiran tanah [13][14]. Tabel 2 menunjukkan hasil pengukuran debit air tanah.

Tabel 2. Pengukuran Debit Air Tanah

Perhitungan Debit					
Tanggal pengukuran	Elevasi air awal ketika pompa dimatikan (m)	StatusPompa	Volume awal (m ³)	Volumeakhir (m ³)	Selisih Penurunan
6 Februari 2024	34,5	Not Running	248560	249236	676
7 Februari 2024	35,3	Not Running	252683	254759	2076
8 Februari 2024	35,8	Not Running	255864	256671	807
9 Februari 2024	36,7	Not Running	263579	264621	1042
10 Februari 2024	37,4	Not Running	265335	266540	1205
rata-rata					1161,2

Debit air tanah yang masuk kedalam *sump* Kerinci dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$Q \text{ Air Tanah} = \frac{\text{Selisih Penurunan}}{T \text{ Pemompaan}} = \frac{1161,2}{22} = 52,78 \text{ m}^3/\text{jam} = 0,014 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Pada bulan Januari – Februari 2024 merupakan bulan yang sering terjadinya hujan dengan curah hujan yang cukup tinggi, sehingga untuk menghitung debit air tanah sulit untuk dilakukan, maka dari itu dilakukan perhitungan potensi debit air yaitu 2% dari debit air limpasan. Sehingga didapatkan hasil perhitungan debit air tanah yaitu sebesar 52,78 m³/jam.

Debit Air Total

Debit total merupakan debit keseluruhan yang masuk ke dalam bukaan tambang (*pit*) dan di tampung di *sump*. Debit keseluruhan yang dimaksud adalah debit limpasan air permukaan ditambah dengan debit air tanah [15]. Berikut hasil perhitungan debit total pada *catchment area*.

$$\begin{aligned} Q \text{ total} &= Q \text{ Air Limpasan} + Q \text{ Air Tanah} \\ &= 17,65 \text{ m}^3/\text{detik} + 0,014 \text{ m}^3/\text{detik} \\ &= 17,67 \text{ m}^3/\text{detik} = 63.626,15 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Pipa

Pipa HDPE (*High Density Polyethylene*) dapat digunakan di tambang yang di mana mayoritas tambang terbuka, pipa baja biasanya digunakan untuk operasi pemompaan [2]. Pada

sump kerinci PT. CK KIM menggunakan pipa HDPE dengan diameter 14 inchi atau 0,3556m. Untuk keperluan head total pompa, debit outlet pada pipa ini sebesar 711,25 m³/jam, dengan kecepatan 2,776 m/detik. Angka ini diperoleh dengan menggunakan alat Ultrasonic Flowmeter. Dengan ini perhitungan *head of friction* dapat diketahui dengan menggunakan perhitungan dan didapatkan hasil sebesar 0,671.

Pompa

Di lokasi pertambangan, pompa ialah peralatan yang digunakan untuk memindahkan atau mengeluarkan air. Pompa yang digunakan di *sump* kerinci PT. Cipta Kridatama yaitu pompa centrifugal Sellwood HH200HS. Persamaan di bawah ini dapat digunakan untuk menentukan jumlah pompa yang diperlukan untuk mengosongkan air di *sump*:

$$\begin{aligned} \text{Jumlah pompa} &= \frac{\text{Debit Air Total}}{\text{Debit Pompa} \times \text{Waktu Maksimum Kegiatan Pemompaan}} & (12) \\ \text{Jumlah pompa} &= \frac{63.626,15}{711,25 \times 22} = 4,06 = 4 \text{ Pompa} \end{aligned}$$

Untuk menentukan berapa banyak pompa yang diperlukan untuk menghilangkan air dapat menggunakan persamaan diatas dan didapatkan hasil 24 pompa jika dilakukan pengeringan dalam waktu 1 hari atau 22 jam pompa running. Namun angka tersebut sangat tidak rasional jika mengingat running pompa itu membutuhkan cost yang sangat besar.

Maka dari itu dilakukan perhitungan kembali yang mengingat untuk kebutuhan pengeringan dengan waktu ± 2 bulan. Jika dibandingkan dengan 24 pompa, jumlah 4 pompa sangat rasional digunakan. Dengan menghitung jumlah debit outlet pompa dengan menggunakan 4 buah pompa maka didapatkan nilai sebesar 46.943 m³/jam. Angka tersebut dibandingkan lagi dengan volume air yang ada pada *sump* sekitar 2.976.515 m³, sehingga didapatkan bahwa *sump* kerinci PT. CK KIM mengering dengan waktu 63 hari.

SIMPULAN DAN SARAN

Dari penelitian yang dilakukan mengenai analisis kebutuhan mine *dewatering* pada *sump* Kerinci di PT. Cipta Kridatama, jobsite PT. Kuansing Inti Makmur, dapat disimpulkan bahwa luas *catchment* area pada *sump* Kerinci adalah 282 Ha atau 2,82 km². Berdasarkan analisis teoritis, jumlah pompa yang dibutuhkan untuk mengeringkan air di *sump* tersebut adalah 24 pompa dengan lama pengeringan 1 hari atau 22 jam pompa running. Namun, perhitungan ini menunjukkan jumlah pompa yang sangat besar dan tidak rasional mengingat biaya operasional pompa yang sangat mahal. Oleh karena itu, peneliti menyarankan untuk mengurangi jumlah pompa menjadi 4 buah pompa dengan lama pengeringan 63 hari agar pengeringan dapat dilakukan secara efisien, sehingga aktivitas *coal getting* pada elevasi 26 meter dapat dilakukan sesuai jadwal. Penelitian ini berkontribusi signifikan terhadap pengembangan operasional tambang, terutama dalam hal efisiensi biaya sistem *dewatering*. Pengurangan jumlah pompa yang digunakan dapat mengurangi beban biaya operasional yang sangat tinggi, yang pada akhirnya berkontribusi pada pengelolaan sumber daya yang lebih efisien dan memaksimalkan keuntungan perusahaan. Dalam konteks pertambangan, pengelolaan biaya sangat penting untuk menjaga kelangsungan operasi tambang dan mencapai target produksi yang telah direncanakan. Oleh karena itu, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sistem *dewatering* yang lebih efisien dapat membantu menekan biaya operasional dan meningkatkan keberlanjutan operasi tambang.

Selain itu, saran yang dapat diberikan adalah agar perusahaan tambang lebih memperhatikan perhitungan yang lebih mendalam terhadap kebutuhan pompa dengan mempertimbangkan curah hujan rencana, debit air limpasan, dan kapasitas *sump* yang ada.

Dengan begitu, pengelolaan sistem *dewatering* dapat dilakukan lebih efektif, menjaga kelancaran produksi, dan mengurangi dampak negatif dari genangan air. Implementasi solusi yang lebih efisien dalam pengelolaan air pada tambang terbuka akan membantu memastikan operasi tambang tetap berjalan dengan lancar, mengurangi biaya yang tidak perlu, dan meningkatkan kinerja secara keseluruhan.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] Feraldo, R. (2023). Perencanaan Sistem Penyaliran Tambang Batubara Dalam Perancangan Main *Sump* Block B Pt Harmoni Panca Utama Jobsite Pt Tambang Damai, Kalimantan Timur.
- [2] Rahman. (2021). Analisis Limpasan Permukaan (Runoff) Pada Daerah Aliran Sungai Jenelata Kabupaten Gowa. (Skripsi), Universitas Muhammadiyah Makassar: Makassar, 2021.
- [3] Asdak, Chay. 2002. Hidrologi Dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai, Gajah Mada University, Yogyakarta.
- [4] Firdaus, M. R., Yusuf, M., & Abro, M. A. (2018). Perencanaan Teknis Sistem Penyaliran Tambang Bijih Nikel *Pit 1* Pt. Prima Abadi Karya, Site Tangofa, Bungku Pesisir, Kabupaten Morowali, Sulawesi Tengah. 3.
- [5] Suroso. 2006. Analisis Curah Hujan untuk Membuat Kurva Intensity Duration Frequency (IDF) di Kawasan Rawan Banjir Kabupaten Banyumas. Jurnal Teknik Sipil: Vol. 3 No. 1 Januari 2006.
- [6] Octaviani, H., & Har, R. (2023). Kajian Teknis Sistem *Mine dewatering* dalam Upaya Penanganan Genangan Air Di Area Penambangan Pada Tambang Emas Bawah Tanah Level 7 Di Kabupaten Pesisir Selatan, Provinsi Sumatera Barat. Jurnal Geosains dan Teknologi, 6(2), 134–144. <https://doi.org/10.14710/jgt.6.2.2023.134-144>.
- [7] Rusli, HAR. 2021. Bahan Ajar Kuliah Penyaliran Tambang. Padang: Universitas Negeri Padang.
- [8] Rusli, H. A. R., Aprisal, & Aditya, T. H. (2023). The Impact of Land Use Change on Surface Runoff at Air Dingin Sub-watershead, Padang City Indonesia. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 1160(1), 012027. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1160/1/012027>.
- [9] Kurnianda, A., Alkatiri, H., Haya, A., & Halil, A. (2022). Evaluasi Sistem Penyaliran Tambang Di Pt. Sinar Karya Mustika Iup Pt. Fajar Bhakti Nusantara Kecamatan Pulau Gebe Kabupaten Halmahera Tengah Provinsi Maluku Utara. Jurnal Geomining, 3(1), 33-49.
- [10] Fortuna, H. M., Aryanto, R., & Purwiyono, T. T. (2024). Optimasi Pompa Air Multiflo Terhadap Design *Sump Pit* Boston Timur. 1(4).
- [11] Rahadi, B. d. (n.d.). PENENTUAN KUALITAS AIR TANAH DANGKAL DAN ARAHAN PENGELOLAAN (STUDI KASUS KABUPATEN SUMENEP) Determination of Shallow Ground Water Quality and Management Guidelines (Case Study at Sumenep).
- [12] Fasdarsyah, F. (n.d.). Analisis Curah Hujan Untuk Membuat Kurva Intensity-Duration-Frequency (Idf) Di Kawasan Kota Lhokseumawe.
- [13] Herlambang, A. 1996. Kualitas Air Tanah Dangkal di Kabupaten Bekasi. Program Pascasarjana, IPB. Bogor.
- [14] Gautama, RS. 1999. Diktat Kuliah Sistem Penyaliran Tambang. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- [15] Karim, R., Azizi, M. A., Umar, R. M., & Nurany, N. (2020). Kajian Hidrologi Dan Sistem Penanggulangan Air Hujan Pada Penambangan Bijih Nikel (Studi Kasus Pt. Bhakti Pertiwi Nusantara Di Site Sepo Kecamatan Weda Utara Kabupaten Halmahera Tengah Provinsi

Maluku Utara). Prosiding Temu Profesi Tahunan Perhapi, 1(1), 751–760.
<https://doi.org/10.36986/Ptptp.V1i1.117>