

Perancangan Tanggul dan Drainase di Pit K1-1 Pada Tambang Batubara, Kecamatan Marang Kayu, Kabupaten Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur

George Raymond Warouw¹⁾ and Rr. Dina Asrifah²⁾

^{1,2)}Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta/Jurusan Teknik Lingkungan

^{a)}Corresponding author: dina.asrifah@upnyk.ac.id

^{b)}114190052@student.upnyk.ac.id

ABSTRAK

Air tambang berupa air yang terbentuk akibat kegiatan tambang yang kualitas airnya dipengaruhi oleh mineral-mineral yang ada ditambang. Pit K1-1 memiliki air tambang yang tertampung di lubang bekas tambang, Pit K1-1 memiliki karakteristik air tambang yang memiliki konsentrasi TSS yang tinggi. Perusahaan telah melakukan pengelolaan dengan menyediakan kolam pengendapan dan penambahan koagulan tawas. Kondisi hujan pit K1-1 menyebabkan kenaikan debit dan peningkatan konsentrasi TSS yang tinggi, serta luapan air keluar lubang bekas tambang menjadi masalah di daerah penelitian. Penelitian dilakukan dengan metode berupa survey, pengamatan, pengolahan data dan analisa deskriptif. Survey yang dilakukan berupa pengukuran luasan sumber penelitian, luas lubang bekas tambang, dan pengukuran debit air limpasan maupun debit drainase. Tujuan penelitian melalui perancangan tanggul dan drainase dapat meminimalisir nilai konsentrasi TSS yang tinggi dan debit aliran yang masuk. Hasil penelitian berupa rancangan tanggul dibentuk berdasarkan tinggi 1 meter, lebar 3 meter, dan kemiringan 45°. Rancangan drainase dibentuk mempertimbangkan curah hujan sebesar 91,52 mm/hari. debit aliran drainase sebesar 0,949 m³/s. Tanggul dan drainase dirancang mengelilingi pit K1-1 sepanjang 1,584 km.

Kata Kunci: Drainase ; Pengelolaan Air; Tanggul

ABSTRACT

Mine water is water formed as a result of mining activities whose water quality is influenced by the minerals in the mine. Pit K1-1 has mine water that is collected in an ex-mining pit, Pit K1-1 has mining water characteristics that have high TSS concentrations. The company has managed by providing settling ponds and adding alum coagulant. The rainy condition of pit K1-1 causes an increase in discharge and an increase in high TSS concentration, and the overflow of water out of the ex-mining pit becomes a problem in the research area. The research was conducted using methods such as surveys, observations, data processing and descriptive analysis. The survey was carried out in the form of measuring the area of the research source, the area of the former mining pit, and measuring the runoff water discharge and drainage discharge. The research objectives through the design of embankments and drainage can minimize the value of high TSS concentrations and incoming flow discharge. The results of the research in the form of embankment design were formed based on a height of 1 meter, a width of 3 meters, and a slope of 45°. The drainage design was formed considering rainfall of 91.52 mm/day. the drainage flow discharge was 0.949 m³/s. The embankment and drainage were designed to surround the K1-1 pit for 1.584 km.

Keywords: Embankment; Drainage; Water Management

PENDAHULUAN

Batubara memiliki asal bentuk dari tumbuhan yang telah lama mati dan terendapkan dalam cekungan yang terisi oleh air dalam waktu yang lama kurun waktu jutaan tahun. Secara karakteristik batubara berupa batuan karbonat berbentuk padat, rapuh, memiliki warna coklat tua hingga hitam, dapat terbakar (Irwandy, 2014). Perusahaan tambang batubara dalam setiap proses kegiatannya menghasilkan air berupa air tambang. Pentingnya melakukan pengelolaan air tambang yang dilakukan oleh perusahaan tambang untuk meminimalkan dampak negatif terhadap kesehatan manusia dan lingkungan sekitar.

Air tambang adalah air yang berasal dari lokasi tambang yang proses terbentuknya dipengaruhi oleh kandungan mineral-mineral yang ada di lokasi tambang (Desiana dkk., 2022). Salah satunya air tambang dengan konsentrasi TSS yang tinggi. Hal ini terjadi karena tekstur tanah di lokasi adalah lempung pasir yang memiliki sifat sulit mengendap setelah tercampur air. Menurut Utama (2022), butiran yang dengan ukuran besar akan lebih mudah mengendap dibandingkan butiran dengan ukuran lebih halus

(lempung) butuh waktu lama untuk mengendap. Kondisi Pit K1-1 memiliki karakteristik air tambang dengan konsentrasi TSS yang tinggi, pengelolaan yang telah dilakukan dengan membuat kolam pengendapan dan penambahan koagulan tawas untuk mengendapkan padatan. Material TSS yang berupa pasir halus dan lumpur terbentuk oleh material erosi dari tanah (Mustofa, 2020). Pengelolaan air tidak berjalan optimal saat kondisi setelah hujan, karena konsentrasi nilai TSS yang meningkat dan material padatan sulit mengendap, serta air yang meluap keluar lubang bekas tambang. Maka perlu adanya bangunan pengaman dan pengatur air di Pit K1-1 yang berguna mengatur limpasan air yang masuk ke Pit K1-1.

Tanggul memiliki fungsi sebagai penahan air banjir atau luapan untuk air tidak langsung masuk ke dalam pit atau jalan, tanggul umumnya dibuat dengan melakukan penimbunan dan pemadatan material-material yang terdapat di lokasi tambang (Zulfahmi, 2011). Tanggul juga menjadi area timbunan di bagian sisi atau tengah jalan yang diperuntukkan sebagai penghenti atau penahan laju kecepatan alat angkut apabila terjadi insiden (Anwar dkk., 2020). Drainase menjadi media pembuangan massa air yang ada secara alami atau buatan melalui permukaan atau bawah permukaan dari suatu tempat (Abduh, 2018). Sistem drainase memiliki fungsi sebagai pengatur air yang mengalirkan untuk dapat menuju tempat tertentu, dan meminimalisir terjadi kerusakan lahan akibat dari erosi (Nasution dan Irawan, 2020).

Berdasarkan cakupan permasalahan yang terdapat di atas penulis tertarik melakukan penelitian mengenai perancangan tanggul dan drainase di Pit K1-1. Penelitian ini memiliki tujuan melalui perancangan tanggul dan drainase di Pit K1-1 dapat meminimalisir nilai konsentrasi TSS yang tinggi dan debit aliran yang masuk.

METODE

Penelitian dilakukan dengan survey dan pengamatan di lapangan untuk memperoleh data primer kemudian mencari data sekunder dan melakukan studi Pustaka terkait analisis dari data yang diperoleh dengan teori. Data primer yang dibutuhkan berupa luasan sumber penelitian, luas lubang bekas tambang, debit air limpasan, dan debit drainase. Data sekunder yang dibutuhkan berupa data Pit K1-1 dan curah hujan dalam sepuluh tahun terakhir. Selanjutnya data yang telah dikumpulkan diolah dengan metode matematis. Perolehan hasil disesuaikan dengan kriteria desain yang terdapat di peraturan Kepmen ESDM 1827 K tahun 2018. Metode pengumpulan data dilakukan untuk mendapatkan data yang diperlukan untuk perancangan drainase dan kolam pengendapan.

Pengolahan Data

Perhitungan Tanggul

Dalam perhitungan tanggul mempertimbangkan peraturan Kepmen ESDM 1827 K tahun 2018 yang menjelaskan untuk setiap jalan tambang memiliki tanggul pengaman yang berada di sisi luar badan jalan dengan tinggi minimal tiga per empat diameter roda kendaraan terbesar dan memperhitungkan potensi dari air limpasan yang dapat masuk ke dalam jalan. Maka memerlukan data tinggi roda kendaraan terbesar, material penyusun tanggul, kemiringan tanggul, dan panjang tanggul.

$$H \text{ Tanggul} = > \frac{3}{4} \text{ diameter roda kendaraan terbesar} \quad (1)$$

Keterangan :

H Tanggul : tinggi tanggul (m)

Perhitungan Debit Air Limpasan

Perhitungan Curah Hujan Rencana

Perhitungan curah hujan rencana membutuhkan langkah-langkah perhitungan berupa perhitungan rata-rata curah hujan, standar deviasi, dan faktor frekuensi periode ulang.

Rata – Rata Curah Hujan

Dalam menentukan rata-rata curah hujan menggunakan metode gumbell. Hal yang dibutuhkan berupa rata-rata curah hujan maksimum selama n tahun. Dasar dalam menentukan periode ulang hujan (PUH) menggunakan teori Kite (1971) dalam Danasla dkk., (2021) dalam analisis lereng tambang dan penimbunan adalah 5 tahun. Berikut rumus yang digunakan untuk perhitungan rata – rata curah hujan:

$$R_{\text{rerata}} = \frac{\Sigma Ri}{n} \quad (2)$$

Keterangan :

" ΣRi " : jumlah curah hujan maksimum dalam satu tahun dengan rentang n tahun

n : jumlah tahun

Penentuan Standar Deviasi (mm)

Cara menghitung standar deviasi dilakukan dengan rumus sebagai berikut:

$$S_n = \sqrt{\frac{\Sigma (Y_n - Y_{n\text{bar}})^2}{n-1}} \quad (3)$$

Keterangan :

S_n : standar deviasi

n : jumlah tahun

Y_n-Y_{nbar} : jumlah curah hujan maksimum dalam satu tahun dengan rentang n tahun – Rata–rata curah hujan

Faktor Frekuensi Periode Ulang n Tahun

Cara menghitung faktor frekuensi periode ulang dilakukan dengan rumus sebagai berikut:

$$K = \frac{(Y_t - Y_n)}{S_n} \quad (4)$$

Keterangan :

K : faktor frekuensi periode ulang

Y_t : *reduced variate*

Y_n : *reduced mean*

n : jumlah tahun

Curah Hujan Maksimum dalam 24 Jam

Cara menghitung curah hujan maksimum dilakukan dengan rumus sebagai berikut:

$$R_{24} = R_{\text{rerata}} + (K \times S_n) \quad (5)$$

Keterangan :

R_{rerata} : rata – rata curah hujan (mm)

K : faktor frekuensi periode ulang n tahun

S_n : standar deviasi

Intensitas Curah Hujan

Intensitas curah hujan berdampak terhadap limpasan permukaan terkhusus kemampuan tanah dalam melakukan infiltrasi. Nilai intensitas curah hujan yang melebihi kemampuan infiltrasi, maka aliran permukaan akan tinggi dengan akibat tingginya intensitas curah hujan (Marsudi dan Lufira, 2021). Cara menghitung intensitas curah hujan dilakukan dengan rumus sebagai berikut:

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{2/3} \quad (6)$$

Keterangan :

R24 : curah hujan maksimum dalam 24 jam (mm/jam)

t : waktu konsentrasi curah hujan (jam)

Debit Air Limpasan

Debit air limpasan adalah debit maksimum yang dialirkan melalui saluran drainase untuk mencegah terbentuknya genangan (Harahap dkk., 2020). Hal yang berpengaruh terhadap debit air limpasan seperti koefisien limpasan, intensitas hujan, dan luas daerah tangkapan. Koefisien limpasan berkaitan dengan beberapa faktor seperti keadaan hujan, kelembaban tanah, penggunaan lahan, kemiringan daerah pengaliran, dan bentuk atau luasan daerah pengaliran (Armus dkk., 2021). Daerah tangkapan air hujan menjadi area yang menerima, menyimpan dan mengalirkan curah hujan yang jatuh, mengalir dari hulu ke hilir (Naharuddin dkk., 2018). Tabel koefisien limpasan dapat dilihat pada Tabel 1. Perhitungan debit air limpasan dilakukan dengan rumus sebagai berikut:

$$Q = 0,2748 \times C \times I \times A \quad (7)$$

Keterangan :

Q : debit air limpasan (m³/detik)

C : koefisien limpasan

I : intensitas hujan (mm/jam)

A : luas daerah tangkapan (km²)

Tabel 1. Nilai Koefisien Limpasan (C)

Topografi, Ct		Tanah, Cs		Vegetasi, Cv	
Datar (<1 %)	0,03	Pasir dan Gravel	0,04	Hutan	0,04
Bergelombang (1-10%)	0,08	Lempung berpasir	0,08	Pertanian	0,11
Perbukitan (10-20%)	0,16	Lempung dan Lanau	0,16	Padang rumput	0,21
Pegunungan (>20%)	0,26	Lapisan batu	0,26	Tanpa tanaman	0,28
Koefisien C = Ct + Cs + Cv					

Sumber : Suripin (2004)

Perhitungan Drainase

Debit Drainase

Proses mengolah data debit drainase dipengaruhi oleh beberapa faktor. Faktor yang dimaksud berupa luas penampang basah, kemiringan dasar saluran, radius hidrolis, dan koefisien manning, Nilai koefisien kekasaran manning (n) dapat dilihat pada Tabel 2. Perhitungan debit aliran drainase dilakukan dengan rumus sebagai berikut::

$$Q_s = A_s \left(\frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \right) \quad (8)$$

Keterangan :

Q_s : debit aliran pada saluran drainase (m³/s)

A : luas penampang basah (m²)

S : kemiringan dasar saluran

R : radius hidrolis (m)

n : koefisien kekasaran manning

Tabel 1. Koefisien Kekasaran Manning (n)

No	Tipe Saluran	Kekasaran Manning
1	Besi tulang dilapis	0,014
2	Kaca	0,010
3	Saluran beton	0,013
4	Bata dilapis mortar	0,015
5	Saluran tanah bersih	0,022
6	Pasangan batu disemen	0,025
7	Saluran tanah	0,030
8	Saluran dengan dasar batu dan tebing rumput	0,040
9	Saluran pada galian batu cadas	0,040

Sumber : Triatmodjo (2008)

Dimensi Drainase

Kedalaman aliran

Nilai kedalaman aliran diperoleh melalui perhitungan debit aliran drainase yang telah dihitung.

$$\text{Kedalaman aliran} = y \quad (9)$$

Lebar Muka Air

Nilai lebar muka air dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Lebar muka air} = \frac{4}{\sqrt{3}} y \quad (10)$$

Lebar Dasar Saluran

Nilai lebar dasar saluran dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Lebar dasar} = \frac{2}{\sqrt{3}} y \quad (11)$$

Tinggi Jagaan

Nilai tinggi jagaan dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Tinggi jagaan} = 25\% \times y \quad (12)$$

Lebar permukaan saluran

Nilai lebar permukaan saluran dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Lebar drainase} = \text{lebar muka air} + \left(2 \times \left(\frac{\text{tinggi jagaan}}{\tan 60^\circ} \right) \right) \quad (13)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

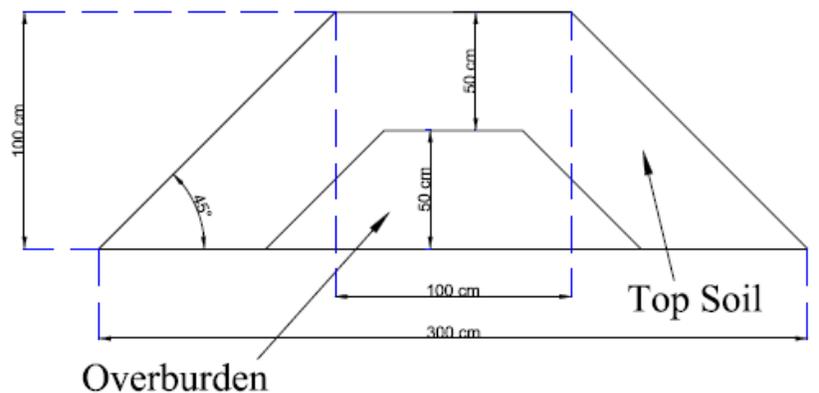
Rancangan Tanggul

Hasil perolehan data mengenai ketinggian ban kendaraan sebesar 1,3 meter yang terdapat di lokasi penelitian. Tanggul berfungsi sebagai bangunan pengaman. Keberadaan tanggul dapat menjadi penahan air atau dapat mencegah luapan air. kondisi lokasi penelitian ketika hujan mengalami luapan air yang mengalir keluar dari lubang bekas tambang. Pembuatan tanggul dapat meminimalisir konsentrasi TSS yang bersumber dari pit K1-1. Pembentukan tanggul mempertimbangkan beberapa aspek berupa tinggi, lebar, kemiringan. Material penyusun tanggul akan dibentuk oleh top soil dan overburden. Panjang tanggul dibuat sebesar 1,584 km yang mengelilingi lubang bekas tambang. Rancangan mengenai dimensi tanggul dapat dilihat pada Tabel 3 dan untuk desain tanggul dapat dilihat melalui Gambar 1.

Tabel 3. Rancangan Dimensi Tanggul Pit K1-1

Desain Tanggul	Ukuran
Lebar Atas Permukaan	100 cm
Tinggi Top Soil	50 cm
Tinggi Overburden	50 cm
Lebar Dasar Permukaan	300 cm
Kemiringan	45°

Sumber: Penulis (2023)



SKALA 1 : 30

Gambar 1. Desain Rancangan Tanggul Pit K1-1 dengan skala 1:30

Sumber: Penulis (2023)

Rancangan Drainase

Hasil yang diperoleh melalui perhitungan rata-rata curah hujan dalam waktu sepuluh tahun terakhir adalah 82,85 mm/hari. Hasil curah hujan harian rencana maksimum sebesar 91,52 mm/hari. pemilihan curah hujan rencana didasarkan dengan tahun PUH (Periode Ulang Hujan) selama waktu 5 tahun, maka menghasilkan intensitas curah hujan sebesar 31,73 mm/jam. Luasan daerah aliran merupakan bagian dari area pit K1-1 yang menjadi sumber aliran limpasan di lokasi penelitian. Luasan daerah tangkapan

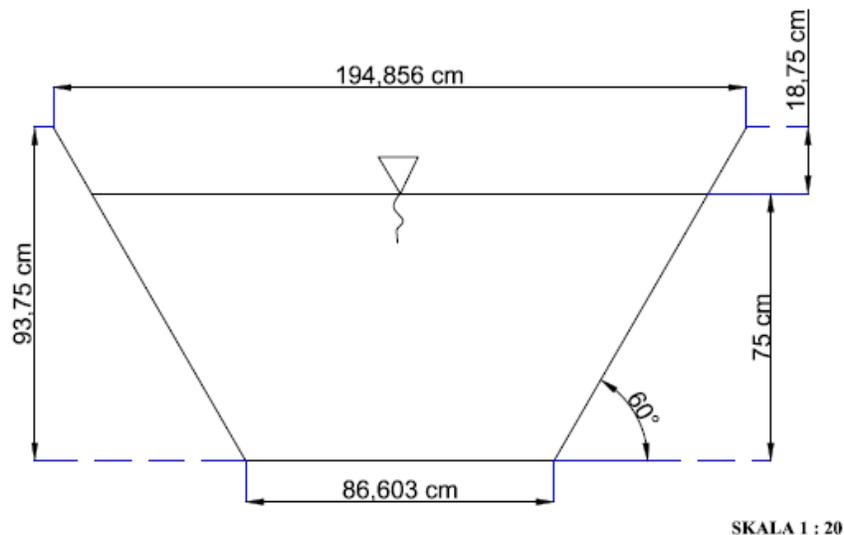
hujan sebesar $0,51 \text{ km}^2$. Nilai koefisien limpasan memiliki rerata $0,445$. Maka debit air limpasan di lokasi penelitian sebesar $0,949 \text{ m}^3/\text{s}$

Pembuatan saluran drainase memiliki tujuan untuk mengatur air yang tertahan oleh tanggul yang dibuat kemudian dialirkan ke lubang bekas tambang. Drainase juga dibentuk mengelilingi lubang bekas tambang dengan Panjang sebesar $1,584 \text{ km}$. Drainase dibentuk dengan saluran tanah yang memiliki nilai koefisien kekasaran sebesar $0,3$. Pembentukan drainase dibentuk berupa trapesium mempertimbangkan cara pembuatan, efisiensi, dan perawatan. Rancangan mengenai dimensi drainase dapat dilihat pada Tabel 4 dan untuk desain tanggul dapat dilihat melalui **Gambar 2**. Titik lokasi penempatan tanggul dan drainase dapat dilihat pada **Gambar 3**. Tanggul dan drainase ditempatkan secara bersebelahan dalam bentuk 3D dapat dilihat melalui **Gambar 4**.

Tabel 4. Rancangan Dimensi Drainase

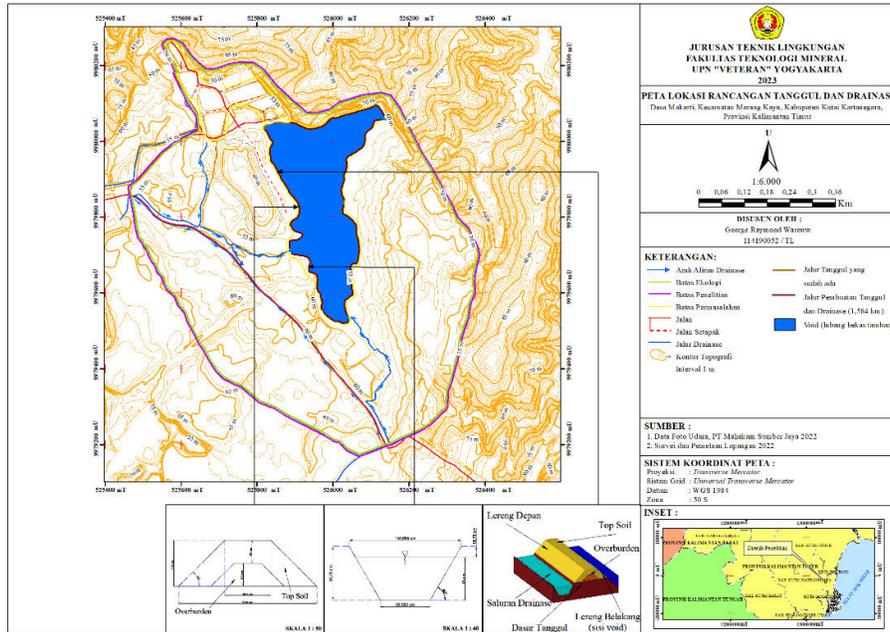
Desain Drainase	Ukuran
Koefisien manning	0,03
Kemiringan dasar saluran	0,005
Kedalaman aliran	75 cm
Lebar muka air	173,205 cm
Lebar dasar saluran	86,603 cm
Tinggi jagaan	18,75 cm
Kemiringan dinding saluran	60°
Lebar permukaan saluran	194,856 cm

Sumber: Penulis (2023)



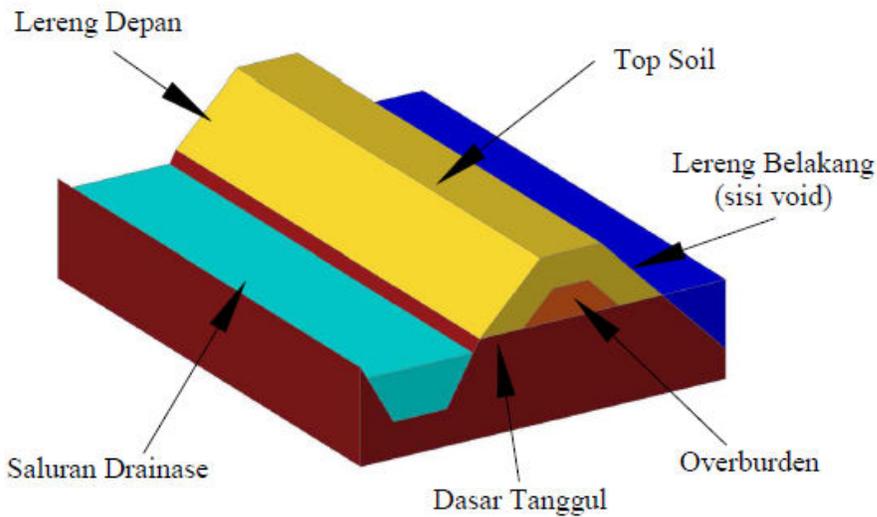
Gambar 2. Rancangan Desain Drainase Pit K1-1 dengan skala 1:20

Sumber: Penulis (2023)



Gambar 3. Peta Lokasi Rancangan Tanggul dan Drainase

Sumber: Penulis (2023)



Gambar 4. Tanggul dan Drainase Bersebelahan bentuk 3D dengan skala 1:100

Sumber: Penulis (2023)

KESIMPULAN

Rancangan tanggul dan drainase di lokasi penelitian di Pit K1-1 untuk meminimalisir konsentrasi TSS yang tinggi dan mengurangi luapan air. Tanggul yang dirancang memiliki dimensi tinggi 1 meter, lebar 3 meter, dan kemiringan 45°, tanggul dibuat dengan material top soil dan overburden. Drainase yang dirancang memiliki kedalaman aliran 75 cm, dengan lebar muka air 173,205 cm, lebar dasar saluran 86,603 cm, tinggi jagaan 18,75 cm, kemiringan dinding saluran 60°, lebar permukaan saluran 194,856

cm. Tanggul dan drainase dibuat mengelilingi pit K1-1 sepanjang 1,584 km. Drainase memiliki debit air drainase sebesar 0,949 m³/s.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis memberikan ucapan terimakasih kepada berbagai pihak yang telah terlibat dalam penyusunan dan pelaksanaan penelitian ini, terkhusus perusahaan yang telah memberikan izin untuk melakukan penelitian sehingga penulis dapat menyusun karya ilmiah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abduh, N. (2018). *Ilmu dan Rekayasa Lingkungan*. CV Sah Media.
- Anwar, H., Anshariah, Munir, A. S., Umar, E. P., Nurwaskito, A., dan Sanra, S. A. (2020). Evaluasi Geometri Jalan Angkut Tambang Dari Stockpile Tanjung Gunung Ke Pit Damar Selatan Pada Penambangan Batubara Di Pt Sebuku Iron Lateritic Ores (Silo) Kalimantan Selatan. *Jurnal GEOSAPTA*, 6(1), 1–11.
- Armus, R., Tumpu, M., dan Tamim, T. (2021). *Pengembangan Sumber Daya Air*. Yayasan Kita Menulis.
- Danasla, M. A., Kusuma, G. J., Tuheteru, E. J., dan Gautama, R. S. (2021). Hydrology model establishment of pit lake: Extreme event rainfall data analysis. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 882(012048), 1–10.
- Desiana, N., Ngatijo, dan Lagowa, M. I. (2022). Pengelolaan Air Limbah Tambang Dengan Metode Bioadsorpsi Menggunakan Karbon Aktif Tempurung Kelapa. *Jurnal Teknologi Mineral Dan Batubara*, 18(2), 97–103.
- Harahap, R., Jeumpa, K., dan Silitonga, E. M. (2020). *Drainase Pemukiman Prinsip Dasar & Aplikasinya*. Yayasan Kita Menulis.
- Irwandy, A. (2014). Batubara Indonesia. In *Gramedia pustaka utama*. Gramedia Pustaka Utama.
- Marsudi, S., dan Lufira, R. D. (2021). *Morfologi Sungai*. CV. Ae Media Grafika.
- Mustofa, A. (2020). *Pengelolaan Kualitas Air untuk Akuakultur*. UNISNU PRESS.
- Naharuddin, Harijanto, H., dan Wahid, A. (2018). *Buku Ajar Pengelolaan Daerah Aliran Sungai dan Aplikasinya Dalam Proses Belajar Mengajar*. UNTAD Press.
- Nasution, R. R., dan Irawan, A. B. (2020). Rancangan Teknik Reklamasi Penambangan Pasir dan Batu Di Dusun Banaran, Desa Keningar, Kec. Dukun, Kab. Magelang, Jawa Tengah. *Jurnal Ilmiah Lingkungan Kebumihan*, 2(2), 10–17.
- Suripin. (2004). *Pelestarian Sumber Daya Tanah dan Air*. Andi Offset.
- Triatmodjo, B. (2008). *Hidraulika II*. Beta Offset.
- Utama, D. A. (2022). *Pengaruh Penambahan Limbah Serbuk Kaca dan Gypsum Terhadap Nilai CBR dan Kuat Geser Pada Tanah Lempung*. Universitas Islam Indonesia.
- Zulfahmi. (2011). Analisis Stabilitas Tanggul, Desain Rawa dan Lereng Tambang Untuk Mendukung Operasi Penambangan Batubara di Berau Kalimantan Timur. *Jurnal Teknologi Mineral Dan Batubara*, 7(4), 157–173.