



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

Hanifa Octaviani*, Rusli Har

Departemen Teknik Pertambangan, Universitas Negeri Padang

Abstrak

Kegiatan menggunakan metode tambang bawah tanah memiliki resiko yang lebih tinggi dibandingkan pada tambang terbuka, maka dari itu salah satu hal yang harus dipertimbangkan pada kegiatan penambangan tambang bawah tanah adalah kondisi air tanah. Penambangan yang sedang berlangsung mengakibatkan potensi air tanah dalam jumlah yang besar masuk dan menggenangi di dalam tambang. Ketika musim hujan, air limpasan masuk ke dalam tambang melalui celah antar rekahan di dinding lubang tambang, *sump*, dan *void* penambangan. Berdasarkan permasalahan tersebut, tujuan dilakukannya penelitian ini adalah melakukan upaya penanganan genangan air di area penambangan yang dilakukan dengan perhitungan jumlah debit air total dari rekahan menggunakan metode *scanline* wadah dengan volume 400 ml, air tanah dalam *sump* dengan menghitung waktu dan tinggi air sebelum dan sesudah dilakukan pemompaan, dan air *void* penambangan dilakukan menggunakan wadah dengan volume 400 ml. Kemudian, menentukan dimensi saluran terbuka yang ekonomis berdasarkan debit air yang masuk ke lubang tambang level 7. Metode penelitian ini adalah menggunakan metode kuantitatif, dimana pengolah yang dilakukan berupa angka hasil dari pengukuran. Hasil analisis total debit air yang masuk ke dalam area penambangan sebesar 0,912 liter/detik sedangkan debit air yang keluar sebesar 0,064 liter/detik. Hasil perbandingan debit air yang masuk dengan debit air yang keluar tidak seimbang. Dimensi saluran terbuka yang ekonomis berbentuk trapesium dengan nilai **T** 18,74 cm, **B** 10 cm, **y** 7,54 cm, **m** 0,58, **a** 8,7 cm, **V** 8,42 cm/detik, dan **Q** 0,913 liter/detik.

Kata kunci: Tambang Bawah Tanah; *Mine Dewatering*; Debit Air; Saluran Terbuka Ekonomis.

Abstract

*Activities using underground mining methods have a higher risk than in open pit mines, therefore one of the things that must be considered in underground mining activities is groundwater conditions. Ongoing mining results in the potential for large amounts of groundwater to enter and stagnate in the mine. During the rainy season, runoff water enters the mine through the gaps between fractures in the walls of the mine pit, sumps, and mining voids. Based on these problems, the purpose of this research is to make efforts to handle waterlogging in the mining area carried out by calculating the total water discharge from fractures using the scanline method of a container with a volume of 400 ml, groundwater in the sump by calculating the time and height of water before and after pumping, and mining void water using a container with a volume of 400 ml. Then, determine the dimensions of an economical open channel based on the discharge of water entering the level 7 mine pit. This research method uses quantitative methods, where the processing is done in the form of numbers from measurements. The results of the analysis of the total water discharge entering the mining area were 0,912 liters / second while the outgoing water discharge was 0,064 liters / second. The results of the comparison of incoming water discharge with outgoing water discharge are not balanced. The dimensions of an economical open channel are trapezoidal with a value of **T** 18,74 cm, **B** 10 cm, **y** 7,54 cm, **m** 0,58, **a** 8,7 cm, **V** 8,42 cm/second, and **Q** 0,913 liters/second.*

Keywords: *Underground mines; Mine Dewatering; Water Discharge; Open Channels.*

*) Korespondensi: hanifaoctaviani@gmail.com

Diajukan : 14 Juni 2023

Diterima : 26 Oktober 2023

Diterbitkan : 18 Desember 2023

PENDAHULUAN

Pada masa yang akan datang penambangan dengan metode tambang terbuka sudah tidak dimungkinkan lagi untuk dilakukan, karena cadangan mineral dan batubara yang berada di permukaan semakin menipis. Oleh karena, itu dibutuhkan suatu metode untuk mendukung kegiatan penambangan dalam mengatasi endapan mineral dan batubara, salah satunya adalah menggunakan metode tambang bawah tanah. Pada masa yang akan datang, sistem penambangan bawah tanah akan menjadi suatu kecenderungan yang umum dan akan menjadi pilihan utama dalam eksploitasi mineral dan batubara. Metode penambangan tambang bawah tanah memiliki resiko yang lebih tinggi dibandingkan pada tambang terbuka, maka dari itu proses kegiatan penambangan harus lebih mempertimbangkan kondisi struktur geologi, kekuatan massa batuan, dan kondisi air tanah (Hartman, 1987).

Pada lokasi penelitian, perusahaan melakukan kegiatan pertambangan bijih emas dengan menggunakan metode tambang bawah tanah atau *Underground Mining*. Perusahaan ini memiliki 7 level lubang tambang. Saat ini, produksi bijih hanya dilakukan di lubang tambang level 6 dan 7, karena lubang tambang level 1 sampai 5 belum dieksplorasi. Aktivitas penambangan yang sedang berlangsung menyebabkan air tanah berpotensi masuk atau tergenang dalam jumlah yang signifikan di lantai lubang tambang. Terutama pada saat musim hujan di area penambangan, air hujan mengalir masuk ke dalam lokasi tambang melalui celah-celah antara lapisan rekahan di dinding lubang tambang. Keberadaan bidang-bidang diskontinu memiliki dampak yang signifikan terhadap aliran air tanah dan berperan dalam membentuk sistem lapisan air tanah yang terdiri dari rekahan-rekahan, seperti kekar dan zona hancuran pada batuan.

Kejadian banjir pada lubang tambang di lokasi penelitian, disebabkan karena akumulasi dari air tanah dengan debit air yang besar membentuk genangan air di lantai tambang. Dimana debit air tanah yang masuk berasal dari debit air tanah rekahan, debit air tanah *sump*, dan debit air *void*. Berdasarkan pengamatan yang telah dilakukan pada lubang tambang di lokasi penelitian, genangan air yang terdapat pada lubang tambang level 7 merupakan genangan air paling banyak. Hanya pada lubang tambang level 7 ini yang memiliki masalah disebabkan oleh rembesan air

tanah yang memasuki *front* penambangan. Pada lubang tambang level 6, genangan air tidak signifikan dan tidak mengganggu aktivitas penambangan. Maka dari itu genangan air pada lubang tambang level 6 tidak dikaji dalam penelitian ini. Banyaknya air yang masuk ke area penambangan membuat pekerja kesulitan, karena jumlah air tersebut tidak dapat dikeluarkan seluruhnya dari area penambangan. Genangan air yang cukup banyak dapat mengganggu aktivitas kerja di area pertambangan, mengurangi efisiensi waktu kerja dan mengakibatkan tidak tercapainya target produksi yang ditetapkan oleh perusahaan.

Berdasarkan permasalahan yang telah dijelaskan tersebut, diperlukan informasi debit air total yang berasal dari debit air rekahan (*fracture*), debit air tanah dalam sump, dan debit air *void*, kemudian melakukan perhitungan dimensi saluran terbuka yang ekonomis untuk mengalirkan air dari lubang tambang ke *settling pond*.

LOKASI PENELITIAN

Kesampaian Daerah

Wilayah Izin Usaha Pertambangan (WIUP) lokasi penelitian di Kabupaten Pesisir Selatan, Provinsi Sumatera Barat seluas 195 Ha. Dari Universitas Negeri Padang menuju lokasi penelitian bisa menggunakan jalur darat yang memerlukan waktu sekitar 3 jam perjalanan. Lokasi kegiatan operasi produksi perusahaan dapat ditempuh dari ibukota Kabupaten Pesisir Selatan (Painan) – Simpang Kecil Salido – lokasi penelitian. Perjalanan ditempuh melalui jalan provinsi, ± 1 km jalan provinsi dan ± 8 km jalan kabupaten beraspal. Peta kesampaian daerah penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.

Kondisi Geologi Daerah Penelitian

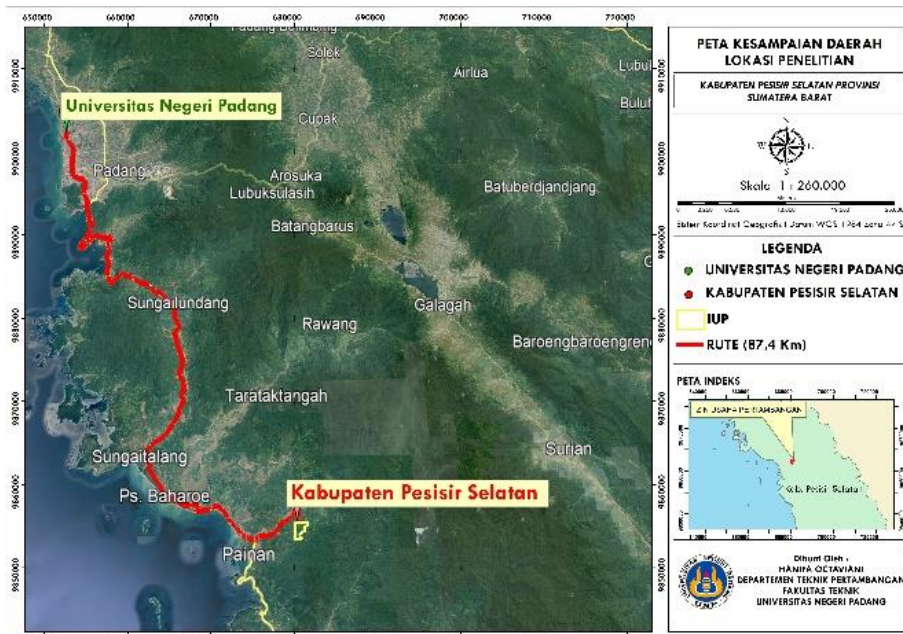
Berdasarkan litologi geologi daerah, kondisi stratigrafi daerah penelitian berada pada Formasi Painan, yang terdiri dari batuan vulkanik dengan sedikit batuan sedimen, distribusinya dapat dilihat pada Gambar 2. Batuan vulkanik tersusun atas lava, breksi, tuf kristalin, ignimbrit dan tuf menengah yang sebagian besar merupakan andesit-dasit. Tuf sela terdiri dari rombakan pecahan batuan beku andesit, lempung pasir, rijang, kalsit, kuarsa dan feldspar. Tufa kristal mengandung banyak feldspar dan kristal kuarsa, yang massa dasarnya merupakan gelas yang berubah menjadi mineral serisit dan lempung (Rizky, 2008). Berdasarkan struktur regional

Pulau Sumatera, struktur sesar dan struktur perlipatan (antiklinorium) dengan arah umum Barat Laut-Tenggara merupakan Struktur yang berkembang di Provinsi Sumatera Barat (Nazaruddin, 1986). Daerah studi terdapat di busur Sunda-Banda, sebuah zona magmatik sistem tektonik Sumatera. Zona tersebut terletak pada wilayah dataran rendah dan bergelombang dengan batuan dasar metamorf Pra-mesozoikum batuan dasar metamorf Mesozoikum, breksi

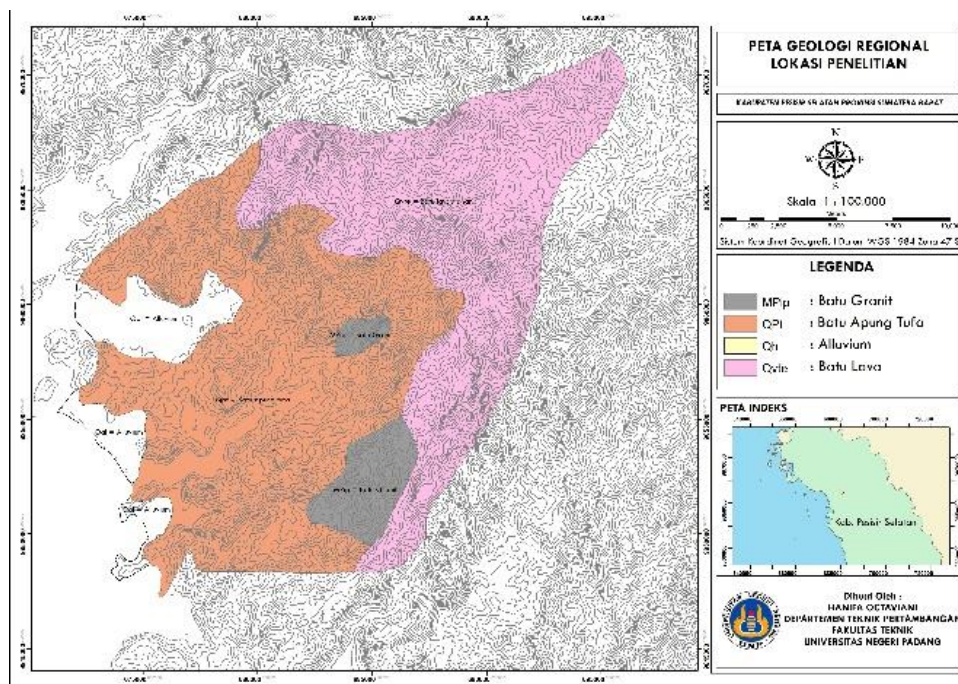
Mesozoikum hingga Kenozoikum dan batuan dasar vulkanik Tersier-Kuarter (Hamilton, 1979).

Struktur Geologi Dalam Hidrogeologi

Aliran air tanah di dalam rekahan dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti tekanan, suhu, kekerasan, geometri, dan faktor lainnya. Keberadaan dan karakteristik rekahan pada batuan dapat memberikan petunjuk mengenai



Gambar 1. Peta Kesampaian Daerah



Gambar 2. Peta Geologi Regional

bentuk dan ukurannya. Rekahan pada batuan dapat berfungsi sebagai saluran untuk aliran air. Analisis aliran pada batuan yang terkehkan dapat dilakukan secara efektif dengan menggunakan pendekatan diskontinuitas yang mengacu pada sistem hidrolika aliran di setiap rekahan secara individu (Prastistho dkk., 2018).

Air Tanah

Air tanah merupakan air yang berasal dari permukaan bumi yang meresap ke dalam lapisan tanah dan berpindah melalui ruang antara butiran-butiran tanah. Proses infiltrasi air dari permukaan bumi ini umumnya dimulai dengan meresap melalui lapisan tanah bagian atas, kemudian berlanjut dengan pergerakan air menuju zona tak jenuh (Schwenk, 1965). Dua faktor utama yang mempengaruhi kemampuan air bawah tanah untuk bertahan atau tetap tertahan, yaitu topografi dan struktur geologi (Wijaya, 2022).

Akuifer

Akuifer merujuk pada lapisan geologi yang jenuh dan permeabel yang berfungsi untuk menyimpan dan mengalirkan air di bawah gradien hidrolis yang normal. Secara hidrodinamik di alam ada 3 (tiga) pembagian sistem akuifer, yaitu akuifer Tertekan (*Confined Aquifer*), akuifer tidak tertekan (*Unconfined Aquifer*), dan akuifer Bocor (*Leaky Aquifer*). Tipe akuifer terdiri atas akuifer primer dan akuifer sekunder (Fetter, 2001).

Aliran Batuan Terekehkan

Jalur utama aliran fluida dalam batuan retak terletak pada bidang diskontinuitas berupa kekar yang saling terhubung, dengan blok batuan padat dianggap kedap air (Domenico dan Schwartz, 1998).

Sistem Penyaliran Tambang

Penyaliran tambang adalah suatu upaya yang diterapkan pada penambangan untuk mencegah, mengeringkan atau mengeluarkan air dalam jumlah yang berlebihan yang masuk ke daerah penambangan (Syarifuddin, 2017). Sistem penyaliran tambang juga dapat memperpanjang masa penggunaan peralatan dan menjaga kondisi kerja yang aman untuk mesin-mesin yang digunakan di area penambangan (Khusairi dan Kasim, 2018).

Penyaliran Tambang Bawah Tanah

Air dapat masuk ke area produksi penambangan melalui rembesan air tanah, sungai, hasil pengeboran, kegiatan filling, dan lain-lain. Untuk mencegah masuknya air tersebut, diperlukan perancangan sistem penyaliran tambang bawah tanah. Salah satu komponen utama dalam sistem penyaliran tersebut adalah debit air. Dengan mengetahui debit air yang ada, dapat dilakukan perancangan sistem penyaliran yang efektif untuk tambang bawah tanah (Indrawan dkk., 2014).

Debit Air Rekahan Scanline, Sump, dan Void

Pada lokasi penelitian, pengukuran debit air pada rekahan, debit air *sump*, dan debit air *void* dalam sistem penyaliran tambang bawah tanah dilakukan secara manual. Debit air dapat diestimasi menggunakan persamaan berikut ini (Te Chow dkk., 1985).

$$Q = \frac{V}{t} \quad (1)$$

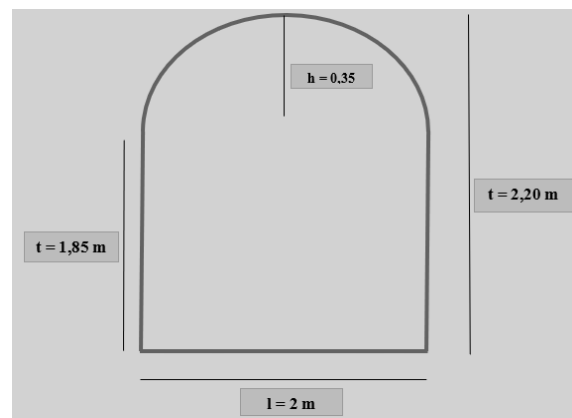
Dimana, Q Debit air (m^3 /menit); v Volume air (m^3); t waktu (detik).

Debit Air Rekahan Keseluruhan

Dalam pengukuran debit air rekahan secara keseluruhan, menggunakan persamaan rumus yang sesuai dengan jenis terowongan. Dimana pada lokasi penelitian, jenis terowongan yang digunakan adalah *arches*. Jenis terowongan *arches* dapat dilihat pada Gambar 3, dan dimensi terowongan *Arches* dapat dinyatakan dengan menggunakan persamaan berikut (Hartman dkk., 1961).

$$A = \left(\frac{1}{8}\right) \cdot \pi \cdot l^2 + \left(h - \frac{1}{2} \cdot l\right) \cdot l \quad (2)$$

$$K = \left[(l + 2(h) + \left(\frac{1}{2} \pi \cdot l\right)) \right] \quad (3)$$



Gambar 3. Terowongan *Arches* (Hartman dkk., 1961).

Debit air rekahan keseluruhan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$Q_{total} = \frac{Luas\ Terowongan}{Luas\ Scanline} \times Q_{scanline} \quad (4)$$

Dimana, **Q** Debit air (m³/menit); **A** Luas penampang (m²); **K** Keliling terowongan (m); **h** Tinggi selimut (m); **l** Tinggi terowongan

Saluran Terbuka Ekonomis

Untuk saluran terbuka dengan bentuk trapesium, dengan lebar dasar **B**, kedalaman air **y** dan kemiringan tebing atau kemiringan talut $\tan \alpha = \frac{1}{m}$, dimana Nilai $m = \frac{1}{\tan \alpha}$ adalah fungsi dari jenis tanah. Dimensi penampang yang dapat dikatakan efisien, yaitu apabila dapat mengalirkan debit aliran secara maksimum. Penampang ekonomis untuk saluran berbentuk trapesium, debit (**Q**) akan berharga maksimum apabila **V** maksimum. **V** akan berharga maksimum apabila **R** maksimum. **R** akan berharga maksimum apabila **P** minimum. Perhitungan dimensi saluran terbuka ekonomis menggunakan persamaan sebagai berikut (Te Chow dkk., 1985):

- a. Luas Penampang Basah (A)

$$A = (B + my)y \quad (5)$$

- b. Keliling Basah (P)

$$P = B + 2y\sqrt{1 + m^2} \quad (6)$$

- c. Jari-Jari Hidrolis (R)

$$R = \frac{A}{P} = \frac{(B+my)y}{B+2y\sqrt{1+m^2}} \quad (7)$$

- d. Kecepatan Rata-Rata Aliran (V)

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2} \quad (8)$$

- e. Debit Aliran (Q)

$$Q = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2} \cdot A \quad (9)$$

Dimana **B** lebar dasar saluran; **m** kemiringan tebing; **y** kedalaman air; **A** luas penampang basah; **P** keliling basah; **R** jari-jari hidrolis; **V** kecepatan rata-rata dan **Q** debit aliran.

METODOLOGI

Objek Penelitian

Adapun yang menjadi objek penelitian ini adalah adanya air yang masuk ke dalam *front* penambangan yang berasal dari air tanah. Ketika jumlah air yang masuk ke dalam *front* penambangan diketahui, maka perlu dilakukan kajian kembali dalam menangani maupun

mencegah air yang akan masuk ke dalam *front* penambangan. Informasi mengenai sebaran intensitas rekahan diperoleh dari pengambilan data secara akurat menggunakan metode *scanline*. Metode ini dilakukan dengan pembuatan garis lurus pada bidang-bidang kekar dan mencatat karakteristik kekar yang terpotong oleh garis tersebut, termasuk arah orientasi rekahan, *aperture*, panjang, isi rekahan, dan jarak antara rekahannya (Gambar 5).

Jenis Data dan Sumber Data

Data primer merupakan data yang diperoleh langsung di lapangan. Data primer yang digunakan pada penelitian ini berupa data diskontinuitas, yaitu: data jarak rekahan, kemenerusan rekahan (*strike and dip*), material pengisi rekahan, dan bentuk rekahan. Data debit air tanah rekahan yang digunakan untuk menghitung debit total air tanah yang masuk pada lubang tambang melalui celah antar rekahan. Kemudian data debit air tanah *sump* dan debit air void juga akan digunakan untuk menghitung debit total air tanah yang masuk pada lubang tambang level 7. Data dimensi saluran terbuka digunakan untuk merancang saluran air yang ekonomis sebelum air dialirkan dari lubang tambang ke *settling pond*.

Data sekunder adalah informasi terkait penelitian dari literatur dan arsip perusahaan. Data sekunder yang digunakan adalah peta lokasi penelitian, peta geologi, peta geomorfologi, litologi batuan, *layout* lubang tambang, dimensi lubang tambang.

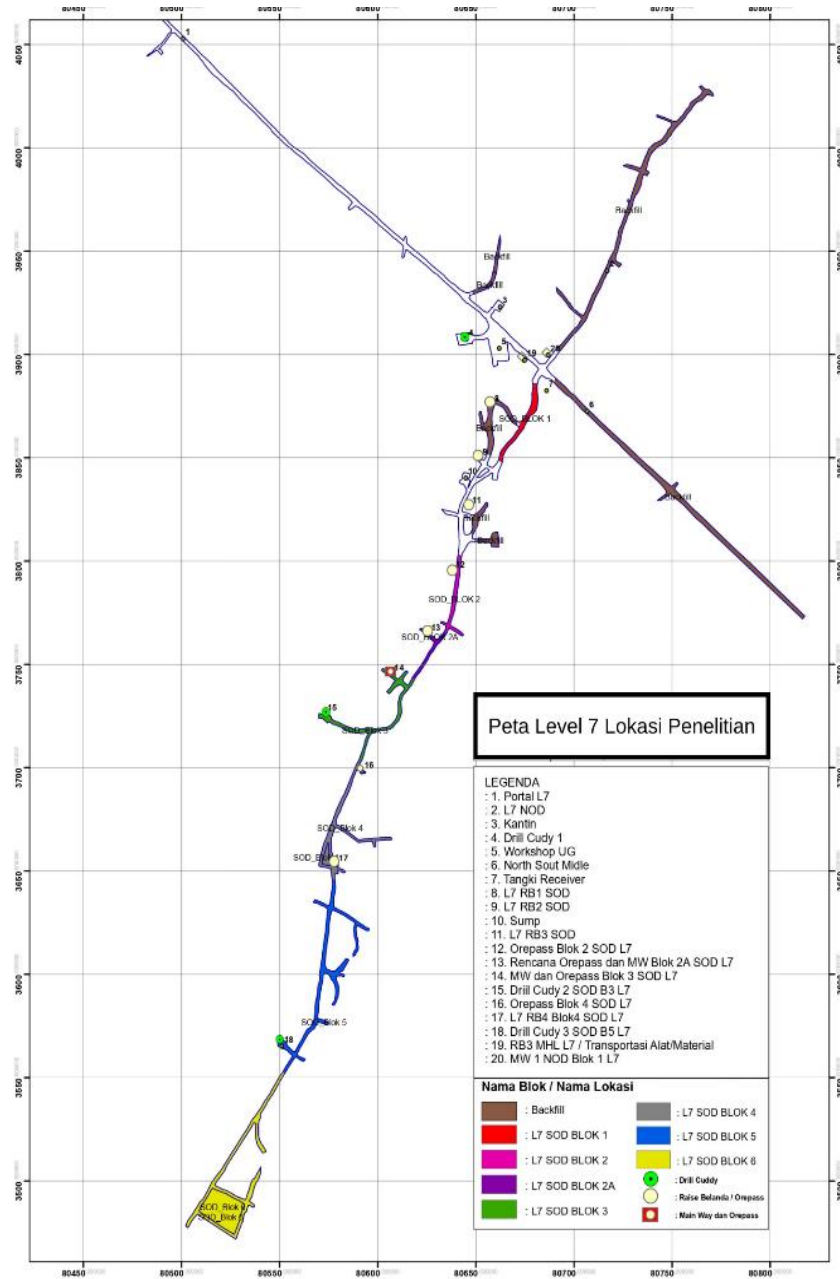
Teknik Pengumpulan Data

Orientasi Lapangan

Orientasi lapangan yang dilaksanakan adalah observasi langsung terhadap kondisi umum di lokasi penelitian secara visual seperti pengamatan terhadap kondisi rembesan air yang terdapat pada dinding lubang tambang dan genangan air yang cukup besar di lantai lubang tambang level 7 (Gambar 4). Selain itu, pemahaman bagaimana melakukan penelitian berdasarkan kondisi lapangan juga diperoleh dengan membaca literatur dan mengajukan pertanyaan kepada pekerja di lapangan.

Pengambilan Data Lapangan

Pengumpulan informasi atau data dilakukan untuk memberikan gambaran yang lebih lengkap mengenai topik yang diteliti seperti berikut:



Gambar 4. Layout Lubang Tambang Level 7



Gambar 5. Pengukuran arah orientasi kekar.

- Pengukuran Debit Air Rekanan**
Pengukuran debit air tanah rekahan dapat dilakukan dengan melakukan pengukuran pada rekahan yang mengalirkan air tanah dengan metode scanline per 10 meter menggunakan wadah. Wadah yang sebelumnya sudah diketahui volumenya, digunakan untuk menampung aliran air tanah. Selanjutnya, dihitung waktu yang dibutuhkan sampai wadah terisi penuh.
- Pengukuran Volume Air Sump**
Sump sebelumnya sudah diketahui luas penampangnya. Kemudian pengukuran dapat

dilakukan dengan menghitung waktu dan tinggi air sebelum dan sesudah dilakukan pemompaan.

- c. Pengukuran Debit Air *Void* Penambangan
Pengukuran debit air *void* merupakan pengukuran debit air pada lubang bukaan dari aktivitas penambangan seperti, *Chute*, *Raise*, *Orepass*, *Drilling*, dan *Backfill*. Pengukuran dilakukan dengan menampung aliran air yang keluar dari *void* menggunakan wadah berukuran 400 ml dan menghitung waktu pengisian wadah menggunakan *stopwatch*.
- d. Pengukuran Debit Air Saluran Terbuka
Pengukuran debit air pada saluran terbuka tempat mengalirnya aliran air keluar lubang tambang dilakukan dengan cara menampung aliran air menggunakan wadah berukuran 400 ml dan dihitung waktu pengisian wadah menggunakan *stopwatch*. Pengukuran ini dilakukan di beberapa titik sepanjang saluran berdasarkan perubahan bentuk saluran.

Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan terhadap data primer dan data sekunder yang telah didapatkan di lapangan, kemudian dilakukan perhitungan pengukuran debit air rekahan menggunakan wadah dengan volume tertentu. Proses menghitung seberapa banyak air yang mengalir pada satu rekahan, dilakukan dengan cara membiarkan wadah terisi penuh oleh air dan menghitung waktu yang diperlukan dalam mengisi wadah tersebut. Pengukuran debit air tanah pada *sump* dilakukan dengan menghitung waktu dan tinggi air sebelum dan sesudah dilakukan pemompaan (Gambar 6). Pengukuran debit air *void* dilakukan menggunakan wadah dengan volume 400 ml, kemudian membiarkan wadah terisi penuh oleh air dan menghitung waktu yang diperlukan dalam mengisi wadah tersebut menggunakan *stopwatch*. Kemudian, dilakukan analisis keseimbangan antara debit air total yang masuk ke dalam lubang tambang dengan debit air pada saluran terbuka aktual. Selanjutnya, menentukan dimensi saluran terbuka yang ekonomis berdasarkan debit air yang masuk ke lubang tambang level 7.

HASIL

Debit Total Air Rekahan (*Fracture*)

Pengukuran debit air rekahan dilakukan dengan pemetaan rekahan menggunakan metode *scanline* dengan pengamatan visual pada dinding

terowongan dan kemudian rekahan dapat dinyatakan dalam kondisi umum seperti air mengalir, menetes, lembab, dan kering. Debit air total rekahan secara keseluruhan pada lokasi penelitian adalah sebesar 0,25 liter/detik dengan luas terowongan sebesar 1401,6 m².

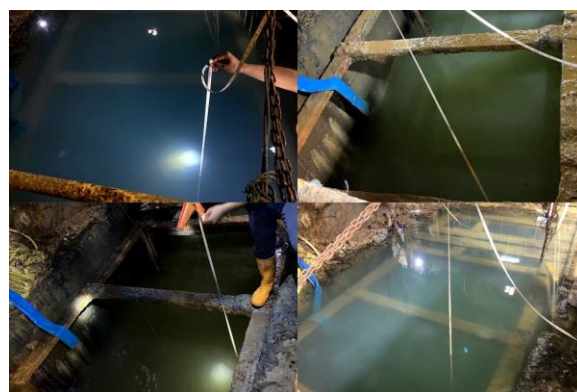
Debit Air *Sump* dan Air *Void* Penambangan

Pengukuran volume air *sump* dilakukan pada 2 shift kerja setiap hari selama satu bulan dengan mengukur tinggi air sebelum di pompa (h1) dan sesudah di pompa (h2). Volume dan debit air *sump* berkaitan dengan pengumpulan dan pengeluaran air dari suatu area pertambangan. Volume air *sump* adalah volume total air yang terkumpul di dalam *sump*, sedangkan debit air *sump* adalah volume air yang keluar dari *sump*.

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa rata-rata debit air *sump* adalah sebesar 0,585 liter/detik. Hasil pengukuran debit air dan dimensi *sump* dapat dilihat pada Tabel 1 dan Gambar 7. Analisis perhitungan debit air *void*, menunjukkan bahwa nilai debit air rata-rata *void* adalah sebesar 0,077 liter/detik yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Debit Air Saluran Terbuka Aktual

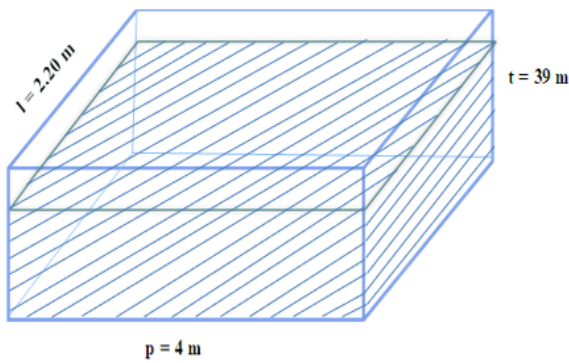
Pengukuran debit air saluran terbuka dilakukan dengan metode konvensional yaitu dengan cara menampung aliran air menggunakan wadah



Gambar 6. Pengukuran Tinggi Air *Sump*

Tabel 1. Debit Air *Sump*

No	Pengukuran	Debit Air (liter/detik)
1	Shift 1	0,413
2	Shift 2	0,172
Debit Air Total		0,585



Gambar 7. Dimensi Sump

Tabel 2. Debit Air Void Penambangan

No	Sumber Air	Titik	Debit Air (liter/detik)
1	Orepass	1	0,060
		2	0,024
		3	0,032
		4	0,020
2	Chute	1	0,004
		2	0,004
		1	0,055
		2	0,070
3	Raise	3	0,013
		4	0,069
		5	0,110
		6	0,034
4	Drill	1	0,339
		2	0,263
		3	0,095
5	Backfill		0,044
Debit Air Total			1,235
Rata - Rata			0,077

Tabel 3. Debit Air Saluran Terbuka Aktual

Titik	Debit Air (liter/detik)
1	0,091
2	0,062
3	0,051
4	0,068
5	0,059
6	0,055
Total Debit Air	0,387
Rata - Rata	0,064

berukuran 400 ml dan dihitung waktu pengisian wadah menggunakan stopwatch pada 6 titik yang ditentukan berdasarkan perubahan bentuk saluran. Hasil pengukuran debit air saluran terbuka digunakan untuk memonitoring ketersediaan air di daerah penambangan dan menentukan ukuran saluran terbuka yang ekonomis untuk mengalirkan air secara optimal.

Hasil perhitungan jumlah debit air rata-rata pada saluran terbuka adalah sebesar 0,064 liter/detik yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Perbandingan Debit Air Total yang Masuk dan Debit Air Total Keluar Pada Lubang Tambang

Dari hasil perhitungan keseluruhan sumber air yang masuk ke dalam lubang tambang pada lokasi penelitian, didapatkan jumlah debit air total adalah sebesar 0,912 liter/detik atau sama dengan 78.796,8 liter/hari yang berasal dari rekahan – rekahan (*fractures*), *Sump*, dan *Void* penambangan. Hasil perhitungan debit air pada saluran terbuka yang merupakan tempat mengalirnya aliran air keluar adalah sebesar 0,064 liter/detik atau sama dengan 5.529,6 liter/hari.

Dimensi Saluran Terbuka Ekonomis

Saluran terbuka berbentuk trapesium, hal ini dimaksudkan agar dapat mengalirkan debit air yang masuk menggunakan gaya gravitasi. Selain itu bentuk penampang trapesium ini mudah dalam pembuatan dan perawatannya. Material pada dinding saluran adalah batuan andesit yang merupakan batuan beku ekstrusif struktur masif dengan tekstur batuan yang halus dan ukuran butir yang seragam. Nilai koefisien kekasaran (koefisien *manning*) dari material pada dinding.

Saluran di lokasi penelitian adalah sebesar 0,035. Diketahui debit air masuk pada lubang tambang lokasi penelitian adalah sebesar 0,912 liter/detik, Debit air keluar dari saluran terbuka aktual adalah sebesar 0,064 liter/detik. Maka dari itu, perlu dilakukan perhitungan dimensi saluran terbuka yang ekonomis untuk dapat mengalirkan debit air yang masuk pada lubang tambang lokasi penelitian. Perhitungan dimensi saluran terbuka berbentuk trapesium dengan luas penampang optimum dan mempunyai sudut kemiringan dinding saluran sebesar 60°, maka:

$$m = \frac{1}{\tan \alpha} = \frac{1}{\tan 60^\circ} = 0,58$$

Nilai lebar dasar saluran (B) diasumsikan yaitu B = 1 dm, nilai gradient kemiringan saluran (I) sesuai dengan ketinggian elevasi saluran pada lubang tambang yaitu 0,3% dan nilai kedalaman air (y) menggunakan perhitungan metode iterasi, yaitu y = 0,754 dm. Maka untuk menentukan dimensi pada saluran terbuka yang ekonomis menggunakan perhitungan dengan rumus pada Persamaan 5 - 9. Hasil perhitungan dimensi saluran terbuka didapatkan Lebar Puncak Saluran

sebesar 1,87 dm, Panjang Miring Saluran 0,87 dm, Penampang Basah Saluran 1,084 dm², Keliling Basah Saluran 2,87 dm. Jari-Jari Hidrolik Saluran 0,395 dm Kecepatan Aliran Saluran 0,842 dm/detik, Debit Air Saluran 0,913 dm³/detik.

PEMBAHASAN

Secara geologi, daerah penelitian disusun oleh batuan vulkanik pada zaman tersier – kuartar yang termasuk dalam Formasi Painan. Litologi batuan pada lokasi penelitian terdiri atas batuan lava, tuf dan tuf kristalin yang sebagian besar merupakan susunan dari batuan andesit-dasit. Batuan lava dan tuf merupakan rombakan pecahan dari batuan beku andesit, lempung pasir, rijang, kalsit, kuarsa dan feldspar (Rosidi, 1996 dalam Rizky, 2008).

Kondisi geologi pada daerah penelitian juga terdapat struktur geologi berupa kekar yang intensif. Keberadaan rekahan berupa kekar di lokasi penelitian menyebar dalam jumlah yang signifikan. Kekar pada batuan terbentuk karena adanya tekanan atau tegasan pada batuan. Tekanan tersebut dapat berasal dari banyak faktor, seperti deformasi geologi, gaya tektonik, perubahan temperatur, atau perubahan tekanan air di dalam batuan. Kekar pada batuan dapat terbentuk pada skala yang berbeda, dari rekahan kecil hingga rekahan besar (Hutasoit dkk., 2010).

Di lokasi penelitian, terdapat aliran sungai yang besar dan menjadi salah satu sumber air yang masuk ke dalam lubang tambang. Hubungan antara struktur geologi dan hidrogeologi mempengaruhi proses ini, di mana air permukaan yang meresap akan berubah menjadi air tanah dan disimpan di dalam batuan sebagai media penyimpanan, serta mengalir melalui rekahan-rekahan.

Spasi rekahan yang terdapat pada lokasi penelitian termasuk pada golongan lebar yaitu sebesar 112 – 125 cm. Besarnya nilai bukaan rekahan rata-rata yang diukur pada lokasi penelitian adalah antara 1,7–2,9 mm yang termasuk pada golongan klasifikasi Terbuka hingga sangat terbuka (*gapped*). Panjang rekahan rata-rata lokasi penelitian memiliki tingkat presistensi Rendah yaitu sebesar 1,4 meter. Umumnya material pengisi rekahan pada lokasi penelitian adalah mineral kuarsa.

Dari hasil pengamatan yang telah dilakukan, lokasi penelitian memiliki struktur rekahan yang

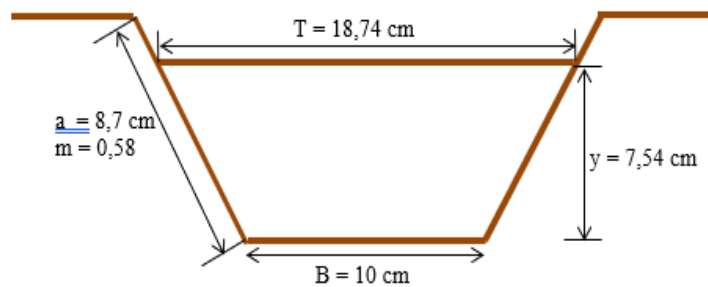
intensif, dimana rekahan – rekahan pada dinding terowongan memiliki intensitas yang cukup banyak dengan jarak yang cukup dekat, sehingga memiliki kemampuan untuk mengalirkan air dengan baik.

Banyaknya rekahan pada lubang tambang di lokasi penelitian merupakan jenis akuifer sekunder dan berperan sebagai sumber air tanah yang mengalir ke *front* penambangan. Untuk mengetahui jumlah air yang masuk melalui rekahan, dilakukan pengukuran langsung di lapangan pada dinding *foot wall* dan *hanging wall* lubang tambang Level 7. Hasil perhitungan debit air mengalir dan menetes pada rekahan dinding lubang tambang *foot wall* dan *hanging wall* adalah sebesar 0,05155 liter/detik. Dan jumlah debit air total rekahan secara keseluruhan pada lubang tambang adalah sebesar 0,25 liter/detik.

Debit air tanah pada *sump* adalah sebesar 0,585 liter/detik, dan diketahui bahwa penggunaan air pada *Shift* 1 lebih banyak daripada *Shift* 2. Hal ini disebabkan karena pada *Shift* 1, air *sump* digunakan untuk pemboran eksplorasi, *backfilling* dari pabrik, *washing ore*, dan pemboran *heading*. Pada *Shift* 2 penggunaan air *sump* hanya untuk pemboran eksplorasi dan *washing ore*.

Sumber air yang terdapat pada lokasi penelitian selain dari rekahan dan *sump* juga berasal dari *void* yang merupakan lubang bukaan dari aktivitas penambangan seperti, *Orepass* yang merupakan lubang bukaan vertikal digunakan sebagai jalur penumpahan *ore*. *Chute*, lubang corong untuk penumpahan *ore* dengan gaya gravitasi. *Raise*, lubang vertikal yang dibuat dari level bawah ke level atas untuk menghubungkan level lubang tambang yang berbeda. *Drilling*, proses pemboran atau pembuatan lubang di dalam batuan menggunakan mesin bor, dan *Backfill* adalah proses mengisi ulang lubang bekas penambangan dengan limbah pabrik. Debit air *void* penambangan yang dihasilkan adalah sebesar 0,077 liter/detik.

Debit air pada saluran terbuka aktual, yang merupakan tempat aliran air keluar dari lubang tambang Level 7 ke *settling pond* adalah sebesar 0,064 liter/detik. Hasil perbandingan debit air yang masuk dengan debit air yang keluar melalui saluran terbuka pada lokasi penelitian tidak seimbang, dikarenakan debit air yang masuk ke dalam lubang tambang lebih besar dibandingkan dengan debit air yang keluar. Maka dari itu, perlu dilakukan rancangan ulang pada dimensi saluran



Gambar 8. Dimensi Saluran Terbuka Ekonomis.

terbuka yang ekonomis untuk dapat menampung dan mengalirkan seluruh debit air yang masuk ke dalam lubang tambang.

Menurut Te Chow dkk. (1985), dalam merancang saluran terbuka yang tahan terhadap erosi, prinsip saluran terbuka ekonomis berlaku. Prinsip ini menyatakan bahwa debit maksimum dari suatu saluran terbuka akan tercapai saat nilai $R = A/P$ mencapai nilai maksimum. Dengan kata lain, untuk mencapai debit tertentu, luas dimensi saluran terbuka harus dijaga pada nilai minimum agar lebih ekonomis. Dari hasil perhitungan dimensi saluran terbuka yang ekonomis, penulis membuat sketsa dari bentuk saluran terbuka ekonomis ditunjukkan pada Gambar 8.

KESIMPULAN

Hasil perhitungan debit air pada rekahan dengan *scanline* di dinding lubang tambang *foot wall* dan *hanging wall* adalah sebesar 0,05155 liter/detik dan debit air total rekahan secara keseluruhan pada lubang tambang adalah sebesar 0,25 liter/detik.

Nilai rata-rata debit air *sump* adalah sebesar 0,585 liter/detik dan nilai debit air rata-rata *void* penambangan adalah sebesar 0,077 liter/detik.

Jumlah debit air total yang masuk ke area penambangan lubang tambang level 7 adalah sebesar 0,912 liter/detik atau sama dengan 78.796,8 liter/hari yang berasal dari *fractures*, *Sump*, dan *Void* penambangan. Hasil perhitungan debit air pada saluran terbuka yang merupakan tempat mengalirnya aliran air keluar adalah sebesar 0,064 liter/detik atau sama dengan 5.529,6 liter/hari.

Diketahui debit air masuk pada lubang tambang lokasi penelitian tidak seimbang dengan debit air keluar dari saluran terbuka aktual. Maka dari itu, perlu dilakukan perhitungan dimensi saluran terbuka yang ekonomis untuk dapat mengalirkan debit air yang masuk pada lubang

tambang lokasi penelitian berdasarkan dimensi saluran berbentuk trapesium dengan nilai lebar puncak 18,74 cm, lebar dasar 10 cm, kedalaman hidrolis 7,54 cm, kemiringan dinding saluran 0,58 dengan nilai panjang miring 8,7 cm, dan kecepatan aliran sebesar 8,42 cm/detik. Dari hasil perhitungan dimensi saluran terbuka tersebut, dapat mengalirkan debit air sebesar 0,913 liter/detik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan rasa terimakasih kepada Departemen Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang, Perusahaan Tambang Lokasi Penelitian di Kabupaten Pesisir Selatan.

DAFTAR PUSTAKA

- Domenico, P.A., & Schwartz, F.W., 1998. *Physical and chemical hydrogeology*. New York: Wiley.
- Fetter, C.W., 2001. *Applied Hydrogeology 4th edition*. New Jersey: Prantice-Hall. Inc.
- Hamilton, W.B., 1979. *Tectonics of the Indonesian region (Vol. 1078)*. US Government Printing Office.
- Hartman, H.L., 1987. *Handbook Introductory Mining Engineering*. Amsterdam: Wiley.
- Hartman, H.L., Mutmanský, J. M., Ramani, R. V., Wang, Y. J., 1961. *Mine ventilation and air conditioning*. John Wiley & Sons.
- Hutasoit, L.M., Daryono, M.R., Widodo, L.E., & Syaifullah, T., 2010. Distribusi Vektor Aliran Air Tanah Dua Dimensi dalam Media Rekahan di Big Gossan, Tembagapura, Papua. *Jurnal Teknik Sipil ITB*, 17(2), 91-102.
- Indrawan, D., Pudjihardjo, H., Hidajat, W.K., Purnama, Y., 2014. Deliniasi Sebaran Nilai Permeabilitas Sekunder untuk Potensi Aliran Airtanah pada Tambang Bawah Tanah Kubang Cicau PT. Aneka Tambang Tbk Lokasi Ramp Down, Pongkor, Kabupaten

- Bogor, Jawa Barat. *Geological Engineering E-Journal*, 6(1), 47-63.
- Khusairi, A.R. dan Kasim, T., 2018. Kajian Teknis Sistem Penyaliran Tambang pada Tambang Terbuka Batubara PT. Nusa Alam Lestari, Kenagarian Sinamar, Kecamatan Asam Jujuhan, Kabupaten Dharmasraya. *Bina Tambang*, 3(3), 1202-1212.
- Nazaruddin, R. 1986. *Geomorfologi Indonesia*. Discussion Paper. FIS UNP, Padang.
- Prastitho, B., Pratiknyo, P., Rodhi, A., Prasetyadi, C., Massora, M.R., Munandar, Y. K., 2018. *Hubungan Struktur Geologi dan Sistem Air Tanah*. LPPM UPN "Yogyakarta" Press.
- Rizky, R., 2008. *Geologi Dan Endapan Batubara Daerah Surantih Kabupaten Pesisir Selatan, Sumatera Barat*. Skripsi. Teknik Geologi, Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumian, Institut Teknologi Bandung.
- Schwenk, T., 1965. *Sensitive Chaos: The creation of flowing forms in water and air*. Rudolf Steiner Press.
- Syarifuddin, S., Widodo, S., dan Nurwaskito, A., 2017. Kajian Sistem Penyaliran pada Tambang Terbuka Kabupaten Tanah Bumbu Provinsi Kalimantan Selatan. *Jurnal Geomine*, 5(2).
- Te Chow, V., Suyatman, Sugiharto, K., dan Rosalina, N., 1985. *Hidrolika Saluran-terbuka (Open Channel Hydraulics)*. Jakarta: Erlangga.
- Wijaya, P. 2022. *Analisis Hidrogeologi Pada Batuan Terkekarkan Di Tambang Bawah Tanah Blok Cibitung PT. Cibaliung Sumberdaya* Disertasi. Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta.