

**OPTIMASI GIS: PEMETAAN AKUMULASI AIR PADA  
LOW WALL PIT A, PT BUKIT ASAM, TBK.****GIS OPTIMIZATION: WATER ACCUMULATION MAPPING  
IN LOW WALL PIT A, PT BUKIT ASAM, TBK.**A.F.H. Surbakti<sup>1</sup>, E.W.D. Hastuti<sup>2</sup>, Y.Z. Rochmana<sup>3</sup>, R.G. Utamaputra<sup>4</sup>, J. Ersyari<sup>5</sup>, R.D. Chen<sup>6</sup><sup>1-3</sup>Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya<sup>4-6</sup>Satuan Kerja Eksplorasi dan Geoteknik, PT. Bukit Asam, Tbk.e-mail: \*[fransamsal@gmail.com](mailto:fransamsal@gmail.com)**ABSTRAK**

Aktivitas penambangan batubara terutama pada sistem tambang *open pit* dan *open cut* kerap kali menimbulkan masalah pada akumulasi air yang terbentuk di permukaan. Genangan air menjadikan lereng tanah jenuh dan sering menjadi pemicu lorotan material dari dinding tambang terutama pada bagian *low wall*. Pemetaan dioptimalkan guna mengidentifikasi akumulasi dan jalur air yang terbentuk pada *low wall* Pit A. Sehingga dapat dilakukan pemodelan aliran air dalam rekomendasi geoteknik dan pengendaliannya agar tidak terjadi penenuhan (*saturated*). Pemetaan dilaksanakan berdasarkan hasil survei dengan akurasi satu meter dengan *Geographic Information System* (GIS) dengan *hydrogeology tools*, pengecekan kondisi aktual, perhitungan volume air hujan infiltrasi serta *run-off* berdasarkan curah air hujan dan *material properties* di Pit A. Data curah hujan sejak Januari hingga Desember 2021 menampilkan angka dengan interval 83,0 hingga 507,5 mm. Analisis laboratorium menunjukkan nilai *void ratio* batuan *low wall* berupa lempung pasir sebesar 0,53 sedangkan nilai porositas 34,14% di Pit A. Berdasarkan kajian GIS merepresentasikan volume akumulasi air total pada *low wall* adalah 764.348,41 m<sup>3</sup> yang terdiri dari 404.705,544 m<sup>3</sup> air infiltrasi sedangkan 359.642,875 m<sup>3</sup> merupakan aliran *run off*. Hasil ekstraksi dengan GIS terbukti lewat keadaan aktual yang ditemukan di *low wall* Pit A dengan ditemukannya akumulasi serta aliran air. Pengamatan akumulasi air pada *low wall* Pit A ini diharapkan mengurangi potensi lereng yang jenuh sehingga muaranya adalah kestabilan lereng saat proses optimasi batubara.

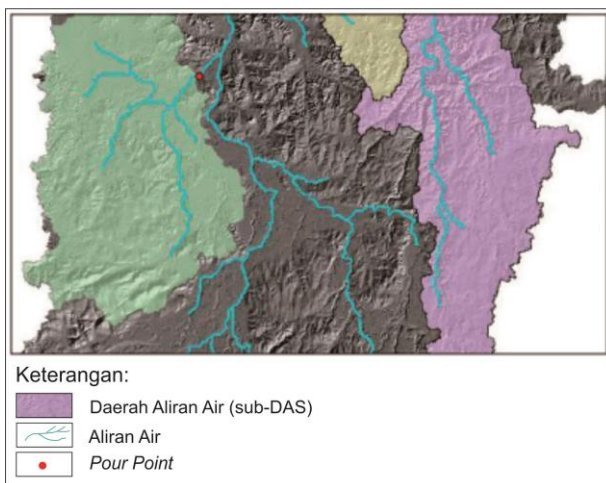
**Kata kunci:** Akumulasi Air, Curah Hujan, *Low wall*, GIS**ABSTRACT**

*Coal mining activities, especially in open-pit & open-cut systems, often cause obstacles in the accumulation of water on the surface. Puddle of water triggers the slopes of the soil saturated and makes material failure from the Pit, especially in the low walls. The mapping is optimized to identify accumulations and water path formed in the low wall Pit A. So that water flow modelling can be carried out in geotechnical recommendations and its control so that it does not occur saturation. The mapping is done based on survey results with an accuracy of one meter using Geographic Information System (GIS) with hydrogeology tools, checking existing conditions, calculating the volume of rainwater infiltration as well run-off based on rainfall and material properties in Pit A. Rainfall data from January to December 2021 shows numbers with an interval of 83.0 to 507.5 mm. Laboratory analysis presents the value of the void ratio of low wall material in the form of sandy-clay is 0.53 meanwhile the porosity value is 34.14% in Pit A. Based on the GIS study, the total volume of water accumulation on the low wall is 764,348.41 m<sup>3</sup> consisting of 404,705,544 m<sup>3</sup> of infiltration water while 359,642,875 m<sup>3</sup> is run-off flow in surface. GIS extraction observation proves with the accumulation and flow of water in low wall Pit A. Observation of water accumulation in the low wall of Pit A have to reduce the potential for saturated slopes so that the end of the research is slope stability during the coal optimization production process.*

**Keywords:** Water Accumulation, Rainfall, Low wall, GIS

## PENDAHULUAN

Air menjadi isu yang krusial pada proses penambangan terutama pada galian tambang terbuka. Menurut Silwamba dan Chileshe (2015), air pada area tambang memberikan manfaat antara lain menekan debu yang terbentuk akibat proses penggalian, pendukung proses ekskavasi material *overburden* maupun batubara, serta membantu proses pemboran [1]. Namun di sisi lain, air yang terakumulasi membentuk genangan pada area tambang dapat membahayakan proses penambangan khususnya menjadi pemicu terjadinya longsor pada area lereng bukaan tambang [2];[3]. Akumulasi air merupakan kumpulan air yang terjebak pada suatu cekungan yang terbentuk karena perbedaan elevasi maupun kedalaman (Gambar 1). Akumulasi air ini penting dipahami sebagai studi awal dalam sebelum dilakukan pemodelan sistem penyaluran air di lokasi penambangan batubara.



**Gambar 1.** Distribusi akumulasi air menggunakan *watershed tools* di ArcMap [4].

Pemetaan akumulasi air pada suatu pit bertujuan mengidentifikasi diseminasi cekungan yang berpotensi menjadi cebakan. Pemetaan dapat dilakukan dengan mengoptimalkan pendekatan *Geographic Information System* (GIS). ESRI (2013) pernah melaksanakan pemetaan Daerah Aliran Sungai (DAS) di Pennsylvania mengoptimalkan integrasi *hydrology tools* dengan ArcGIS [4]. Distribusi akumulasi air sangat dipengaruhi oleh ketersediaan aliran air (*inflow*). Faktor-faktor seperti luas area *front*, elevasi penambangan, *rock mass*, titik penggalian, tanggul, dan keadaan cuaca dalam hal ini variabilitas hujan berimplikasi pada *inflow* yang terbentuk [5]

Pemetaan aliran air dioptimalkan sebagai studi awal untuk penentuan area dengan kriteria *high risk* dan rawan terjadinya longsor. Aliran air yang menjenuhkan lereng berdampak pada meningkatnya densitas tanah maupun batuan sehingga berakibat

melorotnya material lereng terkhusus daerah rawan seperti *low wall* [6]. Terjadinya longsor material di lereng dipicu oleh curah hujan yang mengakibatkan lereng yang jenuh/*saturated*. Keadaan penjenjuran ini yang kemudian dilakukan penelitian untuk mendeskripsikan volume air dan keadaan air di permukaan *low wall* Pit A pada keadaan pesimis

Area *low wall* menjadi fokus pembahasan dikarenakan berada pada sistem aliran *inflow* yang dominan terbentuk di Pit A (Gambar 2). Hal ini sebagai konsekuensi kemiringan *low wall* yang mengikuti geometri lapisan batuan dan kemiringannya. Sehingga dibutuhkan riset pemetaan akumulasi yang akan dimanfaatkan untuk evaluasi keadaan aktual di lapangan. Kondisi *existing* dalam hal ini cekungan yang ada akan menjadi konsentrasi dalam pemodelan geometri lereng maupun optimalisasi produksi batubara pada *low wall* Pit A. Muara penelitian ini adalah mereduksi potensi lereng yang jenuh sehingga terbentuk kestabilan lereng saat proses optimasi batubara

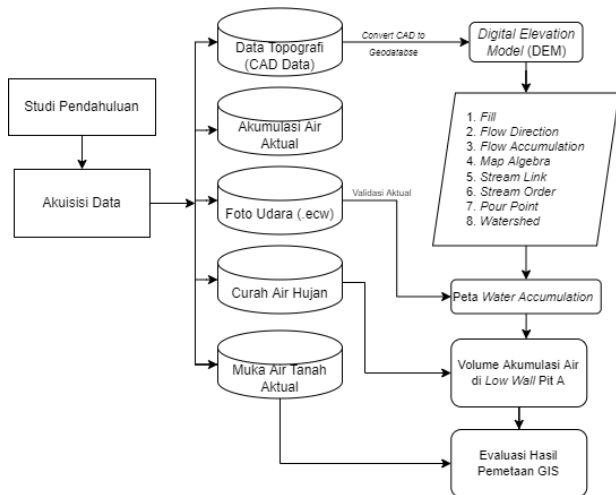


**Gambar 2.** Peta lokasi penelitian pada *low wall* Pit A.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada September hingga Desember 2021 dengan pendekatan berbasis pada *state of the art*, pengumpulan data sekunder berupa topografi, aktual akumulasi air, hingga pemodelan akumulasi dan kalkulasi volume infiltrasi serta *run off* dengan *hydrology tools* menggunakan ArcGis 10.3 (Gambar 3). Berbagai pendekatan dalam studi ini dilakukan dengan prinsip ilmu geologi dan penginderaan jauh. Studi pendahuluan dimulai melalui pembahasan pada jurnal dan buku terkait akumulasi air dan pengaruhnya dalam tambang terbuka [2];[1];[5]. Pengumpulan data sekunder berasal dari PT. Bukit Asam, Tbk berupa data elevasi survei permukaan Pit A dengan interval kontur 1 meter

dan curah air hujan. Akumulasi air di Pit A diambil sebagai bukti lapangan dan menunjukkan keselarasan hasil penginderaan jauh terhadap kondisi aktual. *Groundchecking* juga didukung oleh data saturasi lereng berupa saluran-saluran air di permukaan. Pemodelan akumulasi air ini memanfaatkan *hydrology tools* dengan akurasi 1 meter yang di *overlay* terhadap foto udara Pit A sehingga diidentifikasi total volume air yang terkumpulkan di satu titik.



**Gambar 3.** Skema akuisisi data hingga penghitungan volume akumulasi air dengan *hydrology tools* pada ArcMap 10.3.

*Hydrology tools* merupakan analisis GIS berbasis geospasial yang mengintegrasikan hidrogafi dan hidrologi dan membentuk simulasi model air di permukaan [5];[6]. *Hydrology tools* mencakup *fill, flow direction, flow accumulation, map algebra, stream link, stream order, pour point, dan create watershed*. Keseluruhan *tools* ini menghasilkan data berupa raster dengan tiap satuan *pixel*-nya memiliki luasan area 1 m<sup>2</sup>. Sebelum diekstraksi hasil survei berupa data CAD dikonversi lebih dulu ke dalam bentuk *Digital Elevation Model (DEM)* lalu dilakukan data *processing*.

Proses ekstraksi DEM dimulai dengan menggunakan *tools fill* untuk mengisi data DEM yang masih belum sempurna saat konversi dari data CAD. Lalu, menggunakan *flow direction* dalam penentuan raster dari aliran air dari *pixel* yang satu ke lainnya secara *downslope*. Hasil raster arah aliran kemudian dipakai untuk menjadikan arah akumulasi air dari satu sel ke sel lainnya dengan *weight factor*-nya dengan *flow accumulation tool*. *Map algebra* merupakan fitur untuk melakukan seleksi data berdasarkan ukuran piksel yang akan terbaca pada saat ekstraksi akumulasi air. *Stream link* diimplementasikan dengan tujuan determinasi titik-titik perpotongan antar aliran air yang akan di menentukan orde sungai dan alirannya pada *stream order tool*. *Stream order* yang dipakai pada penelitian ini adalah dengan Metode Strahler. Pada akhirnya akan

ditentukan luasan wilayah *watershed* yang telah didelineasi dengan membuat *pour point* pada titik pertemuan orde aliran airnya.

Setelah mendeterminasi area akumulasi air pada lokasi penelitian maka akan didapatkan peta lokasi dengan luasan areanya dalam rupa raster. Raster kemudian diubah ke dalam bentuk poligon agar dapat diverifikasi dengan *overlap* terhadap foto udara. Tujuannya adalah visualisasi dan koreksi hasil pemetaan akumulasi air. Lalu dilakukan penghitungan volume air pada satu area *watershed* dengan asumsi pesimis menggunakan curah hujan yang paling maksimum pada tahun 2021.

Evaluasi dijalankan dengan pengecekan langsung ke lapangan disertai penjajakan titik-titik saluran air. Sehingga ditemukan potensi akumulasi, tinggi air potensial maksimum, dan volume tumpukkan air di lokasi penelitian. Pada akhirnya dapat dibuat rekomendasi pengaliran air agar tidak terjadi penjuhan lereng dan berakibat melorotnya material pada dinding tambang [7].

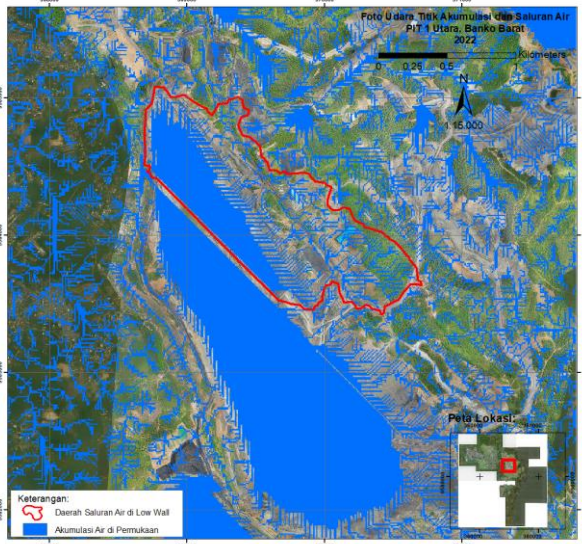
**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Poin-poin hasil dan pembahasan diwujudkan dalam peta akumulasi air pada *low wall* Pit A, visualisasi hingga pada penghitungan volume akumulasi pada satu *watershed*-nya. Data yang telah diperoleh dari PT Bukit Asam, Tbk diekstrak menggunakan GIS *tools*.

**Akumulasi Air**

Akumulasi air banyak diperbincangkan terkait dengan efeknya pada penjuhan lereng di tambang terbuka [8]. Akumulasi air wajib diperhatikan terkhusus di area *low wall* di Pit A. Berdasarkan ekstraksi dari data CAD yang telah dikonversi ke dalam DEM ditemukan banyak area menjadi lokasi potensial saluran air dan aliran air yang menjadi sumber akumulasi air di *low wall* (Gambar 4). Kenampakan akumulasi air ini dimaksudkan sebagai bukti dan *supported data* dalam pembuatan kajian rekomendasi geoteknik terkait kontrol air pada penjuhan lereng [9]. Akumulasi air menjadi fokus utama yang harus dicegah bila akan melakukan optimasi terhadap lereng dengan kondisi Faktor Keamanan (FK) yang riskan ( $1,08 < FK < 1,25$ ) (PT Bukit Asam, Tbk).

Akumulasi air yang telah diidentifikasi dari keadaan topografi didelineasi berbasis *watershed* yang ditemukan pada lokasi penelitian. Di *low wall* Pit A tampak hanya terdapat satu *watershed* yang menjadi wilayah tampak terkumpulnya air di permukaan. Pada awalnya akumulasi air merupakan konsekuensi adanya curah hujan yang terjadi dan dipengaruhi oleh proses infiltrasi dan *run off* pada permukaan lereng *low wall*. Kontrol ini yang juga memicu terjadinya gerakan material baik secara *plane* maupun *circular failure* di lokasi penelitian.



**Gambar 4.** Area akumulasi air yang terbentuk pada low wall Pit A.

**Kalkulasi Volume Air Infiltrasi dan Run Off**

Pemahaman akan keadaan dan akumulasi air yang terbentuk serta diseminasinya pada low wall akan mendukung kalkulasinya. Akumulasi air yang telah terhitung dalam satu watershed akan diidentifikasi besar volume infiltrasi dan run off-nya. Hal ini bertujuan memetakan kondisi low wall terhadap pergerakan air di permukaan lereng. Pada lokasi penelitian ditemukan data curah hujan dalam kurun waktu setahun (Tabel 1). Data curah hujan yang digunakan dalam studi ini diasumsikan dengan nilai yang paling pesimis yaitu 50,75 cm.

**Tabel 1.** Curah hujan per bulan di Pit A (PT Bukit Asam, Tbk., 2021).

Bulan	Curah Hujan (mm)
Januari	507,5
Februari	206,5
Maret	255
April	251
Mei	210,3
Juni	83
Juli	92
Agustus	149
September	117,5
Oktober	260,5
November	295
Desember	198,5

Dari data curah hujan yang telah diakuisisi telah ditetapkan parameter paling pesimis dalam proses penentuan rekomendasi geoteknik. Parameter pesimis ini

sebagai mitigasi keadaan lereng yang jenuh bahkan terjadi proses over flow pada saluran-saluran air di low wall Pit A. Data curah hujan dioptimalkan sebagai parameter besarnya volume air yang paling maksimal dapat terakumulasi di low wall Pit A [10].

Berdasarkan data penginderaan jauh ditemukan lokasi low wall Pit A memiliki luas wilayah 1.506.105,26 m<sup>2</sup>. Angka ini ditemukan melalui pengukuran shapefile polygon menggunakan arc calculator pada ArcMap. Luas area ini kemudian akan menentukan volume total air yang dapat terakumulasi kala curah hujan diasumsikan pesimis pada level 507,75 cm. Sehingga diperoleh hasil perhitungan sebagai berikut.

Volume akumulasi air total low wall=

$$\frac{\text{Luas daerah aliran air} \times \text{Tinggi air}}{1000} \\ = \frac{1.506.105,26 \times 507,5}{1000} \\ = 764.348,41 \text{ m}^3$$

Selain kuantitas hujan yang terbentuk, volume air yang akan terkumpul di titik akumulasi air dipengaruhi oleh besarnya nilai porositas tanah di permukaan. Porositas tanah di permukaan akan menentukan volume air yang infiltrasi dan mengalir di permukaan serta aliran air. Karakteristik material pada low wall Pit A secara megaskopis menunjukkan litologi lempung pasiran. Litologi lempung pasiran menunjukkan poorly sorted, ukuran butir lempung-pasir sedang, matrix supported fabric, struktur masif, dan subangular-well rounded.

Pada perhitungan sifat fisik material di laboratorium, material low wall menunjukkan nilai porositas (e) 0,53. Nilai porositas permukaan digunakan dipakai dalam penghitungan volume infiltrasi dan nilai run off-nya. Muara nilai porositas adalah pada volume air yang akan masuk ke dalam cakupan akumulasi air di low wall. Sehingga dapat dihitung besaran volume akumulasi yang terbentuk di satu watershed dengan berbagai aliran airnya.

Penghitungan nilai akumulasi air yang masuk ke dalam pori-pori tanah dan juga yang terjebak dalam cebakan dapat dihitung berdasarkan data curah hujan dan porositasnya. Kalkulasi volume infiltrasi yang terbentuk di lokasi low wall Pit A dihitung sebagai berikut:

$$\text{Volume Infiltrasi} = \frac{\text{Luas daerah aliran air} \times \text{Tinggi air}}{1000} \times e \quad (1) \\ = \frac{1.506.105,26 \times 507,5}{1000} \times 0,53 \\ = 404.705,544 \text{ m}^3$$

Sedangkan dalam penghitungan volume air yang mengalir (run-off) di permukaan dapat menggunakan persamaan:

$$\begin{aligned} \text{Volume run-off} &= \text{Volume Total} - \text{Volume Infiltrasi (2)} \\ &= 764.348,41 - 404.705,544 \\ &= 359.642,875 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Pola ini didapatkan berdasarkan keadaan elevasi dari topografi yang digunakan sebagai kondisi aktual. Bentuk ini yang dianalisis menjadi *catchment area*, garis-garis aliran air, dan lokasi akumulasi air [8]. Saluran-saluran air ini yang merepresentasikan jaringan akumulasi air yang terbentuk di *low wall* Pit A.

### Ground Checking

Peran GIS pada dasarnya mengoptimalkan data survei topografi sebagai bahan studi pendahuluan akan kondisi aktual. Pemetaan awal dibutuhkan sebagai alat untuk memahami kondisi lapangan sebelum melakukan *ground checking* di *low wall* Pit A. Berlandaskan pengamatan pada beberapa titik lokasi ditemukan titik-titik akumulasi air di lapangan (Gambar 5). Pengecekan lapangan dioptimalkan dalam penentuan akumulasi air yang terbentuk pada area penelitian. Observasi pada *low wall* Pit A menunjukkan adanya beda elevasi yang membentuk cebakan air dan mengakumulaskannya. Pembentukan akumulasi air *low wall* dideterminasi pembentukan wilayah area tangkapan air [1].



**Gambar 5.** Kondisi aliran dan akumulasi air aktual yang ditemukan pada lokasi penelitian

Keadaan air yang terakumulasi baik dari pendekatan GIS maupun aktual di lapangan memberikan bukti adanya lereng yang mengalami penjuruan. Akumulasi ini tentu

dapat mengakibatkan lorotan material lereng terutama pada *low wall* Pit A. Pendekatan GIS menawarkan cara sederhana sebagai studi awal potensi terbentuknya akumulasi air. Sehingga dapat dilakukan rekomendasi geoteknik dalam pencegahan longsor di *low wall* Pit A, PT Bukit Asam, Tbk.

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa optimalisasi GIS dapat dimanfaatkan sebagai studi pendahuluan diseminasi akumulasi air. Distribusi akumulasi air yang dipetakan berdasarkan hasil survei topografi dan menunjukkan bukti aktual di lapangan baik berupa akumulasi air (*sump*) dan aliran air di permukaan. Selain ditemukan lokasi akumulasi air dapat dipetakan *forecast area* kritis akan lorotan material saat terjadinya curah hujan tinggi dengan penghitungan volume maksimal aktual baik yang mengalami infiltrasi maupun pada *run-off* di permukaan sehingga dapat dilakukan pengendalian aliran air.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Satuan Kerja Eksplorasi dan Geoteknik, PT Bukit Asam, Tbk yang telah memberikan ruang untuk akuisisi data dan pemodelan GIS dan Stevanus Nalendra, S.T., M.T. yang telah memberikan masukan dalam analisis dan visualisasi data.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] C. Silwamba and P. R. K. Chileshe, (2015), *Open Pit Water Control Safety A Case Of Nchanga Open Pit Mine Zambia. International Journal Scientific and Technology Research*, 4 (8), 101–107.
- [2] Arif, Irwandy, (2016), *Geoteknik Tambang*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- [3] W. S. Bargawa, A. P. A. Sucahyo, and H. F. Andiani, 2019, *Design of coal mine drainage system. E3S Web Conference*, 76, 1–6.
- [4] ESRI, (2013), *ArcHydro: GIS for Water Resources*, 2, 2013.
- [5] U. M. Shamsi, (2008), *Arc Hydro: A Framework for Integrating GIS and Hydrology. Journal of Water Management Modeling*, 6062, 165–182.
- [6] H. El Idrysy and R. Connelly, (2012), *Water - The other resource a mine needs to estimate. Procedia Engineering*, 46, 206–212.
- [7] M. G. Rasul and P. J. Vermeulen. (2007). *Improvement Strategies for Mine Dewatering Process. Proceedings of the 4<sup>th</sup> WSEAS International Conference on Fluid Mechanics, Gold Coast, January 17-19, 2007*. Queensland, Australia.
- [8] Hoek, E., dan Bray, (1981), *Rock Slope*



Engineering. *The Institution of Mining and Metallurgy*, 3<sup>rd</sup>: London

- [9] Supandi, (2021), *The Influence of Water Balance for Slope Stability on the High Mine Waste Dump Geotech and Geology Engineering*, 39 (7), 5253–5266.
- [10] S. Syarifuddin, S. Widodo, and A. Nurwaskito, (2017), *Kajian Sistem Penyaliran Pada Tambang Terbuka Kabupaten Tanah Bumbu Provinsi Kalimantan Selatan. Journal Geomine*, 5(2), 84–89.