

Penentuan Tinggi Tanggul Penahan Banjir Berdasarkan Model Sejarah Tinggi Air Sungai dan Data Curah Hujan

Faizal Agung Riyadi^{1a}, Shenny Linggasari¹, Heru Suharyadi¹

¹UPN “Veteran” Yogyakarta

Afiliasi/Institusi Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, UPN “Veteran” Yogyakarta,
Jl. SWK 104 (Lingkar Utara), Yogyakarta 55283 Indonesia

^aemail: faizal.agung@upnyk.ac.id

ABSTRACT

The sustainability of a mining operation is inseparable from the many aspects in the planning stage and appropriate plans to overcome potential problems, one of which is the hydrological aspect. One of the things that is of concern in a hydrological problem is related to drainage and efforts to anticipate potential hydrological problems that can arise when mining takes place. In areas where mining operation situated close to rivers, the potential for river overflow or flooding is very important and needs to be anticipated in mine planning. One of the things that can be done is to build embankments to dislodge overflows or floods from rivers entering the mining area. This study will discuss a proposed method for predicting the required embankment height by correlating historical flood and rainfall data. With the existence of a functional model between rainfall and river water elevation, it is hoped that it will be able to provide clues related to the need for embankments needed to anticipate river overflows and flooding around the study area.

Keywords: correlation model, embankment, flood, hydrology, rainfall

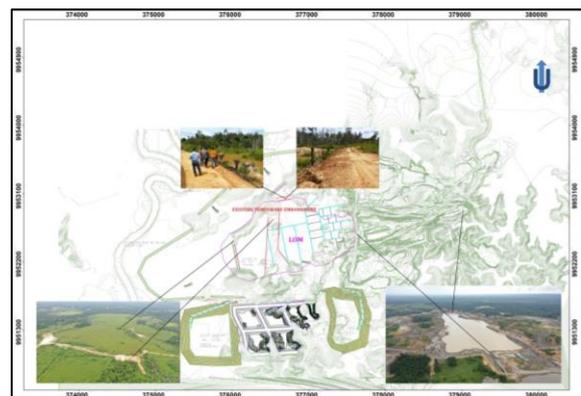
ABSTRAK

Keberlanjutan suatu operasi penambangan tidak terlepas dari banyak aspek dalam tahap perencanaan dan rencana yang sesuai untuk mengatasi potensi permasalahan yang ada, salah satunya adalah aspek hidrologi. Salah satu hal yang menjadi perhatian dalam suatu masalah hidrologi adalah terkait dengan drainase dan upaya untuk mengantisipasi potensi masalah yang dapat timbul saat penambangan berlangsung. Pada daerah yang dekat dengan sungai, potensi luapan sungai atau banjir menjadi hal yang sangat penting dan perlu diantisipasi dalam perencanaan tambang. Salah satu hal yang dapat dilakukan adalah dengan membuat tanggul untuk menghalau luapan air atau banjir dari aliran sungai memasuki wilayah tambang. Penelitian ini akan membahas suatu metode yang diajukan untuk memprediksi kebutuhan tinggi tanggul dengan cara mengkorelasikan data sejarah banjir dan curah hujan. Dengan adanya model fungsi antara curah hujan dengan tinggi elevasi air sungai, diharapkan mampu memberikan petunjuk terkait dengan kebutuhan tanggul yang diperlukan untuk mengantisipasi luapan air sungai dan banjir di sekitar daerah penelitian.

Kata Kunci: banjir, hujan, hidrologi, model korelasi, tanggul

I. PENDAHULUAN/INTRODUCTION

PT. Putra Perkasa Abadi (PPA) bermaksud melakukan kajian sebagai upaya perencanaan pembangunan tanggul untuk menghalau air yang berasal dari sungai luar boundary. Daerah penelitian berada pada rencana Pit IUP PB, Site Project BOSS, Muara Pahu, Kutai Barat, Kalimantan Timur. Lokasi rencana tambang merupakan kawasan rawa dandataran Banjir Sungai Kedang Pahu (Barat dan Barat Laut lokasi rencana tambang; Gambar 1 & Gambar 2). Rencana lokasi tanggul berada pada rendahan di antara perbukitan. Kajian dilakukan sebagai salah satu upaya untuk menilai kelayakan pengelolaan pertambangan IUP.



Gambar 1. Overview daerah penelitian



Gambar 2. Overview Posisi Sungai Terhadap Daerah Penelitian



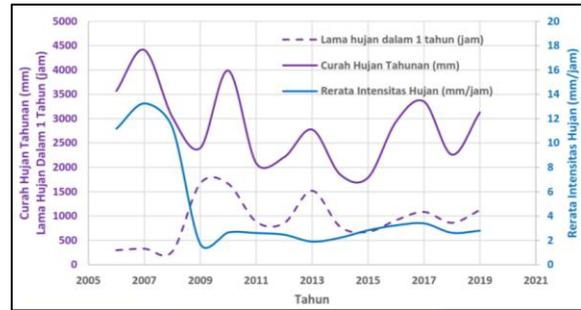
Gambar 3 Dokumentasi peninjauan tanggul (*existing embankment*) pada daerah penelitian



Gambar 4. *Existing temporary embankment* dan rencana tanggul (*plan embankment*).

II. METODE/METHOD

Untuk menghitung kebutuhan tinggi embankment, pendekatan dilakukan berdasarkan korelasi antara elevasi sugai terhadap curah hujan. Peningkatan nilai curah hujan berkorelasi dengan banyaknya volume air limpasan yang pada akhirnya terkonsentrasi pada aliran sungai. Dengan demikian, dengan korelasi tersebut, potensi ketinggian air sungai dapat diidentifikasi dari nilai intensitas hujan yang terjadi. Gambar 5 menunjukkan curah hujan tahunan (mm); lama hujan tiap tahun (jam); serta rerata intensitas hujan (mm/jam) selama tahun 2006 – 2019 (TCM, 2006 - 2017) (BOSS, 2018 - 2019).



Gambar 5. Curah hujan tahunan (mm); lama hujan tiap tahun (jam); dan rerata intensitas hujan (mm/jam) tahun 2006 – 2019.

Curah hujan maksimum terjadi pada tahun 2007 dengan trend curah hujan tahunan menurun hingga tahun 2014. Selanjutnya, curah hujan kembali naik menuju tahun 2019. Sementara itu, nilai rerata intensitas hujan (mm/jam) menunjukkan penurunan intensitas hujan yang tajam semenjak tahun 2007. Perubahan besaran curah hujan diiringi dengan perubahan lama waktu hujan (jam) secara berbanding lurus pada tahun-tahun berikutnya hingga 2014.

Kurva lama waktu hujan menunjukkan perataan (*flattening*) antara tahun 2014 hingga 2019. Hal ini perlu menjadi perhatian, karena pola kenaikan curah hujan (mm) yang tidak diiringi dengan kenaikan waktu hujan (jam) yang sebanding (meningkatnya volume air per satuan waktu) berujung pada meningkatnya nilai intensitas hujan (mm/jam) pada tahun-tahun berikutnya. Terkait dengan kondisi hidrologi suatu daerah, maka semakin banyak air yang harus ditampung dan dialirkan untuk suatu rentang waktu, yang berasosiasi dengan peningkatan elevasi aliran air atau luapan air dari saluran / badan sungai.

III. HASIL/RESULT



Gambar 6. Curah hujan bulanan tahun 2019 dan Rerata curah hujan bulanan tahun 2006 – 2019

Pola curah hujan bulanan (gambar 6) menunjukkan puncak hujan terjadi pada bulan April (394 mm). Trend penurunan curah hujan berlangsung menuju fase terendah / puncak musim kering terjadi pada bulan Agustus (106 mm). Setelah itu, dilanjutkan dengan peningkatan kembali curah hujan hingga bulan November (353 mm). Dengan Demikian fase transisi jatuh pada sekitar bulan Mei – Juli (152 - 245); dan

September – Oktober (123 - 199 mm); dan Desember – Maret (252 – 331 mm).



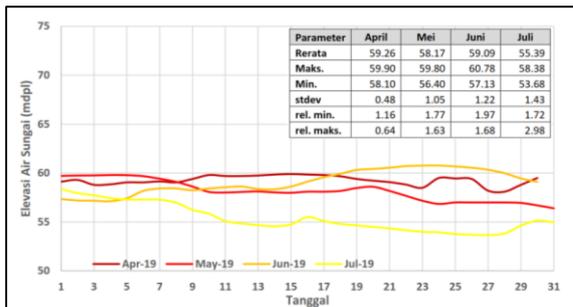
Gambar 7 Perbandingan intensitas hujan tahun 2019 dibandingkan dengan intensitas hujan rerata dan maksimum tahun 2007 – 2019

Kurva Intensitas hujan (Gambar 7) menunjukkan kedudukan intensitas hujan pada tahun 2019 yang berada di bawah intensitas rerata bulanan tahun 2006 – 2019 dan nilai maksimum intensitas hujan. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat potensi intensitas air hujan yang lebih besar yang dapat berpengaruh pada tinggi air sungai yang telah terukur. Berdasarkan pada Gambar 7 nilai tertinggi dari intensitas hujan I 5.44 mm/jam; sedangkan intensitas hujan tertinggi berdasarkan data tahun 2006 – 2019, I (puncak) 19.24 mm/jam.

IV. PEMBAHASAN/DISCUSSION

Estimasi Elevasi Luapan Air Sungai Kedang Pahu

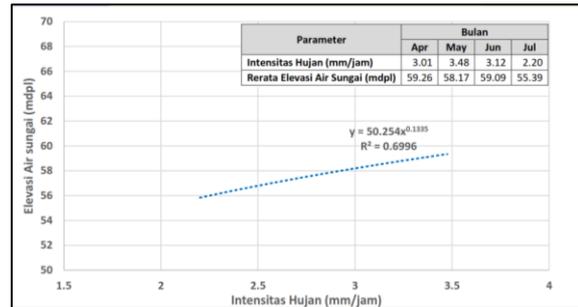
Estimasi potensi luapan sungai dilakukan berdasarkan data pengukuran elevasi sungai Kedang Pahu yang tersedia untuk bulan bulan April – Juli 2019 (BOSS, 2019) yang disajikan dalam bentuk kurva elevasi sungai (Gambar 8).



Gambar 8. Kurva pengukuran elevasi air sungai Kedang Pahu

Plotting data pengukuran elevasi air sungai menunjukkan pola penurunan elevasi air sungai dari bulan April hingga Bulan Juli, Namun, iregularitas terjadi pada pertengahan bulan Juni 2019 yang ditunjukkan dengan peningkatan elevasi muka air sungai pada awal - pertengahan minggu ke-4 bulan tersebut. Mengingat data pengukuran yang tersedia pada bulan yang kering, maka diperlukan estimasi nilai elevasi sungai pada bulan basah yang curah hujannya lebih tinggi. Nilai intensitas hujan dikorelasikan terhadap nilai rerata elevasi air sungai, sehingga

diperoleh fungsi korelasi antara intensitas hujan dan elevasi air sungai (Gambar 9).



Gambar 9. Korelasi Intensitas Hujan terhadap elevasi sungai Kedang Pahu

Berdasarkan korelasi antara intensitas hujan dan nilai rerata elevasi air sungai, diperoleh fungsi korelasi sebagai berikut:

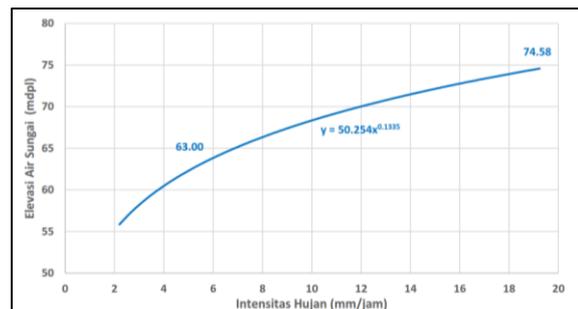
$$E = 50.254 \cdot (I)^{0.1335} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

E : elevasi air sungai rata-rata (mdpl)

I : Intensitas Hujan (mm/jam)

Estimasi elevasi air sungai dihitung dengan mensubstitusikan nilai intensitas hujan yang bervariasi kedalam persamaan di atas (1) untuk potensi elevasi air sungai ketika intensitas hujan yang lebih tinggi dari kondisi saat pengukuran elevasi air sungai dilakukan. Hasil perhitungan terhadap serangkaian nilai intensitas hujan menggunakan persamaan (1) di sajikan dalam korelasi intensitas hujan terhadap elevasi air sungai (Gambar 10).

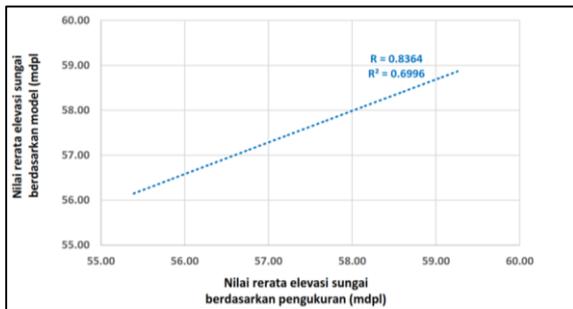


Gambar 10. Model korelasi intensitas hujan terhadap elevasi air sungai

Kurva model tersebut menunjukkan korelasi antara intensitas hujan terhadap nilai elevasi air sungai berdasarkan persamaan model. Pada kurva tersebut, terdapat notasi rerata elevasi air sungai pada kondisi rerata intensitas hujan tertinggi ($I_{rm} = 5.44$ mm / jam) dan potensi intensitas hujan maksimal ($I_{peak} = 19.24$ mm / jam). Secara berurutan elevasi sungai untuk kondisi rerata tertinggi $E_{rm} = 63$ mdpl dan intensitas hujan puncak $E_{peak} = 74.58$ mdpl.

Validasi model korelasi

Validasi terhadap model tersebut dilakukan dengan melakukan korelasi antara nilai pengukuran terhadap nilai yang diperoleh dari persamaan (Gambar 11).



Gambar 11. Kurva validasi model

Berdasarkan hasil validasi, diperoleh nilai koefisien korelasi $R = 0.8364$ dan koefisien determinasi $R^2 = 0.6996$. Tingkat validasi model yang dibangun terhadap data pengukuran bernilai sedang, karena sedikitnya data pengukuran dan kurangnya data pengukuran pada kondisi intensitas hujan yang tinggi (> 3.5 mm/jam). Model ini masih dapat diperbarui dengan memasukkan lebih banyak data pengukuran dan korelasinya terhadap intensitas hujan.

Estimasi Kebutuhan Tinggi Embankment

Rencana tinggi puncak *embankment* berdasarkan *plan design* PT PPA adalah 67 mdpl. Berdasarkan kajian hidrologi terdahulu, curah hujan rencana daerah penelitian sebesar 7.9 mm/jam (Quantus, 2018). Untuk nilai intensitas hujan tersebut, ketinggian *embankment* perlu di tinjau kembali. Estimasi potensi elevasi air sungai dapat diperoleh dengan mensubstitusikan nilai intensitas hujan rencana kedalam persamaan model (1). Tabel 1 memuat nilai elevasi air sungai dari hasil substitusi intensitas hujan kedalam persamaan model untuk intensitas hujan rata-rata tertinggi (Erm); Intensitas hujan rencana / design (E_d); dan intensitas hujan puncak (E_{peak}).

Tabel 1. Hasil perhitungan elevasi air sungai berdasarkan persamaan model

Curah Hujan (mm/jam)	5.44	7.90	19.24
Elevasi Air Sungai Rerata (mdpl)	63.00	66.22	74.58
Elevasi Minimum* (mdpl)	61.04	64.25	72.61
Elevasi Maksimum** (mdpl)	65.99	69.21	77.56

*Berdasarkan jangkauan relatif minimum (rel. min) tertinggi sebesar (-) 1.97 m

**Berdasarkan jangkauan relatif maksimum (rel. maks) tertinggi sebesar (+) 2.98 m

Berdasarkan pada persamaan (1) dan jangkauan Intensitas hujan 7.9 mm / jam memiliki potensi kenaikan air sungai / luapan hingga elevasi 64.25 -

69.21 mdpl., dengan rerata 66.22 mdpl. Nilai minimum dan maksimum elevasi sungai pada suatu intensitas hujan diperkirakan dengan memasukkan parameter jangkauan relative minimum (rel. min = (-) 1.97 mdpl) dan maksimum (rel. maks. = (+) 2.98 mdpl) berdasarkan data pengukuran elevasi sungai yang ada.

Berdasarkan interpretasi serta perhitungan pada kontur topografi pada lokasi rencana *embankment* elevasi permukaan tanah adalah 60 – 61 mdpl. Kontur lapisan material rawa yang tersedia tidak menjangkau hingga lokasi rencana *embankment*. Ketebalan material rawa diperkirakan sekitar 4 - 5 m. Gradien dasar material rawa untuk beda tinggi 5 m untuk jarak horizontal sejauh 300 m kearah timur adalah 1.67% atau sekitar 1° .

Tinggi *embankment* keseluruhan diperkirakan sebesar 14 - 15 m, diukur dari dasar material rawa. Sehingga ketinggian *embankment* yang berada di atas ground level adalah sekitar 9-10 m dengan puncak berada pada ketinggian 70 mdpl (RL-70). Ketinggian tersebut lebih dianjurkan sebagai ketinggian minimum *embankment*. Tinggi puncak ini telah mencakup tinggi jagaan setidaknya 1.5 m (Pusat Pendidikan Dan Pelatihan Sumber Daya Air Dan Konstruksi, 2017).

V. UCAPAN TERIMA KASIH / ACKNOWLEDGEMNET

Ucapa terimakasih ditujukan kepada PT Putra Perkasa Abadi dan PT AB Omah Geo, dan semua pihak yang telah mendukung terlaksananya pelaksanaan penelitian ini.

VI. KESIMPULAN/CONCLUSION

Penentuan ketinggian tanggul penghalau air yang dilakukan pada penelitian ini mengacu pada model fungsi yang diperoleh dari korelasi antara curah hujan dan elevasi muka air pada sungai hasil dari pengukuran aktual di lapangan ($E = 50.254*(I)^{0.1335}$) di mana E adalah elevasi air sungai rata-rata (mdpl) dan I adalah intensitas hujan (mm/jam). Berdasarkan pada fungsi tersebut pada saat curah hujan 7.9 mm / jam memiliki potensi kenaikan air sungai / luapan hingga elevasi 64.25 - 69.21 mdpl., dengan rerata 66.22 mdpl. Untuk itu, Elevasi puncak tanggul yang direkomendasikan untuk daerah penelitian adalah pada elevasi 70 mdpl (RL-70) yang mencakup tinggi jagaan setidaknya 1.5 m. Model fungsi dapat diperbarui dengan menambahkan data pengukuran yang terbaru, serta mempertimbangkan validasi dari peristiwa luapan air sungai yang terjadi pada sungai kadang pahu, khususnya di sekitar daerah penelitian pada tahun - tahun berikutnya.

VII. DAFTAR PUSTAKA/REFERENCES

Austlii. (2019). Water Act. Dipetik September 26, 2018, dari Austlii:

- http://www.austlii.edu.au/cgi-bin/download.cgi/au/legis/cth/consol_act/wa200783
- Bolarinwa, A., Adeyeri, J. B., & Okeke, T. C. (2017). Compaction and Consolidation Characteristics of Lateritic Soil of a Selected Site in Ikole Ekiti, Southwest Nigeria. *Nigerian Journal of Technology (NIJOTECH)*, Vol. 36, No. 2, p. 339–345.
- Cahyadi, T. A. (2018). Pengembangan model Optimasi Desain Lubang Penyaliran Horizontal Tambang. Studi Kasus Tambang terbuka Grassberg PT. Freeport Indonesia. Disertasi, Institut Teknologi Bandung, Program Studi Doktor Rekayasa Pertambangan, Bandung.
- Cahyadi, T. A., Widodo, L. E., Syihab, Z., Notosiswoyo, S., & Widijanto, E. (2017). Hydraulic Conductivity Modeling of Fractured Rock at Grasberg Surface Mine, Papua-Indonesia. *J. Eng. Technol. Sci.*, Vol. 49, No. 1, p. 37 - 56.
- Craig, R. F. (2004). *Craig's Soil Mechanics (Seventh Edition ed.)*. Spon Press.
- DNRM. (2015). Department of Natural Resources and Mines. Dipetik September 28, 2018, dari DNRM: http://www.dnrm.qld.gov.au/_data/assets/pdf_file/0015/212424/guideline-watercourse-diversions.pdf
- Erskine, W. (1992). Channel Response to Large-scale Ricer Training Works: Hunter River, Australia. *Regulation Rivers Resource Mining*, 7, p. 261–278.
- Flatley, A., Rutherford, I. D., & Hardie, R. (2018). River Channel Relocation: Problems and Prospects. *Water*, 10, p. 1360.
- Fredlund, D., & Xing, A. (1994). Equations for The Soil-Water Characteristic Curve. *Can. Geotechn. J.*, 31, p. 521-532.
- Greensmith, J. T., & Tucker, E. V. (1986). Compaction and Consolidation. Dalam O. v. Plassche, *Sea-Level Research (O. Plassche ed., hal. 591 - 592)*.
- Hsu, S.-M., Lo, H.-C., Chi, S.-Y., & Ku, C.-Y. (2011). Rock Mass Hydraulic Conductivity Estimated by Two Empirical Model. Dalam O. Dikinya (Penyunt.), *Developments in Hydraulic Conductivity Research (hal. 133 -158)*. InTech.
- Iskandar, I., & Koike, A. (2011). Distinguishing Potential Sources of Arsenic Released to Groundwater Around a Fault zone Containing a Minesite. *Environmental Earth Science*, 63, p. 595 - 608.
- Leong, E. C., & Rahardjo, H. (1997). Permeability Function For Unsaturated Soil. *J. Geotech. Geoenviron. Eng.*, 123(12), p. 1118-1126.
- McEwan, A. (1999). The Failure of and Remedials to a River Diversion for an Opencast Mine in The Witbank Coalfields of South Africa. *Mine Water and Environment (hal. 79–85)*. Sevilla, Spain: IMWA Congress.
- Mulyanti, W. R., Yuliadi, & Maryanto. (2017). Analisa Teknis dan Ekonomis Strategi Short Distance Disposal West Block (Anoa South) Studi Kasus oleh Section Short Term Planning, Departemen Mines And Exploration Di PT Vale Indonesia, Tbk. Kecamatan Nuha, Kabupaten Luwu Timur. *Prosiding Teknik Pertambangan*. Vol. 1, No. 1, hal. 1-8. Bandung: UNISBA.
- Riyadi, F. A. (2013). Geologi Dan Kajian Kestabilan Lereng Dengan Kontrol Muka Air Tanah Pada Lereng High Wall Pit Batulaki Utara, Kecamatan Satui, Kabupaten Tanah Bumbu, Provinsi Kalimantan Selatan. Studi Kasus Upaya Stabilisasi Lereng Dengan Pelandaian Lereng Dan Dewatering. Skripsi, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta, Program Studi Teknik Geologi, Yogyakarta.
- Riyadi, F. A., Cahyadi, T. A., Nurkhamim, & Supandi. (2019). Desain Saluran Terbuka Berbasis Microsoft Excel. Perhitungan dan Pemodelan yang Praktis dan Efisien. *KURVATEK*, h. 61-78.
- Riyadi, F. A., Cahyadi, T. A., Nurkhamim, & Supandi. (2019). Model Fungsi Konduktifitas Hidrolik Terhadap Resistivitas Timbunan Disposal dan Material Insitu. PIT PAI. Bandung: PAAI.
- Rocscience. (2010). Slide 6.0 Tutorials Manual. Dalam Rocscience, *Slide 6.0 Tutorials Manual*. Rocscience.
- Shao, X., & Wang, H. (2003). Interbasin transfer projects and their implications : A China case study. *Intl. J. River Basin Management*, 1, No. 1, p. 5–14.
- Soar, P., & Thorne, C. (2011). *Channel Restoration Design for Meandering Rivers*. Vicksburg, MS, USA: U.S Army Corps of Engineers:.
- Supandi. (2013). Pemodelan Parameter Geoteknik dalam Merespon Perubahan Desain Tambang Batubara Dengan Sistem Tambang Terbuka. ReTTI, (hal. h. T1-T5). Yogyakarta.
- Supandi, S., Riyadi, F. A., & Purnomo, S. (2016). Study Geolistrik Untuk Mengidentifikasi Kedudukan Lumpur dan Air Dalam Rangka Optimalisasi Timbunan Lowwall. *ReTTI*, p. 352-356.
- Supandi, S., Zakaria, Z., Sukiyah, E., & Sudrajat, A. (2019). The Influence of Kaolinite- Illite Toward Mechanical Properties of Claystone. *Open Geosci.*, 11, p. 440-446.
- Supandi, Zakaria, Z., Sukiyah, E., & Sudrajat, A. (2018, December). The Correlation Of Exposure Time And Claystone Properties At The Warukin Formation Indonesia. *International Journal of GEOMATE*, 15(52), p. 160-167.
- Yevjevich, V. (2001). Water diversions and Interbasin Transfers. *Water International*, 26, p. 342–348.