

Pemanfaatan *Pit Lake* Sebagai Program Pasca Tambang

Muhammad Tri Aditya¹, Waterman Sulistyana Bargawa², Tedy Agung Cahyadi³,
Maharani Rindu Widara⁴

Magister Teknik Pertambangan, UPN Veteran Yogyakarta^{1,2,3,4}

e-mail: muhammadtriaditya@gmail.com

ABSTRACT

Pit lake is the end of a mining activity. like natural lakes, pit lake also displays enormous diversity. When reviewing the pit lake which will be used as a mine closure program, consideration is needed from various related aspects such as mine closure planning, the effect of decreasing mine surface and water quality. When mining is not operational, detailed technical studies are needed on various aspects of the water body that are made taking into account the morphometry, geology, hydrology, water quality (geo-chemical), filling rate, and biology. After the post-mining Pit lake can be used as a water tourism, fisheries, water supply, wildlife habitat and hydroelectric power plant. The management and development of pit lake is needed to support the mine closure program for the company so that it can also benefit the community after the mining activities end. Keywords: hydrology, mine closure, pit lake.

Keywords: hydrology, post mining, pit lake

ABSTRAK

Pit lake merupakan akhir dari suatu kegiatan pertambangan. seperti danau alami, *pit lake* juga menampilkan keberagaman yang sangat besar. Saat meninjau *pit lake* yang akan digunakan sebagai program pascatambang, diperlukan dipertimbangan dari berbagai aspek terkait seperti perencanaan pascatambang, efek penurunan permukaan tambang dan kualitas air. Pada saat tambang tidak beroperasi, diperlukan studi teknis terperinci tentang berbagai aspek badan air yang dibuat dengan mempertimbangkan morfometri, geologi, hidrologi, kualitas air (geo-kimia), laju pengisian, dan biologi. Setelah pascatambang *Pit lake* dapat dimanfaatkan sebagai tempat wisata air, perikanan, persediaan air, habitat satwa liar dan pembangkit listrik tenaga air. Pengelolaan dan pengembangan *pit lake* diperlukan sebagai penunjang program pascatambang bagi perusahaan sehingga dapat bermanfaat juga bagi masyarakat setelah berakhirnya kegiatan pertambangan.

Kata kunci: hidrologi, pascatambang, *pit lake*.

PENDAHULUAN

Pit lake terbentuk dari kegiatan tambang terbuka. *Pit lake* merupakan fitur pascatambang di mana lubang terbuka diisi dengan air tanah dan air limpasan . seperti danau alami, *pit lake* juga menampilkan keberagaman yang sangat besar. *Pit lake* biasanya dimanfaatkan pada saat pascatambang. mempertimbangkan berbagai aspek terkait seperti perencanaan pascatambang, efek penurunan permukaan tambang dan kualitas air. Pada tahap operasi penambangan selesai, diperlukan studi teknis terperinci tentang berbagai aspek badan air yang dibuat dengan mempertimbangkan morfometri, geologi, hidrologi, kualitas air (geo-kimia), laju pengisian, dan biologi [1]. *Pit lake* dapat dimanfaatkan keberadaannya diantara sebagai tempat wisata air, perikanan, persediaan air, pembangkit listrik tenaga air, dan lain sebagainya. Potensi penggunaan air *pit lake* tetap sangat tergantung pada kuantitas dan kualitas air *pit lake* [2]. Karena oksidasi mineral sulfida yang terpapar pada dinding lubang, dan pembilasan logam yang larut selama pengisian lubang, banyak *pit lake* ditandai oleh kualitas air yang buruk. Secara global asam tambang adalah masalah umum untuk kualitas air pada industri pertambangan [3]. Penting untuk diperhatikan *pit lake* memiliki manfaat jangka panjang sebagai sumber daya air untuk kegiatan industri atau lainnya. Karenanya, kualitas air pada *pit lake* sangat penting dan kegiatan reklamasi lingkungan biasanya diperlukan. Hal ini untuk mengantisipasi bahwa penambangan batubara dan *pit lake* yang terbentuk pada pascatambang dapat membuat masalah

lingkungan. Parameter kualitas air harus sesuai dengan baku mutu lingkungan yang diizinkan. Hal ini dapat dicapai dengan langkah-langkah manajemen yang direncanakan.

TINJAUAN PUSTAKA

Berikut penelitian sejenis yang digunakan pada penelitian ini, antara lain Soni, dkk,(2014) yang mengatakan Aspek penting dari pit lake antara lain hidrologi, limnologi, kualitas air (geo-kimia), laju pengisian, dan biologi. McCullough CD, dan Schultze M (2015) Di daerah beriklim basah, pit lake akan memiliki keseimbangan air yang positif dan kemungkinan akan meluap ke permukaan air. Pagoray H., dan Ghitarina (2016) Suhu perairan merupakan salah satu faktor yang sangat penting dalam mengatur metabolisme serta penyebaran organisme, dan mempengaruhi sifat fisik kimia perairan, dll.

METODE

Metode yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu studi pustaka. Kegiatan untuk menghimpun informasi yang relevan dengan topik atau masalah yang menjadi obyek penelitian. Informasi tersebut dapat diperoleh dari buku, jurnal, prosiding maupun tulisan-tulisan yang berkaitan dengan penelitian dari studi pustaka tersebut di review sehingga menjadi kan tulisan mengenai pemanfaatan *pit lake* sebagai program pascatambang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Aspek Utama Dari *Pit Lake*

Aspek-aspek utama dari *pit lake* adalah hidrologi, limnologi, kimia dan biologi. Aspek ini digunakan untuk mengetahui pengelolaan yang tepat pada suatu *pit lake*.

Model konseptual *Pit lake*

Pit lake terbentuk ketika kegiatan penambangan berakhir dan lubang bekas penambangan diisi dengan air, baik air tanah, air permukaan atau air hujan [4]. Semua *pit lake* mengalami sejumlah proses fisik, kimia, dan biologis yang akan menentukan kesesuaian lingkungan. Hal ini untuk mendukung kehidupan air dan untuk melepaskan air ke lingkungan penerima [5]. Model konseptual *pit lake*, menunjukkan komponen utama air dan keseimbangan massa (*mass balance*), diilustrasikan dalam Gambar 1.

Gambar 1. Model konseptual *pit lake* untuk *water balance*, *water column mixing*, dan dinamika geokimia.

Sumber : Vandenberg dkk. 2015a

Hidrologi *Pit lake*

Hidrologi menentukan seberapa cepat tambang terbuka terisi dengan air setelah pascatambang dan juga mempengaruhi terbentuknya kondisi akhir air pada *pit lake*. Daur hidrologi adalah siklus air yang berjalan secara continue mulai dari atmosfer ke bumi dan kembali melalui kondensasi, presipitasi, evaporasi dan transpirasi. Pergerakan dan siklus air

diakibatkan oleh adanya uap air (evaporasi), presipitasi, pergerakan air dalam tanah (perkolasi) dan air limpasan (run off) [6].

Perkiraan secara kuantitatif dari siklus hidrologi dapat dinyatakan berdasar prinsip konservasi massa yang dikenal dengan persamaan neraca air. Dalam perhitungannya, neraca air dapat menggambarkan curah hujan yang tertampung dalam daerah recharge, penguapan kembali sebagai evapotranspirasi, air yang mengalir di permukaan sebagai surface direct run off maupun infiltrasi air tanah. Persamaan (1) umum neraca air :

$$Q_i + P + G_i - E - T - Q_o - G_o - \Delta S = 0 \dots \dots \dots (1)$$

- Dengan :
- Q_i, Q_o : Debit aliran masuk dan keluar
 - P : Presipitasi
 - G_i, G_o : Aliran air tanah masuk dan keluar
 - E : Evaporasi
 - T : Evapotranspirasi
 - ΔS : Perubahan volume tampungan

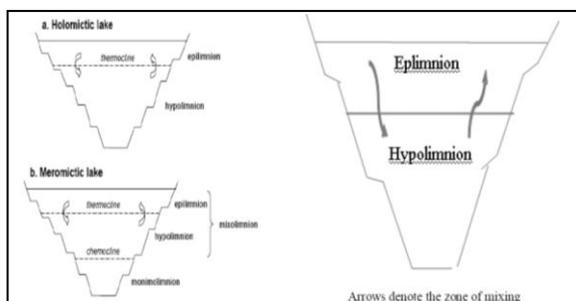
Jika input > output, maka ΔS positif, dan volume danau akan meningkat. Pengaturan geologi dan jenis batuan biasanya berkontribusi pada aspek hidrogeologi.

Gambar 2. Neraca Air untuk Danau

Sumber : Modul Hidrologi dan Hidrolika Terapan UDINUS.2015

Limnologi Pit lake

Limnologi penting untuk danau. struktur vertikal danau dan perubahan musim yang kondusif disebut sebagai “turnover”. Pit lake diklasifikasikan sebagai holomictic lake atau meromictic lake. Pada danau, pemisahan zona pencampuran (tergantung pada suhu, kepadatan dan kedalaman). Holomiktik yaitu air danau yang sepenuhnya tercampur sedangkan Meromiktik adalah air pada danau mencampur sebagian, lapisan paling dalam tidak pernah bercampur karena kerapatan air yang tinggi disebabkan oleh substansi terlarut atau karena dilindungi dari efek angin.



Gambar 3. Klasifikasi pit lake berdasarkan limnologi

Sumber : A.K.Soni dkk.2014

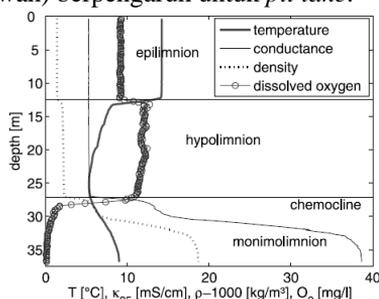
Kedalaman relatif suatu pit lake dapat dihitung dengan persamaan (2):

$$Z_r (\%) = 50 \cdot Z_{\max} \cdot \frac{\sqrt{r}}{\sqrt{A_0}} \dots \dots \dots (2)$$

Dimana :

- A₀ = luas permukaan danau
- Z_{max} = kedalaman maksimum

Menurut Wetzel [7] sebagian besar danau memiliki nilai Z_r < 2%, yang menunjukkan tingkat stabilitas yang rendah. Sedangkan danau-danau yang memiliki stabilitas tinggi umumnya memiliki nilai Z_r > 4 %, dan merupakan danau dalam dengan luas permukaan sempit. Stratifikasi danau atau struktur vertikal danau / badan air penting dari sudut pandang ekologi dan limnologi. Secara umum, kepadatan air, pengaruh perubahan suhu dan efek perubahan salinitas (dari lapisan atas ke lapisan bawah) berpengaruh untuk *pit lake*.



Gambar 4. Profil stratifikasi danau untuk parameter suhu, konduktansi, massa jenis, dan oksigen terlarut di bekas area pertambangan merseburg-ost [8].

Sumber : boehrer dan schultze.2008.

Parameter Kimia Air Pada *Pit lake*

Beberapa *pit lake* menunjukkan kualitas air yang berbeda hal ini bergantung pada deposit mineral yang diekstraksi. *Pit lake* dari bekas tambang batubara mengandung konsentrasi logam berat yang tinggi (misalnya, Al, Cd, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn, U) yang dapat menimbulkan ancaman bagi lingkungan. Tergantung pada penggunaan akhir *pit lake*, parameter kualitas air seperti salinitas, kekeruhan, konsentrasi DO dan kandungan nutrisi menjadi penting [9]. Oleh karena itu, parameter kimia dan biologi *pit lake* memainkan peran penting dalam pengendalian dan pengelolaan pencemaran air.

pH: Merupakan Parameter penting yang mengontrol kualitas air *pit lake* adalah pH. Hal ini dikarenakan mobilitas sebagian besar logam sangat bergantung pada pH. Selain itu, sebagian besar untuk kehidupan biota akuatik memiliki kisaran toleransi pH yang relatif sempit. *Pit lake* yang sangat asam (pH <4) cenderung memiliki konsentrasi logam yang cukup tinggi logam. Sebaliknya, danau pit yang memiliki pH hampir netral hingga alkali cenderung memiliki konsentrasi logam kationik yang relatif rendah, dan mungkin mengandung bikarbonat (HCO₃⁻) yang cukup besar selain sulfat terlarut.

TSS dan TDS: Nilai TDS (total padatan terlarut) yang tinggi umumnya terjadi di sebagian besar air pada tambang dan air pada *pit lake*. pH memiliki pengaruh yang lebih kecil terhadap TDS air *pit lake* yang memiliki konsentrasi yang lebih tinggi. Total padatan tersuspensi (TSS) merupakan karakteristik umum dari *pit lake*, karena erosi fisik yang cepat dari dinding tambang.

Kekeruhan: Menurut Siswadi (2004), Kekeruhan adalah kandungan bahan Organik maupun Anorganik yang terdapat di perairan sehingga mempengaruhi proses kehidupan organisme yang ada di perairan tersebut.

Dissolved Oxygen (DO): DO sangat penting untuk berbagai bentuk kehidupan air, khususnya ikan. Mayoritas badan air memiliki profil oksigen terlarut (DO) yang menurun di sepanjang kedalaman badan air. Dengan meningkatnya kedalaman, banyak *pit lake* rentan terhadap

penurunan konsentrasi DO, dan ini diperburuk dengan kebutuhannya oksigen kimia danau pada tambang yang sering lebih tinggi dibandingkan dengan danau alami. Ditinjau dari Proses geokimia yang terjadi pada *pit lake* penambangan [10]. Dalam danau lubang yang aktif secara biologis, mayoritas proses dipicu oleh intensitas dan durasi radiasi matahari yang tersedia di danau yang paling penting di antaranya adalah Evaporasi dan Fotosintesis. Kecepatan angin juga berperan penting.

Parameter Biologi Pada *Pit lake*

Biologi *pit lake* adalah salah satu faktor terpenting dalam pembentukan badan air. Kehidupan biologis dalam badan air tergantung dari berbagai aspek. Salah satu aspek utama adalah keberadaan berkelanjutan siklus bio-geo-kimia di ekosistem perairan. Parameter kualitas air utama yang paling berpengaruh untuk badan air yang aktif secara biologis adalah pH, suhu, kekeruhan, dll. Oleh karena itu, survei rencana perairan dan biota akuatik di wilayah studi diperlukan untuk mengetahui kekayaan keanekaragaman hayati perairan.

Manajemen Dan Analisis Ekologi *Pit Lake*

Kualitas air pada *Pit Lake* adalah salah satu masalah lingkungan yang paling kritis yang dihadapi industri pertambangan. Ekologi air tawar menekankan hubungan organisme dengan lingkungan sehubungan dengan habitat air tawar dalam konteks prinsip-prinsip ekosistem. Studi ekologis air tawar dalam semua aspeknya, yaitu fisik, kimia, geologi adalah penting untuk analisis ilmiah. Pemulihan lahan akibat dari kegiatan pertambangan agar mendekati rona awal atau ke kondisi normal diperlukan 'pengembangan *pit lake* hal untuk pengelolaan status ekologis lahan yang terdegradasi dari mineral atau daerah-daerah yang mengandung bahan bakar fosil.

Pengembangan *pit lake* dimulai bersamaan dengan kegiatan reklamasi dan restorasi tambang [11]. Pemulihan harus dilakukan secara bertahap dan progresif. Dengan tahap pertama restorasi ekologis, drainase alami yang terganggu dan kesuburan tanah dapat disimpan seiring waktu. Kehadiran air dengan mudah membentuk flora dan padang rumput lokal dan membantu dalam mengembangkan spesies hutan dari varietas yang berbeda [12]. Tahap selanjutnya dari 'restorasi ekologis' perlahan-lahan membangun karbon organik dan humus secara alami [13]. Tanah yang digunakan dan unsur penting untuk pertumbuhan tanaman, pada gilirannya mengubah lahan pertambangan yang terdegradasi menjadi lahan jenis pertanian yang dapat digunakan [14].

Manajemen ekologi pascatambang di daerah penambangan, yang akan dikembangkan dalam bentuk *pit lake*, tergantung pada kondisi setempat dan harus dimulai sebelum pascatambang. Secara luas dan teoretis, ini termasuk:

- *Backfilling* lubang tambang.
- Persiapan inventarisasi flora akuatik serta fauna akuatik yang diperlukan untuk memulihkan kondisi alam di area pertambangan.
- Rencana reklamasi dan rehabilitasi yang terperinci (sesuai rencana) dan pelaksanaannya
- Penanganan *top soil* dan *sub soil* yang dapat digunakan kembali pada saat reklamasi
- Reklamasi area yang ditambang dan perawatan area yang terkena subsidensi.

Perlindungan spesies langka

Bagian metode berisikan uraian terkait alur penelitian yang telah dilakukan oleh *author*.

KESIMPULAN

Suatu *pit lake* dalam pengembangannya diperlukan kajian teknis tentang aspek-aspek hidrologi, limnologi, kimia dan biologi yang mempengaruhi kualitas air *pit lake* tersebut. Kajian tersebut untuk mengetahui bagaimana keadaan *pit lake* agar dapat dimanfaatkan setelah berakhirnya kegiatan operasi penambangan.

Kebutuhan air dimasa yang akan datang akan semakin meningkat. Oleh karena itu suatu *pit lake*, jika dikembangkan akan memberikan manfaat besar bagi masyarakat sekitar. Pemeliharaan dan manajemen akan membuat badan air yang dikembangkan secara artifisial dapat diterima secara sosial. Berdasarkan ulasan ini diperlukan langkah-langkah restorasi sepanjang operasi kegiatan berlangsung hal ini untuk mengurangi kemungkinan masalah kualitas air di masa depan pada saat pascatambang. Pengelolaan dan pengembangan *pit lake* diperlukan sebagai penunjang program pascatambang bagi perusahaan sehingga dapat bermanfaat juga bagi masyarakat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. K. Soni¹, B. Mishra, dan S. Singh³. 2014. *Pit lakes as an end use of mining: A review. Journal of Mining & Environment, Vol.5, No.2, 2014, 99-111.*
- [2] McCullough CD, Schultze M. 2015. *Riverine flow-through of mine pit lakes: improving both mine pit lake and river water quality values? Proceedings of the joint International Conference on Acid Rock Drainage ICARD/International Mine Water Association IMWA Congress. Santiago, Chile. 1903-1912pp.*
- [3] Bargawa, W.S., Sucahyo, A.P.A., Andiani, H.F., 2019, *Design of coal mine drainage system, E3S Web Conf, Vol 76, doi:10.1051/e3sconf/20197604006*
- [4] Vandenberg Jerry, Clint McCullough dan Devin Castendyk. 2015. *Key issues in Mine Closure Planning Related to Pit lakes. International Conference On Acid Rock Drainage & IMWA Annual Conference*
- [5] Rodney Guest. 2017. *Literature Review Of Global Pit lakes Pit lake – Case Studies. Golder associates*
- [6] Bargawa, W.S., Putra, A., and Nurcholis, M. 2019, *Analysis of erosion using hydroseeding on post coal mining in Melak site, International Journal of GEOMATE, Vol.17, Issue 63, pp. 371- 377*
- [7] Wetzel, R.G. (1983) *Limnology. 2nd Edition, Saunders College Publishing, Philadelphia.*
- [8] Bertram Boehrer dan Martin Schultze. 2008. *Stratification Of Lakes. Reviews of Geophysics, 46, RG2005 / 2008 1 of 27. Paper number 2006RG000210*
- [9] Pagoray H., and Ghitarina. 2016. *Characteristics of Water Quality of Coal Post-Mining Pool Which Used for Fish Cultivation. ZIRAA'AH, 41(2), 276-284.*
- [10] Krzysztof Labu and Sylwia Lutyńska. 2017. *Kinetic models of AMD in the area of post-mining lakes in the eastern part of Muskau Arch. Procedia Earth and Planetary Science Vol 17 Hal 948.*
- [11] Paulo J.C. Favas, Louis E. Martino and Majeti N.V. Prasad. 2018. *Abandoned Mine Land Reclamation - Challenges And Opportunities (Holistic Approach). Bio-Geotechnologies for Mine Site Rehabilitation. http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-812986-9.00001-4*
- [12] Rodney Guest. 2017. *Literature Review Of Global Pit lakes Pit lake – Case Studies. Golder associates*
- [13] Sucahyo, A.P.A., Bargawa, W.S., Nurcholis, M., Cahyadi, T.D., 2018, Penerapan wetland untuk pengelolaan air asam tambang, *Journal Technology of Civil, Electrical, Mechanical, Geology, Mining and Urban Design, Kurvatek, doi: 10.33579/krvtk.v3i2.860*
- [14] Sucahyo. A.P.A., and Bargawa, W.S. 2015, Utilization Plan of Underground River in Dry Area, *Journal of Environmental Science and Engineering B 7 (2018) 11-17. doi:10.17265/2162-5263/2018.01.002*