
**PENENTUAN DEBIT AIR LIMPASAN DAN LUAS KOMPARTEMEN
PADA RENCANA DESAIN WETLAND BUKIT RAGAS****Muhammad Tri Aditya, Waterman Sulistyana Bargawa, Tedy Agung
Cahyadi, Rika Ernawati, dan Edy Nursanto**

UPN "Veteran" Yogyakarta

E-mail: muhammadtriaditya@gmail.com, waterman.sb@upnyk.ac.id,

tedyagungc@upnyk.ac.id, rika.ernawati@upnyk.ac.id,

edynursanto@upnyk.ac.id

Diterima:

24 Januari 2021

Direvisi:

1 Februari 2021

Disetujui:

Abstrak

Pada danau bekas tambang *feldspar* dipenuhi oleh air limpasan yang berpotensi mencemari lingkungan. Selama masa pascatambang diperlukan pengelolaan kualitas air. Salah satu cara pengelolaan kualitas air yaitu remediasi pasif dengan menggunakan sistem *wetland*. Salah satu aspek yang penting dalam desain *wetland* adalah aspek hidrologi. Air pada permukaan pada tambang terbuka bersumber dari air hujan. *Wetland* merupakan suatu fasilitas pengelolaan air buatan yang dangkal dengan menggunakan tanaman air. Prinsip *wetland* ialah menghilangkan polutan dengan mempertimbangkan kondisi hidrologi setempat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya debit air limpasan yang menuju desain *wetland*, serta untuk mengetahui luasan minimum kompartemen dari rencana desain *wetland*. Dalam penelitian ini menggunakan metode pengumpulan data, kemudian peneliti melakukan analisis intensitas curah hujan, luas daerah tangkapan hujan, kondisi danau bekas tambang, arah aliran air limpasan, analisis debit air limpasan, dan analisis dimensi danau bekas tambang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa debit air limpasan hasil perhitungan sebesar 0,35 m³/detik dan luas minimum kompartemen desain *wetland* hasil perhitungan yaitu sebesar 137 m² tiap kompartemen.

Kata Kunci: *Pit Lake*; Curah Hujan; Debit Air Limpasan; Kompartemen *Wetland*

Abstract

The pit lake feldspar is filled with runoff water that has the potential to pollute the environment. During the post-mining period, air quality management is required. One way of managing air quality is passive remediation using a wetland system. One of the important aspects of wetland design is the hydrological aspect. The main source of surface water in open pits is rainwater. Wetland is a shallow artificial water management facility using aquatic plants. The wetland principle is to remove pollutants by considering local hydrological conditions. The purpose of this study is to determine how much water discharge leading to the wetland design and to see the minimum compartment threshold of the wetland design plan. In this study using data analysis methods, then the researchers conducted an analysis of the intensity of rainfall, the area of the catchment area, the condition of the ex-mining lake, the direction of runoff water flow, runoff discharge analysis, and analysis of the dimensions of the ex-mining lake.

The results showed that the calculated runoff discharge was 0.35 m³ / sec and the minimum area of the compartment wetland design was 137 m² per compartment.

Keywords: pit lake; rainfall; runoff water discharge; wetland compartment;

PENDAHULUAN

Pada area pascatambang *feldspar* terdapat lubang bekas penambangan yang telah menjadi *pit lake* karena terisi oleh air limpasan dari sekitar area bekas tambang. *Pit lake* hasil dari fitur pascatambang, pada lubang terbuka dipenuhi dengan limpasan air dari daerah sekitar (Titisariwati *et al.*, 2020). *Pit lake* akan dimanfaatkan pada fase pascatambang dengan pertimbangan aspek perencanaan, penurunan permukaan, dan kualitas air (Blanchette & Lund, 2016). Air yang memenuhi bukaan tambang pada periode pascatambang berasal dari air limpasan daerah tangkapan hujan dan air hujan (Northey *et al.*, 2016) sehingga pada periode waktu tertentu akan terjadi limpasan air bukaan tambang yang mengandung logam terlarut (Lottermoser, 2010). *Pit lake* pada area bekas tambang tersebut akan dimanfaatkan keberadaannya sebagai *wetland*.

Prinsip *wetland* ialah menghilangkan polutan dengan mempertimbangkan kondisi hidrologi setempat (Mander *et al.*, 2017) Pada awalnya *wetland* dimanfaatkan sebagai suatu sistem alami untuk tempat penampungan air limpasan permukaan seperti rawa, air payau, tanah gambut (Acreman & Holden, 2013). Pengelolaan pencemaran air sistem *wetland* memakai teknologi pasif remediasi (Skousen *et al.*, 2017) *Wetland* juga diterapkan di daerah kering untuk sarana air bersih (Kivaisi, 2001);(Larkin *et al.*, 2017)) serta *wetland* sebagai sarana atau fasilitas untuk menguraikan logam terlarut dalam air (Sucahyo *et al.*, 2018) Sumber air pada *wetland* berasal dari air hujan dapat meningkatkan ekosistem di lingkungan kering (Greenway, 2017)

METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini digunakan metode pengumpulan data dengan survey, pemantauan daerah bukit ragas, pengambilan titik koordinat dari danau bekas tambang dan pengambilan data curah hujan di stasiun curah hujan UPPM STTN BATAN yang terletak di desa Ujungwatu, Jepara . Data curah hujan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu pada tahun 2010 hingga 2020. Setelah melakukan pengumpulan data, kemudian peneliti melakukan analisis intensitas curah hujan, luas daerah tangkapan hujan, kondisi danau bekas tambang, arah aliran air limpasan, debit air limpasan, dan analisis dimensi danau bekas tambang. Analisis data pada penelitian ini dilakukan secara terstruktur serta menggunakan rumus dalam perhitungan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Curah Hujan

Lokasi penelitian dilakukan pada danau pascatambang yang terlihat memiliki kekeruhan tinggi, terletak di tengah area bekas tambang *feldspar*. Area penelitian berada di koordinat 6°25'48.75"S dan 110°57'54.89"E. danau bekas tambang yang diteliti merupakan danau bekas tambang yang terisi oleh limpasan air permukaan dari bukit ragas dan daerah bukaan tambang *feldspar* yang telah ditinggalkan selama beberapa tahun. Berdasarkan pengumpulan data maka data curah hujan yang diperoleh yaitu

Tabel 1. Curah Hujan dan Hari Hujan daerah Penelitian

Bulan	Rerata CH	Max CH	Rerata HH	Max HH
Januari	692.4	1.641.4	23.2	29.0
Februari	418.3	1.078.4	17.5	28.0
Maret	275.9	554.6	17.3	26.0
April	207.1	320.0	17.0	30.0
Mei	149.9	691.8	14.3	25.0
Juni	123.0	228.6	11.0	20.0
Juli	79.5	221.6	7.8	19.0
Agustus	48.8	221.2	5.0	21.0
September	40.6	247.4	4.4	26.0
Oktober	138.9	762.2	7.7	26.0
November	127.3	412.6	11.4	25.0
Desember	258.4	569.2	15.1	28.0

Sumber: UPPM STTN BATAN, 2020

Curah hujan rata-rata dari tahun 2010-2020 mencapai 213,4 mm, curah hujan tertinggi pada bulan januari mencapai 692,4 mm. Dari curah hujan rata-rata Kec. Donorojo, Kab. Jepara tahun 2010-2020 menunjukkan bahwa curah hujan tinggi di bulan Oktober hingga bulan April, sedangkan curah hujan minimum ditunjukkan pada bulan mei sampai September. Curah hujan tertinggi bulanan dalam periode tahun 2010 – 2020 terjadi pada bulan Januari 2014 sebesar 1.641,4 mm. Hari hujan rata-rata pada periode tahun 2010-2020 yaitu 13 hari hujan per bulannya, hari hujan tertinggi yaitu pada bulan April tahun 2020 sebesar 30 hari hujan.

B. Daerah Tangkapan Hujan

Pada daerah bekas penambangan *feldspar area* tangkapan hujan meliputi daerah lubang bekas tambang yang sekarang telah menjadi *pit lake*, perbukitan ragas dan dataran sekitar lubang bekas tambang. Perhitungan luasan daerah tangkapan hujan di dalam peta topografi menggunakan bantuan Software Google Earth dan AutoCad. Area DTH pit lake keseluruhan seluas 21,51 ha, area DTH tersebut terdiri dari area bukit ragas seluas 15,43 ha dan keseluruhan area pit lake seluas 6,08 ha. Area bukit ragas mempunyai kemiringan yang tergolong terjal >60° karena sudah mengalami penambangan di sekeliling bukit sehingga morfologi yang terlihat pada bukit ragas yaitu bukit terjal tanpa tanaman penutup.

C. Perhitungan Rencana Curah Hujan

Berdasarkan curah hujan harian yang dilakukan pengolahan data dengan distribusi Gumbell menunjukkan curah hujan tertinggi bulanan yaitu 1.641,4 mm/bulan sedangkan terendah 221,2 mm/bulan, berikut persamaan yang digunakan untuk pengolahan data pada penentuan intensitas curah hujan :

$$\bar{X} = \sum_{i=1}^n Xi/n$$

Keterangan:

\bar{X} : Rerata CH maksimum (mm/hari)

Xi : CH maksimum data ke-i

n : Jumlah data

Curah hujan rencana (X_t) untuk periode ulang, menggunakan persamaan:

$$X_t = \bar{X} + S \cdot k$$

Keterangan:

X_t : CH Rencana untuk periode ulang T (mm/hari)

\bar{X} : Rerata CH (mm/hari)

S_d : Simpangan baku sampel

k : *Reduce Variate Factor* = $(Y_t - Y_n \text{ rata-rata}) / S_n$

Y_t : *Reduce Variate* = $-\ln\{-\ln[(T-1)/T]\}$

Y_n : $-\ln\{-\ln[(n+1-m)/(n+1)]\}$

Y_n rerata : rata-rata dari total nilai Y

S_n = Deviasi Standar dari Y_n

Sehingga $S_n = \frac{\sqrt{\sum(Y_n - Y_n \text{rerata})^2}}{n-1}$

Curah hujan harian tertinggi 56,60 mm/hari dan terendah 9,52 mm/hari dengan curah hujan rata-rata harian yaitu 24,48 mm/day. Intensitas curah hujan pada periode ulang 5 tahun untuk sarana tambang dan lereng-lereng tambang (Oktarian, 2016). Hasil perhitungan I pada periode ulang 5 tahun yaitu 9,42 mm/jam yang termasuk dalam hujan normal (Oktarian, 2016)

D. Koefisien Limpasan

Koefisien limpasan (C) merupakan hasil perbandingan antara besarnya aliran permukaan dan curah hujan. Angka hasil perhitungan adalah salah satu parameter untuk menentukan kenampakan fisik suatu DTH. Hasil perhitungan koefisien limpasan DTH daerah penelitian berdasarkan pada rumus berikut :

$$CDAS = \frac{\sum_{i=1}^n C_i A_i}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

Keterangan:

C_i : Koef aliran permukaan penutup tanah.

A_i : Luas lahan dengan jenis penutup tanah (km²).

n : Jumlah jenis penutup lahan.

Pada penentuan area limpasan peneliti menggunakan dua DTH yaitu DTH 1 (area bukit ragas) dan DTH 2 (sekitar lubang danau bekas tambang). DTH sekitar bukit ragas memiliki topografi perbukitan, tanah berupa lapisan batuan, dan tanpa tanaman sehingga nilai

harga koefisien untuk DTH 1 yaitu 0,7, sedangkan DTH 2 yang terdiri dari topografi bergelombang, lempung berpasir dan tanpa tanaman sehingga nilai harga koefisien untuk DTH 2 yaitu 0,44. Nilai koefisien limpasan (C) dari area penelitian yang terdiri dari dua DTH yaitu sebesar 0,63.

E. Debit Air Limpasan

Menghitung debit air limpasan harus sesuai dengan kondisi daerah ragas sekitar yang terdiri atas dataran rendah dan perbukitan yang akan menjadi daerah tangkapan hujan. Pada debit air limpasan di daerah penelitian dapat ditentukan setelah didapatkan luas area tangkapan air hujan, nilai intensitas pada curah hujan serta koefisien limpasan. Persamaan yang digunakan untuk menentukan debit air limpasan yaitu :

$$Q = 0,278 \cdot C.I.A.$$

Keterangan:

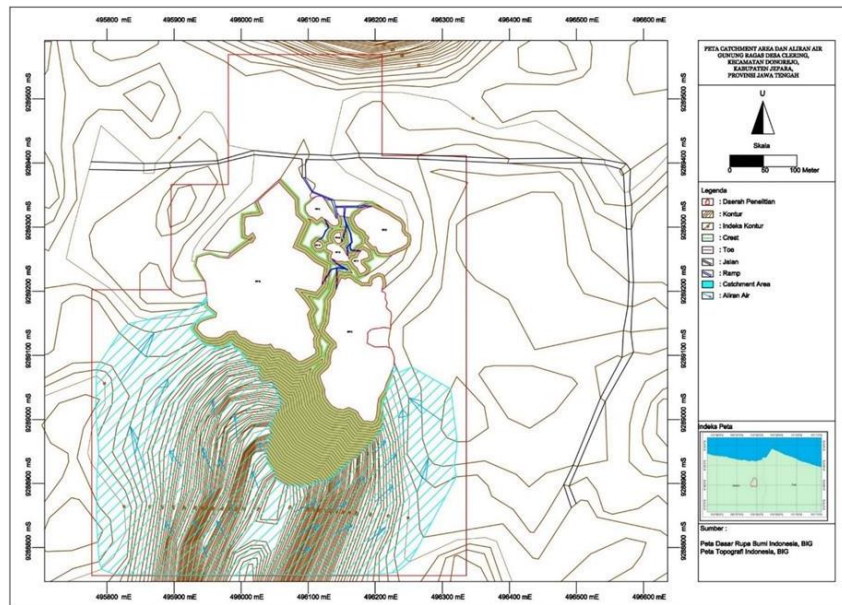
Q = Maksimum debit air limpasan (m³/det),

C = koef limpasan yang mewakili rasio limpasan terhadap curah hujan,

I = intensitas curah hujan rata-rata untuk durasi = Tc (mm /jam),

A = daerah tangkapan hujan lokasi perancangan (Ha)

Berdasarkan perhitungan debit limpasan air prediksi pada area penelitian di Bukit Ragas dengan intensitas CH sebesar 9,42 mm/jam, koefisien limpasan sebesar 0,63 dan luas DTH yaitu sebesar 0,21 km² maka debit air limpasan prediksi periode ulang 5 tahun di daerah penelitian yaitu sebesar 0,35 m³/detik.



Gambar 1. Peta Daerah Tangkapan Hujan dan Aliran Air Bukit Ragas

F. Penentuan Luasan Kompartemen *Wetland* Ragas

Rancangan *wetland* memanfaatkan area yang telah berbentuk *pit lake* akibat dari kegiatan penambangan sebagai kompartemen, digunakan 8 pit lake dengan luas keseluruhan yaitu 4,3 ha. Desain yang direncanakan mengikuti bentuk dan dimensi *pit lake* yang sudah terbentuk, serta aliran air akan masuk ke dalam *wetland* secara alami mengikuti kemiringan kontur. Air limpasan dari sekitar Bukit Ragas dan area bekas penambangan akan menuju ke rencana *wetland* yang terdiri dari beberapa kompartemen. Debit air limpasan menuju ke rencana *Wetland* yang berasal dari bukit ragas dan area

Muhammad Tri Aditya, Waterman Sulistyana Bargawa, Tedy Agung Cahyadi, Rika Ernawati, dan Edy Nursanto

bekas tambang sebesar 0,35 m³ /detik. Kecepatan pengendapan pada air limpasan yang menuju rencana wetland menggunakan perhitungan rumus “Stokes”:

$$V = \frac{g \times d^2 \times (\rho s - \rho air)}{18 \eta}$$

Keterangan :

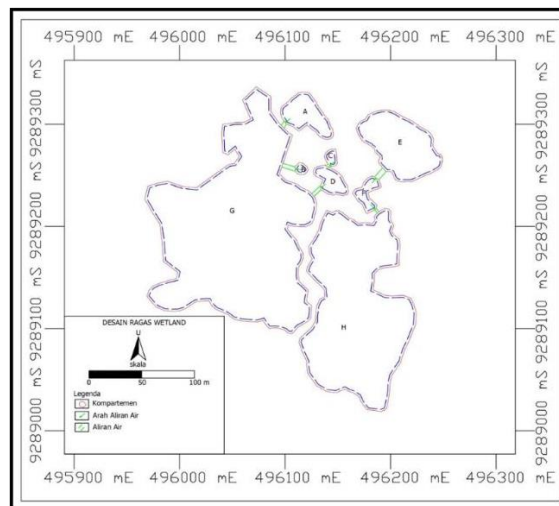
- V = Kec. pengendapan (m/dtk)
- g = Gaya gravitasi (m/dtk²)
- d = Diameter partikel padatan (m)
- ρs = Kerapatan partikel padatan (kg/m³)
- ρair = Kerapatan air (kg/m³)
- η = Kekentalan dinamik air / viskositas air (kg/m.dtk)

Dari hasil perhitungan menggunakan rumus “Stokes” ditemukan kecepatan pengendapan pada air limpasan yang menuju rencana wetland 0,0026 m/detik. Selanjutnya dilakukan perhitungan untuk mendapatkan luasan minimum kompartemen desain *wetland*, perhitungan teoritis luas untuk bisa menampung debit air yang menuju *wetland*. Luas minimum kompartemen *wetland* dapat di hitung dengan mempergunakan rumus:

$$A = \frac{Q}{V} (m^2)$$

Keterangan:

- A = Luasan area (m²)
- Q = Debit limpasan air (m³/detik)
- V = Kec. pengendapan (m/detik)



Gambar 2. Sketsa Kompartemen Desain Ragas Wetland

Tabel 2. Luasan Kompartemen

Keterangan	Luas (Ha)	m ²
Kompartemen A	0,1309	1.309
Kompartemen B	0,011595	115,9
Kompartemen C	0,019764	197,6
Kompartemen D	0,06404	640,4
Kompartemen E	0,301641	3016,4
Kompartemen F	0,05112	511,2
Kompartemen G	1,475945	14.759,4
Kompartemen H	2,273689	22.736,9

Berdasarkan hasil perhitungan ditemukan luas minimum kompartemen *wetland* yaitu 137 m² setiap kompartemen *wetland*. Berdasarkan tabel 2 maka dapat disimpulkan luasan pit lake B belum memenuhi minimum luasan kompartemen penampungan debit untuk rencana *wetland* sehingga perlu dilakukan perluasan, sedangkan luasan 7 kompartemen yang lain telah memenuhi minimum luasan penampungan air sesuai perhitungan debit menuju *wetland* sebesar 0,35 m³/detik.

KESIMPULAN

Pada *pit lake* tambang *feldspar* bukit ragas ditemukan debit air limpasan untuk ragas *wetland* dengan intensitas CH sebesar 9,42 mm/jam, koefisien limpasan sebesar 0,63 dan luas DTH yaitu sebesar 0,21 km² maka debit air limpasan prediksi periode ulang 5 tahun di daerah penelitian yaitu sebesar 0,35 m³/detik. Dari debit air limpasan tersebut diperoleh luasan minimum kompartemen hasil perhitungan yaitu sebesar 137 m² pada tiap kompartemen.

Penelitian ini terbatas hanya menghitung tentang air limpasan permukaan yang masuk ke rencana *wetland* dan luasan minimum kompartemen, sehingga tidak mencakup keseluruhan aspek hidrogeologi dan dimensi *wetland*.

Saran untuk penelitian berikutnya agar memperhatikan parameter air tanah dan rembesan air pada lapisan batuan serta memperhitungkan parameter kedalaman tiap kompartemen rencana *wetland*.

BIBLIOGRAPHY

- Acreman, M., & Holden, J. (2013). How wetlands affect floods. *Wetlands*, 33(5), 773–786.
- Blanchette, Melanie L., & Lund, Mark A. (2016). Pit lakes are a global legacy of mining: an integrated approach to achieving sustainable ecosystems and value for communities. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 23, 28–34.
- Greenway, Margaret. (2017). Stormwater wetlands for the enhancement of

- environmental ecosystem services: case studies for two retrofit wetlands in Brisbane, Australia. *Journal of Cleaner Production*, 163, S91–S100.
- Kivaisi, Amelia K. (2001). The potential for constructed wetlands for wastewater treatment and reuse in developing countries: a review. *Ecological Engineering*, 16(4), 545–560.
- Larkin, Zacchary T., Ralph, Timothy J., Tooth, Stephen, & McCarthy, Terence S. (2017). The interplay between extrinsic and intrinsic controls in determining floodplain wetland characteristics in the South African drylands. *Earth Surface Processes and Landforms*, 42(7), 1092–1109.
- Lottermoser, Bernd G. (2010). Sulfidic mine wastes. In *Mine wastes* (pp. 43–117). Springer.
- Mander, Ülo, Tournebize, Julien, Tonderski, Karin, Verhoeven, Jos T. A., & Mitsch, William J. (2017). *Planning and establishment principles for constructed wetlands and riparian buffer zones in agricultural catchments*. Elsevier.
- Northey, Stephen A., Mudd, Gavin M., Saarivuori, Elina, Wessman-Jääskeläinen, Helena, & Haque, Nawshad. (2016). Water footprinting and mining: where are the limitations and opportunities? *Journal of Cleaner Production*, 135, 1098–1116.
- Oktarian, Deni. (2016). *Analisis Spasial Perubahan Penggunaan Lahan Di DAS Babon Hulu Terhadap Debit Puncak Sungai Babon Jawa Tengah*. Universitas Negeri Semarang.
- Skousen, Jeff, Zipper, Carl E., Rose, Arthur, Ziemkiewicz, Paul F., Nairn, Robert, McDonald, Louis M., & Kleinmann, Robert L. (2017). Review of passive systems for acid mine drainage treatment. *Mine Water and the Environment*, 36(1), 133–153.
- Sucahyo, Agus Panca Adi, Bargawa, Waterman Sulistyana, Nurcholis, Mohammad, & 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.
- Titisariwati, Indun, Oetomo, Hadi, Aditya, Muhammad Tri, & Bargawa, Waterman Sulistyana. (2020). Analysis of Water Plant Utilization using Organic Substrate Combinations to Manage COD BOD Turbidity in Pit Lak. *Proceeding of LPPM UPN “Veteran” Yogyakarta Conference Series 2020–Engineering and Science Series*, 1(1), 205–213.



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)