



Received 10th December 2020
 Accepted 19th December 2020
 Published 20th December 2020

Open Access

DOI: 10.35472/jsat.v4i2.369

Pengaruh Jarak Antar *Drain Hole* Terhadap Penurunan Muka Air Tanah pada Lereng Tambang Terbuka Batubara

Rahmat Fadhilah ^a, Lilik Eko Widodo ^b, Irwan Iskandar ^b

^a Program Studi Teknik Pertambangan, Institut Teknologi Sumatera, Lampung Selatan 35365

^b Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan, Institut Teknologi Bandung

* Corresponding E-mail: rahmat.fadhilah@ta.itera.ac.id

Abstract: The presence of groundwater on the slopes of the mine, which means that the slopes are saturated with water, will cause a decrease in slope stability. Drain hole is a method that can be applied to decrease groundwater level on a mine slope. This research was conducted to determine the effect of horizontal distance between drain holes on the mine slope on the decrease in groundwater level (groundwater drawdown). Groundwater flow simulation on the slopes of an open pit coal mine with 3 scenarios, without drain holes, 100 m horizontal space between drain holes, and 50 m horizontal space between drain holes, was carried out to answer the goal of this research. The results obtained from the simulation, the third scenario with a distance between drain holes of 50 m has the maximum result compared to the other two scenarios, which are the percentage of groundwater drawdown of 54.1% and groundwater discharge of 167.3 L/s. So it can be concluded that the denser the horizontal distance between the drain holes on the mine slope, the higher the groundwater drawdown on the slope.

Keywords: drain hole, groundwater drawdown, groundwater flow simulation, slope stability

Abstrak: Keberadaan air tanah pada lereng tambang, yang artinya lereng tersebut jenuh air, akan menyebabkan menurunnya kestabilan lereng. *Drain hole* merupakan salah satu metode yang dapat diterapkan untuk menurunkan muka air tanah pada lereng tambang. Penelitian ini bertujuan untuk melihat pengaruh jarak horizontal antar *drain hole* pada lereng tambang terhadap penurunan muka air tanah. Simulasi aliran air tanah pada lereng tambang terbuka batubara dengan 3 skenario, yaitu skenario tanpa *drain hole*, jarak antar *drain hole* 100 m, dan jarak antar *drain hole* 50 m, dilakukan untuk menjawab tujuan penelitian ini. Hasil yang didapatkan dari simulasi, skenario ketiga dengan jarak antar drain hole 50 m memiliki hasil paling maksimal dibandingkan dua skenario lainnya, yaitu persentase penurunan muka air tanah sebesar 54,1% dan *discharge* air tanah sebesar 167,3 L/detik. Sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa semakin rapat jarak horizontal antar *drain hole* pada lereng tambang akan semakin tinggi pula penurunan muka air tanah pada lereng tersebut.

Kata Kunci : *drain hole*, kestabilan lereng, penurunan muka air tanah, simulasi aliran air tanah

Pendahuluan

Kestabilan lereng merupakan hal yang krusial dalam keberlanjutan operasi sebuah tambang terbuka. Salah satu faktor yang mempengaruhi kestabilan lereng adalah keberadaan muka air tanah pada lereng tersebut, dimana peningkatan faktor keamanan sebuah lereng dapat dilakukan dengan cara menurunkan muka air tanah pada lereng tersebut [1]. Penurunan muka air tanah pada lereng dapat dicapai dengan membuat *drain hole* (horizontal). Beberapa keuntungan penggunaan *drain hole* (horizontal) diantaranya [2]:

- mudah dan cepat diaplikasikan ke lereng tambang,
- tidak ada pergerakan alat,

- tidak memerlukan daya eksternal,
- mengandalkan gravitasi,
- sistem yang fleksibel.

Di sisi lain, salah satu kekurangan dari penerapan *drain hole* ini adalah, karena mengandalkan gravitasi, perlunya tambahan pompa agar air tanah dapat dialirkan keluar dari *pit*.

Drain hole diperlukan untuk menurunkan muka air tanah [3] dan dengan mempertimbangkan kelebihan serta kekurangannya, penelitian untuk memperkirakan pengaruh jarak antar *drain hole* terhadap penurunan muka air tanah pada lereng tambang perlu dilakukan. Hasil dari penelitian ini memberikan jarak optimum



antar *drain hole* untuk menurunkan muka air tanah dan meningkatkan kestabilan lereng tambang. Studi kasus penelitian ini dilakukan di salah satu tambang terbuka batubara di Kalimantan Selatan, dimana beberapa penelitian sebelumnya telah menyimpulkan bahwa penurunan muka air tanah/kondisi lereng tidak jenuh air dapat meningkatkan kestabilan lereng tambang [4] [5] [6].

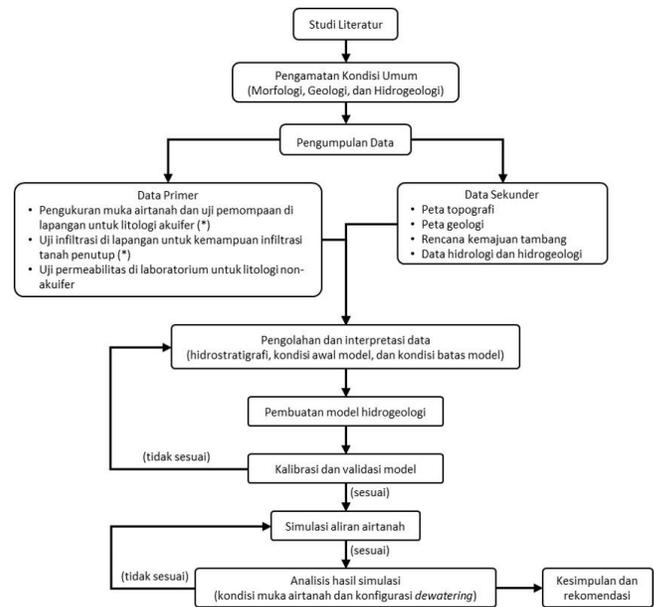
Metode

Untuk mencapai hasil penelitian yang diharapkan, yaitu perkiraan jarak antar *drain hole* yang optimal untuk menurunkan muka air tanah pada lereng tambang, dilakukan pemodelan dan simulasi aliran air tanah menggunakan Modflow. Modflow adalah program komputer yang dikembangkan oleh *United State Geological Survey* (USGS) untuk mensimulasikan aliran air tanah dalam media berpori secara 3 dimensi dengan menggunakan metode beda hingga [7]. Modflow 2000 adalah versi yang digunakan dalam penelitian ini, dimana versi tersebut didesain untuk mengakomodasi solusi dari persamaan aliran air tanah [8]. Pengoperasian program tersebut dibantu oleh perangkat lunak Visual Modflow 2010.1 yang dikembangkan oleh *Schlumberger Water Service* sebagai perangkat *graphic user interface*.

Gambar 1 menjelaskan alur penelitian ini yang dimulai dari studi literatur, pengamatan kondisi umum, dilanjutkan dengan pengambilan data sampai pada akhirnya diambil kesimpulan berdasarkan hasil yang telah didapatkan dari hasil pengolahan data. Data yang menjadi input untuk pemodelan adalah data topografi, data hidrostratigrafi, data hidrogeologi (*hydraulic properties*), data hidrologi (curah hujan, *recharge*), dan data elevasi muka air tanah. Asumsi dan batasan yang digunakan untuk pemodelan ini adalah sebagai berikut:

1. litologi batupasir di daerah studi diklasifikasikan sebagai lapisan akuifer,
2. litologi selain batupasir (batulempung dan batubara) diklasifikasikan sebagai lapisan non-akuifer,
3. model hidrostratigrafi yang dibuat merupakan penerjemahan klasifikasi litologi tersebut,
4. sistem hidrogeologi diasumsikan disusun oleh lapisan yang homogen dan isotrop pada arah horizontal,

5. konduktivitas hidraulik pada arah vertikal diasumsikan lebih kecil satu orde dibandingkan konduktivitas hidraulik pada arah horizontal.

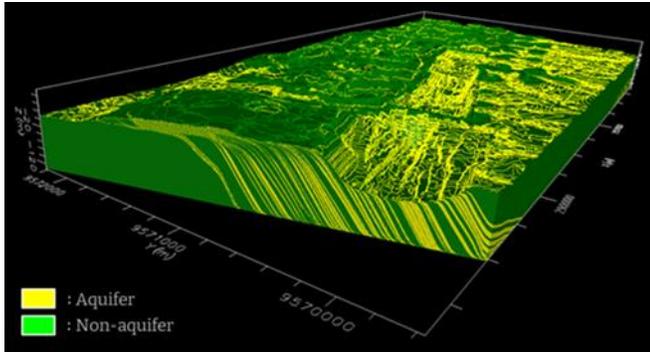


Gambar 1 Diagram alir penelitian

Penelitian sebelumnya [9] telah menghasilkan beberapa parameter hidrolis yang dapat dilihat pada **Tabel 1**. Berdasarkan data yang ada, model fisik dan hidrostratigrafi dibuat untuk menunjukkan lapisan akuifer dan non-akuifer (Gambar 2). Akuifer adalah satuan geologi yang bisa menyimpan dan menyalurkan air dengan laju yang cukup cepat untuk menyuplai air ke sumur dengan jumlah tertentu [10]. Sedangkan lapisan non-akuifer/lapisan *confining* merupakan satuan geologi dengan permeabilitas intrinsik yang kecil sehingga kurang baik dalam menyalurkan air.

Tabel 1 Data hasil pengukuran lapangan

<i>Hydraulic Properties</i>	Akuifer	Non-akuifer
Konduktivitas Hidrolik (m/detik)	$1,93 \times 10^{-6}$	$1,71 \times 10^{-7}$
<i>Specific storage</i> (1/m)	0,0005	0,0009
<i>Specific yield</i> (%)	21	12
Porositas efektif (%)	21	12
Porositas total (%)	53	57



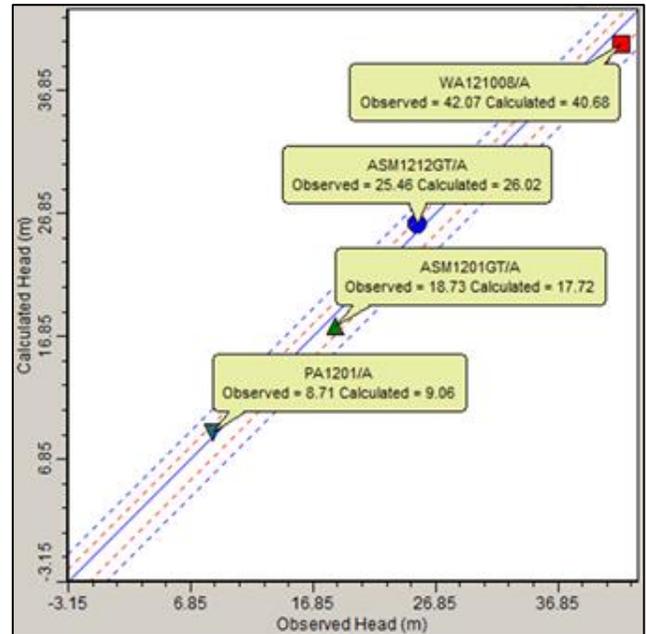
Kemudian untuk memperkirakan pengaruh jarak antar *drain hole* terhadap penurunan muka air tanah pada lereng tambang, simulasi aliran air tanah dilakukan dengan skenario sebagai berikut:

1. simulasi tanpa menggunakan *drain hole* (kondisi natural),
2. simulasi dengan jarak horizontal antar *drain hole* 100 m, dan
3. simulasi dengan jarak horizontal antar *drain hole* 50 m.

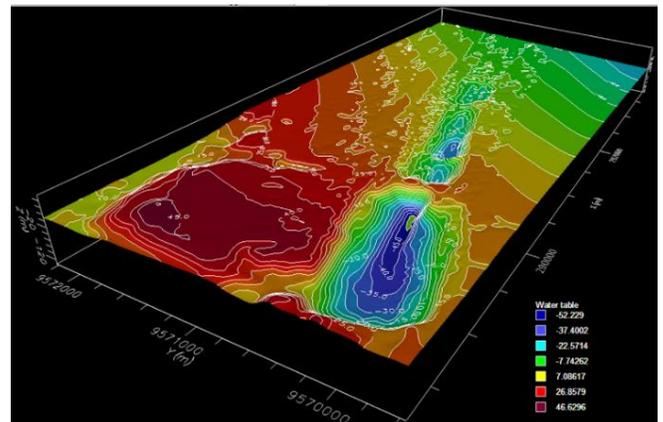
Hasil dan Diskusi

Model yang dibuat perlu dikalibrasi agar representatif dan dapat digunakan untuk simulasi aliran air tanah. Hasil kalibrasi yang membandingkan hasil pengukuran di 4 sumur pantau yang ada di lokasi studi dengan hasil perhitungan dari model yang telah dibuat ditunjukkan pada Gambar 3. Nilai koefisien korelasi dari kalibrasi hasil perhitungan dan pengukuran di lapangan adalah 0,998. Koefisien korelasi tersebut menunjukkan bahwa model dianggap representatif dan bisa digunakan dalam simulasi aliran air tanah. Gambar 4 menunjukkan muka air tanah hasil pemodelan, dimana rembesan air tanah akan muncul di lereng tambang akibat bukaan *pit* (elevasi muka air tanah lebih tinggi dibanding elevasi topografi).

Simulasi aliran air tanah dengan tiga skenario yang telah ditentukan dilakukan dengan waktu simulasi 10 tahun. Grafik pada Gambar 5 menunjukkan perbandingan antara tinggi muka air tanah dan tinggi lereng tambang dalam persen untuk masing-masing skenario.



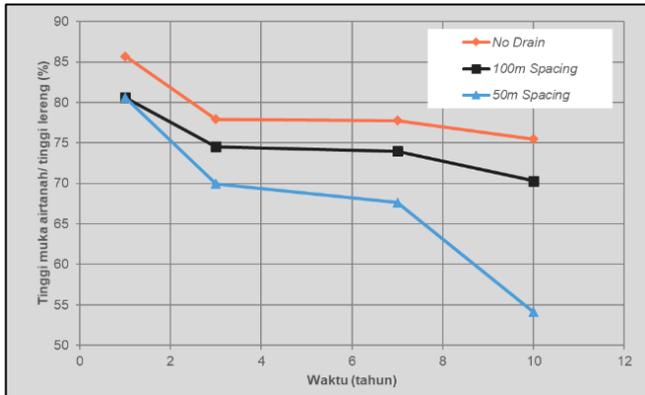
Gambar 3 Kalibrasi data lapangan vs hasil perhitungan



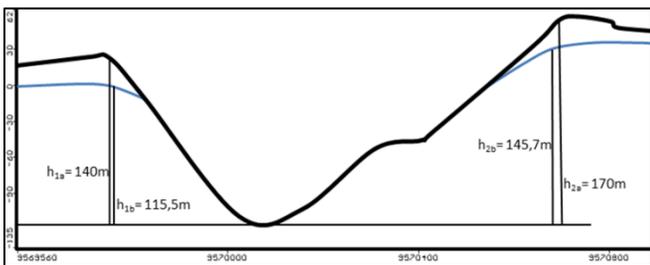
Gambar 4 Muka air tanah hasil pemodelan

Hasil simulasi aliran air tanah yang telah dilakukan menunjukkan bahwa pada skenario 1 persentase perbandingan tinggi muka air tanah terhadap tinggi lereng sebesar 75,5%, skenario 2 sebesar 70,3%, dan skenario 3 sebesar 54,1%. Nilai persentase yang tinggi menunjukkan elevasi muka air tanah yang tinggi (lereng jenuh air), begitu pula sebaliknya. Berdasarkan grafik hasil simulasi dapat dilihat bahwa skenario 3, yaitu jarak horizontal antar *drain hole* 50 m, memberikan hasil maksimum. Hal ini didemonstrasikan oleh penurunan

muka air tanah yang paling besar pada skenario ini sehingga akan meningkatkan kestabilan lereng tambang.

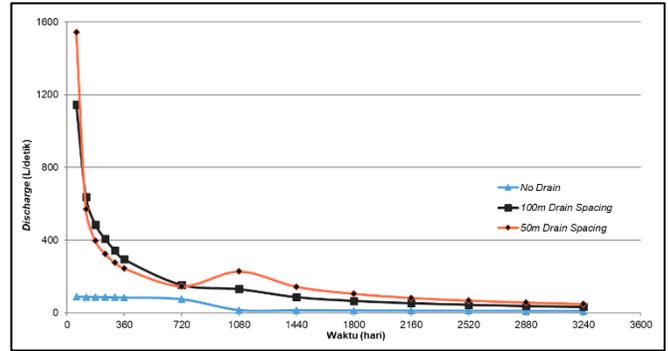


Nilai *discharge*, yaitu jumlah air tanah yang keluar, juga
Gambar 5 Persentase tinggi muka air tanah terhadap tinggi lereng



Gambar 6 Tinggi muka air tanah vs. tinggi lereng

dapat menunjukkan pengaruh jarak antar *drain hole* terhadap penurunan muka air tanah pada lereng. Semakin tinggi *discharge*, semakin tinggi juga penurunan muka air tanah yang akan terjadi. Gambar 7 adalah grafik *discharge* yang dihasilkan untuk setiap skenario. Rata-rata *discharge* skenario 1 (tanpa *drain hole*) adalah 28,5 L/detik, skenario 2 (spasi 100 m) adalah 129,7 L/detik, dan skenario 3 (spasi 50 m) adalah 167,3 L/detik. Hasil simulasi tersebut mempertegas pernyataan bahwa skenario 3, dengan jarak horizontal antar *drain hole* sebesar 50 m, memberikan hasil yang maksimal dalam menurunkan muka air tanah pada lereng tambang dibandingkan dengan dua skenario lainnya



Gambar 7 Discharge air tanah setiap skenario

Kesimpulan

Hasil simulasi aliran air tanah dengan tiga skenario jarak horizontal antar *drain hole* pada lereng tambang (tanpa *drain hole*, 100 m, dan 50 m) ditunjukkan pada **Tabel 2**.

Tabel 2 Rekapitulasi hasil simulasi aliran air tanah

	% tinggi muka air tanah/ tinggi lereng (akhir waktu simulasi)	Rata-rata discharge air tanah (L/detik)
Skenario 1	75,5	28,5
Skenario 2	70,3	129,7
Skenario 3	54,1	167,3

Berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan skenario 3, dengan jarak antar *drain hole* 50 m, memberikan pengaruh paling maksimal dalam menurunkan muka air tanah di lereng tambang dibandingkan dengan skenario 1 dan 2. Sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa dalam penelitian ini semakin rapat jarak horizontal antar *drain hole* pada lereng tambang, semakin tinggi penurunan muka air tanah pada lereng tambang. Dengan menurunnya muka air tanah maka kestabilan lereng tambang akan meningkat.

Berdasarkan kesimpulan di atas, apabila jarak antar *drain hole* dirapatkan lagi menjadi 25 m, 10 m, atau bahkan 5 m tentunya penurunan muka air tanah akan semakin meningkat pula. Namun dengan semakin rapatnya jarak antar *drain hole* memungkinkan akan menurunkan kekuatan lereng juga karena semakin banyak daya dukung dari lereng tersebut yang hilang akibat dibuatnya *drain hole* tersebut. Oleh karena itu, simulasi lanjutan untuk jarak *drain hole* yang lebih rapat dari perlu untuk dilakukan untuk dapat memperkirakan jarak antar *drain hole* yang optimal untuk mendukung kestabilan lereng tambang.

Conflicts of interest

"There are no conflicts to declare".

Acknowledgements

Penulis mengucapkan terima kasih pada Program Studi Teknik Pertambangan Institut Teknologi Bandung, yang telah meminjamkan perangkat lunak Visual Modflow 2010.1.

Referensi

- [1] J. S. Frans and M. H. Nurfalaq, "Studi Geoteknik Pengaruh Muka Air Tanah Terhadap Kestabilan Lereng Tambang Batubara," *Indonesian Mining Professionals Journal*, vol. 1, pp. 12-21, 2019.
- [2] L. B. Seegmiller, "Horizontal Drains - Their Use in Open Pit Mining Dewatering," Seegmiller Associates, Salt Lake City.
- [3] T. A. Cahyadi, L. E. Widodo, R. A. Fajar and A. Baiquni, "Influence of drain hole inclination on drainage effectiveness of coal open pit mine slope," in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2018.
- [4] R. Erliani, Nurhakim, R. N. Hakim, A. A. Velayati and S. Melati, "Analisis Kestabilan Lereng Low Wall Pit 3 Blok 14 di PT Arutmin Indonesia Tambang Asam-asam," *Jurnal Geosapta*, vol. 3, no. 1, pp. 21-25, 2017.
- [5] G. W. Swana, F. Hirnawan and R. I. Sophian, "Penentuan Desain Lereng Final pada Pit DH Daerah Konsesi PT. Arutmin Indonesia Tambang Asam-asam," in *Prosiding Seminar dan Seminar Nasional Geomekanika ke-1 Tahun 2012 : Menggagas Masa Depan Rekayasa Batuan dan Terowongan di Indonesia*, Yogyakarta, 2012.
- [6] M. Fauzan, "Skripsi dengan Judul: Pengaruh Perubahan Muka Air Tanah Terhadap Nilai Faktor Keamanan Lereng Highwall Pada Tambang Batubara di Daerah Asam-Asam," Fakultas Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran, Bandung, 2014.
- [7] M. G. McDonald and A. W. Harbaugh, "A modular three-dimensional finite-difference ground-water flow model: U.S. Geological Survey Open-File Report," USGS, 1984.
- [8] A. W. Harbaugh, R. B. Banta, M. C. Hill and M. G. McDonald, "Modflow-2000, The U.S. Geologi Survey Modular ground-water model- User guide to modularixation," USGS, Reston virginia, 2000.
- [9] *PT Reka Bumi*, "Laporan Pekerjaan Konstruksi Sumur dan Uji Pemompaan PT Arutmin Indonesia Site Asam-asam," 2013.
- [10] C. W. Fetter, *Applied Hydrogeology*, New Jersey: Prentice Hall, 2001.