



PERBANDINGAN HASIL ANALISIS KERENTANAN AIRTANAH DENGAN METODE SVV DAN DRASTIC BERDASAR LITERATUR

Genadi Toar Nainggolan^[1], Tedy Agung Cahyadi^[2], dan Nur Ali Amri^[3]

^[1] Magister Teknik Pertambangan UPN, SWK 104 Lingkar Utara, Yogyakarta, 55283, Indonesia

e-mail: genaditoar@gmail.com

ABSTRAK

Kegiatan penambangan material sirtu memberikan dampak positif dan negatif, dampak positifnya adalah bahan galian yang diambil dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan manusia dalam membangun infrastruktur dan sarana prasarana. Dampak negatif dari kegiatan pertambangan material sirtu adalah terjadinya perubahan tata guna lahan yang mempengaruhi potensi resapan air dan berdampak pada ketersediaan air tanah baik secara kuantitas maupun kualitas. Analisis kerentanan air tanah dilakukan sebagai upaya awal dalam menanggulangi penurunan potensi air tanah yang berpengaruh terhadap penurunan muka air tanah (*groundwater level*), debit air tanah, penurunan permukaan tanah (*surface/land subsidence*), dan kualitas air tanah. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perbandingan hasil analisis kerentanan air tanah akibat kegiatan penambangan dengan menggunakan metode SVV dan DRASTIC. Kedua metode ini digunakan sebagai metode pembobotan dan penilaian. Metode DRASTIC dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu: curah hujan, media tanah, konduktivitas hidraulik, kedalaman muka air tanah, topografi (lereng), dan media akuifer, sedangkan metode SVV dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu: ketebalan dari zona tidak jenuh air, nilai *recharge* atau perkolasi, dan tipe material zona tidak jenuh air. Kedua metode ini diharapkan dapat mengetahui tingkat kerentanan air tanah erosi yang terjadi di daerah penelitian.

Kata kunci: kerentanan, airtanah, metode, tambang, drastic, svv.

ABSTRACT

Sirtu material mining activities have positive and negative impacts, the positive impact is that the extracted mineral material can be utilized to meet human needs in building infrastructure and infrastructure. The negative impact of material mining activities is the occurrence of land-use changes that affect the potential for water catchment and have an impact on the availability of groundwater both in quantity and quality. Groundwater vulnerability analysis is carried out as an initial effort to overcome the reduction in groundwater potential that affects groundwater level, groundwater discharge, surface subsidence, and groundwater quality. This research was conducted to compare the results of groundwater vulnerability analysis due to mining activities using SVV and DRASTIC methods. Both of these methods are used as a method of weighting and valuation. The DRASTIC method is influenced by several factors, namely: rainfall, soil media, hydraulic conductivity, depth of groundwater level, topography (slope), unsaturated zone material, and aquifer media, while the SVV method is influenced by several factors namely: the thickness of unsaturated zone water, recharge or percolation value, and water unsaturated zone type material. Both of these methods are expected to be able to find out the level of erosion groundwater vulnerability that occurred in the study area

Keywords : vulnerability, groundwater, methods, mining, drastic.

PENDAHULUAN

Kegiatan Penambangan pasir dan batu dapat mengakibatkan perubahan tata guna lahan, morfologi, geologi, dan hidrogeologi. Perubahan ini dapat mempengaruhi topografi, perlapisan batuan bawah permukaan, dan akuifer. (Devy dkk, 2014). Perubahan tata guna lahan ini akan mempengaruhi potensi resapan air yang akan berdampak pada ketersediaan air tanah baik secara kuantitas maupun kualitas. Penurunan potensi air tanah pada area penambangan sangat mungkin terjadi karena elevasi lantai bukaan tambang sudah jauh berada di bawah permukaan tanah terutama permukaan air tanah dalam (Linggasari dkk, 2019).. Penurunan potensi air

tanah berpengaruh terhadap penurunan muka air tanah (*groundwater level*), debit air tanah, penurunan permukaan tanah (*surface/land subsidence*), dan kualitas air tanah (Pujianto dkk, 2014). Kualitas airtanah dipengaruhi oleh ada atau tidaknya zat pencemar yang masuk ke airtanah dan kondisi fisik daerah tersebut. Hal ini disebabkan airtanah terdapat pada lapisan tanah atau batuan di bawah permukaan tanah, sehingga mempengaruhi tingkat bahaya airtanah terhadap suatu pencemaran. Tingkat bahaya airtanah dipengaruhi oleh tingkat kerentanan air tanah itu sendiri, serta tingkat kontaminasi atau pencemar yang ada (Haq dkk, 2017).

Menurut Keputusan Menteri No.1451 K/10/MEM/2000 tentang pedoman teknis penyelenggaraan tugas pemerintah di bidang

pengelolaan air bawah tanah maka airtanah wajib untuk dikelola dan dilindungi dari pendayagunaan dan pencemaran. Adanya kegiatan Pertambangan dapat berdampak mengganggu tata air dan lingkungan disekitarnya. Kerentanan air tanah adalah besar kemampuan lapisan diatas lapisan akuifer atau sistem air tanah dalam menahan kontaminan pada permukaan tanah. Beberapa metode telah banyak berkembang dalam menganalisis kerentanan airtanah.

Metode sistem parametrik merupakan metode yang sering digunakan dalam menganalisis kerentanan air tanah. Metode ini terdiri dari tiga sistem penilaian yaitu sistem point, sistem rating, dan sistem matrik. Evaluasi kerentanan dengan sistem point dilakukan dengan menilai parameter berdasarkan tingkat kepentingannya menggunakan sistem bobot dan rating. Nilai kerentanan adalah penjumlahan dari hasil perkalian bobot dan rating setiap parameter dari suatu metode yang diterapkan pada suatu daerah. Metode parametrik yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode SVV dan DRASTIC. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui metode kerentanan airtanah yang cocok dalam kegiatan pertambangan sirtu.

KAJIAN PUSTAKA

Metode DRASTIC

Metode DRASTIC merupakan bagian dari metode pembobotan dan penilaian. Parameter yang digunakan dalam metode ini didasari oleh faktor hidrogeologi yang dianggap berperan penting dalam mempengaruhi kontaminasi air tanah. Parameter yang digunakan adalah kedalaman permukaan air tanah, curah hujan, jenis akuifer, tekstur tanah, kemiringan lereng, dampak zona tak jenuh, dan konduktivitas hidrolik akuifer. Sistem evaluasi DRASTIC didasarkan pada tiga komponen (bobot, rentang, dan rating) yang dinyatakan dalam angka.

Metode DRASTIC merupakan singkatan dari tujuh faktor hidrogeologi yang dianggap penting dalam evaluasi kerentanan air tanah. Singkatan tersebut adalah *Depth to groundwater water* (Kedalaman muka air tanah), *Recharge* (Curah hujan), *Aquifer media* (Media akuifer), *Soil media* (Media tanah), *Topography* (Topografi/lereng), *Impact of the vadose zone* (Pengaruh zona tak jenuh), *Hydraulic Conductivity* (Konduktivitas hidrolik).

Dalam Kumar et al (2015) metode DRASTIC mengasumsikan beberapa poin penting saat memodelkan kerentanan kontaminasi air tanah, yaitu :

- a. Kontaminan dilepaskan di permukaan bumi (penggunaan pupuk, pembakaran batubara dan pencucian logam dari tailing abu batubara).
- b. Kontaminan mengalir ke air tanah melalui presipitasi.

- c. Kontaminan bergerak dengan kecepatan air.
- d. Area yang bersangkutan harus cukup besar.

Ada dua versi berbeda untuk DRASTIC, yaitu asli dan versi pestisida yang dimodifikasi, dengan beberapa faktor hidrogeologis memiliki bobot yang sedikit berbeda. Dua versi DRASTIC didasarkan pada empat asumsi (Pedreira et al, 2014) :

- a. Polutan diperkenalkan di permukaan tanah.
- b. Polutan dibuang ke air tanah oleh pengendapan.
- c. Polutan memiliki mobilitas air.
- d. Area minimum yang dievaluasi oleh DRASTIC adalah 0,40 km².

Menurut (Kumar et al, 2015) kondisi geofisika dan karakteristik wilayah studi yang cocok untuk penggunaan model kerentanan DRASTIC adalah daerah pemukiman padat penduduk, kegiatan pertanian intensif, pabrik dan unit industri, daerah kering dan semi kering.

Perlu dicatat bahwa konsentrasi yang signifikan dari polutan spesifik di zona tertentu tidak dapat digunakan sebagai alat kalibrasi yang kuat untuk hasil DRASTIC. Sebaliknya itu tergantung pada pola penggunaan lahan yang ada, luas spasial, dan lokasi sumber kontaminasi potensial dan variasi musiman dan temporal mereka (Wang et al., 2012).

Indeks DRASTIC dihitung dengan menerapkan kombinasi linear dari semua parameter dengan bantuan persamaan berikut:

$$DI = Dr.Dw + Rr.Rw + Ar.Aw + Sr.Sw + Tr.Tw + Ir.Iw + Cr.Cw$$

Keterangan :

w = nilai *weight* (beban)

r = nilai *rating*

Tabel 1 dan 2 menunjukkan kelebihan dan kekurangan dari metode DRASTIC yang dikutip dari berbagai sumber.

Tabel 1: Kelebihan Metode DRASTIC

No	Sumber	Kelebihan
1	(Karan et al, 2018)	Fleksibel untuk perubahan parameter sesuai persyaratan spesifik wilayah studi yang berbeda.
2	(Gogu dan Dassargues 2000; Rose´n 1994)	DRASTIC mempertimbangkan lebih banyak parameter yang menambah presisi pada hasil
3	(Kumar et al, 2015)	Model yang dapat diterima secara luas Ekonomis dan membutuhkan waktu yang singkat untuk mengevaluasi kerentanan air tanah dengan rentang yang lebih luas.

		Paling cocok untuk pengelolaan penggunaan lahan (<i>land use</i>)			Sulit untuk mewakili akuifer semi tertekan dan tertekan dan tidak mempertimbangkan isi ulang dan lepaskan area
4	(Rahman, 2008)	Model DRASTIC digunakan di banyak negara karena informasi input yang diperlukan untuk aplikasinya sudah tersedia atau dapat dengan mudah diperoleh dari berbagai lembaga Pemerintah. Metode DRASTIC juga dapat digunakan dalam memprioritaskan area untuk tujuan pemantauan. Ini dapat membantu para perencana dan pembuat kebijakan sambil memilih area untuk pembuangan limbah dan lokasi industri dll.			Hanya area lebih dari 100 hektar yang dapat dinilai kerentanannya
					Pengaruh jenis polusi tidak diperhitungkan
			4	(Hamza et al., 2007).	Kurangnya informasi bawah permukaan dapat menyebabkan estimasi permeabilitas umum atau samar dalam akuifer yang sangat heterogen
			5	(Karan et al, 2018)	Ketersediaan data untuk implementasi model DRASTIC khusus sektor dapat menjadi batasan utama dalam studi multi kriteria Kerentanan Air Tanah
5	(Smith, Scott, & Fugitt, 1994)	Keuntungan dari pendekatan overlay dan indeks seperti yang digunakan oleh DRASTIC adalah bahwa modifikasi dapat segera dibuat (EPA, 2003) dan dapat digunakan untuk studi skala yang lebih besar			
6	Rundquist et al. (1991)	Metode DRASTIC dapat dieksekusi dengan sukses dengan pelatihan dan pengalaman minimal (mudah dilakukan).			

Tabel 2: Kekurangan Metode DRASTIC

No	Sumber	Kekurangan
1	(Babiker et al., 2005)	Meskipun, DRASTIC telah berhasil diterapkan dalam banyak penelitian, tetapi metode ini banyak dikritik karena subyektivitasnya dalam menetapkan peringkat numerik pada parameter.
2	(Neshat et al., 2014)	Tujuh parameter hidrogeologis dari model DRASTIC mengabaikan karakteristik regional
3	(Kumar et al, 2015)	Hanya alat evaluasi kualitatif Penggunaan lahan merupakan faktor penting dan penskalaan peringkat relatif dan bobot perlu untuk memasukkannya Model yang paling subyektif karena peringkat yang fleksibel ditetapkan untuk parameter tergantung pada keadaan

Metode SVV

Dalam Putra (2007) metode SVV adalah metode kerentanan yang digunakan hanya untuk kondisi air tanah dangkal pada batuan kuarter, terutama pada daerah yang kekurangan data pengukuran sifat tanah atau batuan. Tingkat kerentanannya sama dengan metode Hoelting yakni berdasarkan atas keefektifan perlindungan (kemampuan lapisan batuan di atas akuifer untuk melindungi air tanah) dalam hal *advective transport time*. *Advective transport time* ditentukan berdasarkan resapan air yang mencapai permukaan air tanah melalui lapisan di bagian atas akuifer dengan infiltrasi difusi relatif tanpa memperhatikan konsentrasi aliran signifikan. (Heru Hendrayana, 2011). Parameter yang digunakan dalam metode ini adalah ketebalan dari zona tidak jenuh air, nilai *recharge* atau perkolasi, dan tipe material zona tidak jenuh air. Dalam metode SVV, kelas kerentanan juga mewakili pergerakan rata-rata air di zona tak jenuh (Souvannachith et al, 2017)

Berikut rumus yang digunakan dalam menghitung tingkat kerentanan Airtanah metode SVV

$$PT = La + Z + Wu$$

Keterangan :

PT : Nilai akhir dari keefektifan perlindungan dari zona tidak jenuh air

La : Nilai rata-rata dari batuan penutup, $La = (L1 + L2 + \dots + Ln)/n$

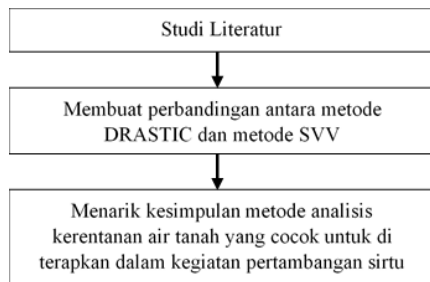
Z : Nilai ketebalan zona tidak jenuh air

Wu : Nilai dari recharge rata-rata

n : Jumlah lapisan batuan penutup akuifer

METODE

Tahapan dalam penelitian yang dilakukan oleh penulis dirangkum seperti bagan alir **Gambar 1**. Penelitian ini berdasarkan studi literatur baik dalam jurnal nasional, maupun internasional. Penelitian ini diharapkan dapat menentukan metode yang sesuai dalam analisis kerentanan airtanah terhadap rencana kegiatan penambangan.



Gambar 1: Diagram Alir Penelitian

HASIL

Perbandingan metode DRASTIC dan SVV berdasarkan kesesuaian dalam implementasinya pada kegiatan pertambangan material sirtu dapat dinilai dari 2 aspek yaitu, perbandingan parameter yang digunakan, dan perbandingan kelebihan dan kekurangan dari masing-masing metode. Perbandingan parameter DRASTIC dan SVV dapat dilihat di **Tabel 3**.

Tabel 3: Perbandingan Parameter Metode DRASTIC dan SVV

	DRASTIC	SVV
Depth	✓	-
Recharge	✓	✓
Aquifer	✓	-
Soil	✓	-
Topography	✓	-
Vadoze zone	✓	✓
Hydraulic Conductivity	✓	-
Material of vadoze zone	-	✓

Metode DRASTIC

Kelebihan

- Diperuntukkan pada daerah yang luas, semakin luas area analisis maka akan semakin detail pemetaan kerentanannya.
- Dapat digunakan dalam kegiatan Pertambangan.
- Memiliki akurasi yang baik dan lebih efektif.

Kekurangan

- DRASTIC mengidentifikasi kerentanan yang lebih rendah dan tidak terfokuskan pada risiko pencemaran
- Membutuhkan banyak data agar hasil pemetaan lebih bagus, mengingat metode ini

diperuntukkan untuk daerah yang luas (skala besar).

Metode SVV

Kelebihan

- Metode nya sederhana dengan menggunakan rumus numerik dan hubungan analogic.

Kekurangan

- Diperuntukkan di kondisi air tanah yang dangkal (<30m).

DISKUSI

Hasil perbandingan metode DRASTIC dan SVV berdasarkan kesesuaian dalam implementasinya pada kegiatan pertambangan menunjukkan keunggulan metode DRASTIC dibandingkan SVV, namun pada kenyataannya di lapangan, Perusahaan Tambang Sirtu memiliki sedikit data dibandingkan tambang komoditas lain seperti batubara dan mineral logam. Hal ini disebabkan oleh kebutuhan data untuk dokumen perizinan tambang mineral bukan logam, lebih sedikit dan sederhana dibandingkan dengan kebutuhan data untuk tambang mineral logam atau batubara. Sehingga dari segi ekonomi dengan parameter yang lebih sedikit dan sederhana, SVV dinilai lebih cocok untuk diterapkan di tambang sirtu.

KESIMPULAN

Berdasarkan studi literatur dari berbagai jurnal mengenai kerentanan airtanah, maka dapat ditarik kesimpulan :

- Metode yang mendekati cocok dalam penentuan kerentanan airtanah untuk kegiatan pertambangan adalah Metode DRASTIC
- Metode SVV dapat menjadi alternatif utama dalam penentuan kerentanan airtanah jika terkendala faktor ekonomi.

UCAPAN TERIMAKASIH

Dalam penyusunan paper ini tidak terlepas dukungan dari berbagai pihak khususnya Kepada Prodi Teknik Pertambangan UPN "Veteran" Yogyakarta.

DAFTAR PUSTAKA

- Aller, L., Bennett, T., Lehr, J. H., Petty, R. J., & Hackett, G. (1987). DRASTIC: A standardized system for evaluating ground water pollution potential using hydrogeologic settings. US Environmental Protection Agency. *Washington, DC*, 455.
- Akhtar, Malik M., Bailey, Earl., dan Dawood, Ammar S. 2015. Evaluation of Local Groundwater Vulnerability Based on DRASTIC Index Method in Lahore,

- Pakistan. *Geofisica International*, 54, 67-81.
- Babiker, I. S., Mohamed, M. A., Hiyama, T., & Kato, K. (2005). A GIS-based DRASTIC model for assessing aquifer vulnerability in Kakamigahara Heights, Gifu Prefecture, central Japan. *Science of the Total Environment*, 345(1-3), 127-140.
- Gogu, R. C., & Dassargues, A. (2000). Current trends and future challenges in groundwater vulnerability assessment using overlay and index methods. *Environmental geology*, 39(6), 549-559.
- Hamza, M. H., Added, A., Rodriguez, R., Abdeljaoued, S., & Mammou, A. B. (2007). A GIS-based DRASTIC vulnerability and net recharge reassessment in an aquifer of a semi-arid region (Metline-Ras Jebel-Raf Raf aquifer, Northern Tunisia). *Journal of Environmental Management*, 84(1), 12-19.
- Haq, S. R., Dwinagara, B., & Cahyadi, T. A. (2017). Analisis Tingkat Kerentanan Airtanah Pada Rencana Pertambangan Batubara Di Barito Timur, Kalimantan Tengah.
- Heru, H., & PE, P. D. (2014). Pemodelan Air Tanah Daerah Penambangan Batubara Pit Terbuka di Muara Lawa, Kabupaten Kutai Barat, Kalimantan Timur. In *Prosiding Seminar Nasional Kebumihan Ke-7*.
- Karan, S. K., Samadder, S. R., & Singh, V. (2018). Groundwater vulnerability assessment in degraded coal mining areas using the AHP-Modified DRASTIC model. *Land Degradation & Development*, 29(8), 2351-2365.
- Kumar, P., Bansod, B. K., Debnath, S. K., Thakur, P. K., & Ghanshyam, C. (2015). Index-based groundwater vulnerability mapping models using hydrogeological settings: a critical evaluation. *Environmental Impact Assessment Review*, 51, 38-49.
- Kusuma, K. I. (2009). Studi kerentanan air tanah menggunakan metode DRASTIC di urban area Kota Semarang. *Skripsi. Universitas Diponegoro*.
- Linggasari, S., Cahyadi, T. A., & Ernawati, R. (2019). Overview Metode Perhitungan Kerentanan Airtanah Terhadap Rencana Penambangan. *ReTII*, 123-129.
- Neshat, A., Pradhan, B., Pirasteh, S., & Shafri, H. Z. M. (2014). Estimating groundwater vulnerability to pollution using a modified DRASTIC model in the Kerman agricultural area, Iran. *Environmental earth sciences*, 71(7), 3119-3131.
- Pedreira, R., Kallioras, A., Pliakas, F., Gkioungkis, I., & Schuth, C. (2015). Groundwater vulnerability assessment of a coastal aquifer system at River Nestos eastern Delta, Greece. *Environmental Earth Sciences*, 73(10), 6387-6415.
- Piscopo, Gennaro. 2001. Groundwater Vulnerability Map Explanatory Notes. *NSW Department of Land and Water Conservation*.
- Pujianto, E., Supangkal, H., Utomo, N. M., & Hakim, A. (2011). Studi Pengaruh Penambangan Batubara Terhadap Kondisi Potensi Air Tanah di Daerah Kalimantan Selatan. *Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara*.
- Rahman, A. (2008). A GIS based DRASTIC model for assessing groundwater vulnerability in shallow aquifer in Aligarh, India. *Applied geography*, 28(1), 32-53.
- Rose'n L (1994) A study of the DRASTIC methodology with emphasis on Swedish conditions. *Ground Water* 32(2):278-284
- Rundquist, D. C., Peters, A. J., Di, L., Rodekoeh, D. A., Ehrman, R. L., & Murray, G. (1991). Statewide groundwater-vulnerability assessment in nebraska using the drastic/GIS model. *Geocarto international*, 6(2), 51-58.
- Smith, P. A., Scott, H. D., & Fugitt, T. (1994). Influence of geographic database scale on prediction of groundwater vulnerability to pesticides. *Soil and Sediment Contamination*, 3(3), 285-298.
- Souvannachith, T., Putra, D. P. E., & Hendrayana, H. (2017). Assessment of groundwater contamination hazard by nitrate in Samas area, Bantul district, Yogyakarta, Indonesia. *Journal of Applied Geology*, 2(1), 36-47.
- Wang, J., He, J., & Chen, H. (2012). Assessment of groundwater contamination risk using hazard quantification, a modified DRASTIC model and groundwater value,

Beijing Plain, China. *Science of the Total Environment*, 432, 216-226.

Widyastuti, M., Notosiswoyo, S., dan Anggayana, K.
2006. Pengembangan Metode DRASTIC
untuk Prediksi Kerentanan Air Tanah
Terhadap Pencemaran di Sleman. *Majalah
Geografi Indonesia*, Vol. 20, No.1, hal 33
– 51.