**ANALISIS TINGKAT KERENTANAN AIRTANAH PADA RENCANA
PERTAMBANGAN BATUBARA DI BARITO TIMUR, KALIMANTAN TENGAH**

Shofa Rijalul Haq¹, Barlian Dwinagara², Karlina Triana³, Tedy Agung Cahyadi²

¹*Mineral and Coal Studio (Konsultan Pertambangan)*

²*Teknik Pertambangan, UPN “veteran”, Yogyakarta*

³*Program Pasca Sarjana Teknik Geologi UGM, Yogyakarta*

Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 mewajibkan setiap perusahaan pertambangan di Indonesia untuk melakukan kegiatan perlindungan dan pengelolaan pada lingkungan hidup. Salah satunya adalah kegiatan perlindungan dan pengelolaan terhadap pencemaran airtanah akibat aktivitas pertambangan. Analisis tingkat kerentanan airtanah bertujuan untuk mengetahui zonasi batas atau tingkat ketahanan airtanah terhadap suatu pencemaran di lokasi rencana kegiatan pertambangan. Tingkat kerentanan air tanah tersebut digunakan sebagai acuan untuk menentukan lokasi sarana dan prasarana pertambangan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode DRASTIC. Parameter kerentanan yang digunakan dalam metode tersebut adalah kedalaman airtanah dari permukaan (*Depth to groundwater*), curah hujan (*Recharge*), media akifer (*Aquifer media*), jenis tanah (*Soil*), Topografi, pengaruh media pada zona tak jenuh air (*Impact of vadoze zone*) dan konduktifitas hidrolik (*Conductivity*). Metode DRASTIC membagi masing-masing parameter menjadi beberapa kelas menurut rating, dan membobotkan tiap parameter tersebut berdasarkan pengaruhnya terhadap kerentanan airtanah. Hasil akhir dari penelitian ini adalah peta kerentanan airtanah dengan nilai indeks berkisar antara 82 (rendah) sampai 165 (tinggi). Dari peta tersebut dapat disimpulkan bahwa daerah yang paling rentan terletak disebelah utara lokasi penelitian, sehingga kegiatan perlindungan dan pengelolaan dapat difokuskan didaerah tersebut.

Kata Kunci: Air tanah, Kerentanan, Pertambangan Batubara, DRASTIC

PENDAHULUAN

Batubara merupakan salah satu sumber energi alternatif yang potensial di Indonesia. Menurut Badan Geologi Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), sumberdaya batubara Indonesia saat ini mencapai 65,4 miliar ton. Hal tersebut menjadikan industri pertambangan di Indonesia memiliki daya tarik usaha dan investasi. Banyak perusahaan pertambangan yang tersebar luas di Indonesia. Salah satu daerah di Indonesia dimana terdapat banyak kegiatan pertambangan batubara adalah Pulau Kalimantan. Di sisi lain, kegiatan pertambangan batubara dengan sistem *open pit* telah diketahui sebagai kegiatan yang menyebabkan degradasi terhadap lingkungan. Dampak lingkungan dari tambang terbuka tidak hanya perubahan dari

bentang alam, tetapi juga bahaya kesehatan manusia. Sehingga, Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 mewajibkan setiap perusahaan pertambangan di Indonesia untuk melakukan kegiatan perlindungan dan pengelolaan pada lingkungan hidup. Salah satunya adalah kegiatan perlindungan dan pengelolaan terhadap pencemaran airtanah akibat aktivitas pertambangan batubara. Areal penelitian adalah salah satu konsesi pertambangan batubara yang berlokasi di Barito Timur, Kalimantan Tengah (Gambar 1). Sebagian besar masyarakat khususnya di Barito Timur menggunakan airtanah sebagai sumber air yang utama. Airtanah relatif memiliki kualitas yang lebih baik dibanding air permukaan dan tidak mudah tercemar. Namun, jika terjadi pencemaran di dalam airtanah, akan sulit dilakukan pemulihan.

Gambar 1. Peta Lokasi Rencana Penambangan Batubara

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 kontaminan atau pencemar yang ada.

Menurut Foster dkk (2002), istilah kerentanan mulai digunakan secara intuitif dalam dunia hidrogeologi pada tahun 1970an di Prancis (Albiner dan Margat, 1970) dan dikenal lebih luas pada tahun 1980an (Haertle, 1983; Aller dkk, 1978; Foster dan Hirata, 1988). Konsep kerentanan airtanah didasarkan pada asumsi bahwa kondisi fisik lingkungan memiliki tingkat perlindungan airtanah terhadap pencemaran (Vrba dan Zaporozec, 1994).

Dalam hal ini, kerentanan yang dimaksud adalah sistem airtanah yang mampu melindungi airtanah dari pencemaran baik alami (*intrinsic*) maupun karena aktivitas manusia (*spesific*). Menurut Margat (1987;

dalam Vrba dan Zaporozec, 1994), kerentanan airtanah dipengaruhi oleh faktor hidrogeologi yang pokok yaitu kedalaman muka airtanah, penyerapan cadangan permukaan, hubungan antara tanah dan air permukaan, dan rata – rata kecepatan aliran airtanah. Interpretasi kondisi hidrogeologi dalam hal kerentanan bersifat kualitatif dan tidak memasukkan komponen perpindahan polutan dari permukaan tanah ke airtanah. Sedangkan menurut Johnston (1988, dalam Vrba dan Zaporozec, 1994), kerentanan suatu akuifer terhadap pencemaran dari sumber pencemaran dikontrol oleh sistem aliran airtanah, kerangka hidrogeologi, dan faktor iklim.

Berbagai macam aktivitas pertambangan yang dapat menyebabkan pencemaran misalnya adalah pembangunan sarana dan prasarana jalan angkut, penimbunan *overburden*, kegiatan di *workshop*, kegiatan pengolahan dan penimbunan batubara, serta pembuangan limbah domestik dari karyawan. Suatu pemodelan untuk pengukuran tingkat kerentanan air tanah terhadap pencemaran penting dilakukan terkait dengan perlindungan airtanah dari

pencemaran akibat kegiatan pertambangan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui zonasi tingkat kerentanan airtanah bebas terhadap pencemaran di daerah penelitian.

METODOLOGI PENELITIAN

Terdapat banyak metode yang telah digunakan untuk mengestimasi tingkat kerentanan airtanah. Metode penentuan tingkat kerentanan airtanah pada dasarnya dibagi menjadi tiga kategori yang umum (Javadi, 2011), yaitu: metode proses yang berdasarkan simulasi, metode statistik dan metode tumpang susun (*index overlay*). Metode tumpang susun merupakan metode yang sangat mudah diterapkan, khususnya dengan menggunakan sistem informasi geografis (SIG). Sampai saat ini, metode tumpang susun tersebut telah banyak dikembangkan seperti GOD (Foster, 1987), IRISH (Daly dan Drew, 1999), AVI (Van Stemproot dkk., 1993), Hoelting dkk (1995), SVV (Putra, 2007) dan DRASTIC (Aller dkk., 1987).

Menurut Foster (1998), metode yang paling banyak diketahui dan dapat diterapkan hampir pada berbagai kondisi daerah adalah metodologi DRASTIC (Aller dkk, 1987). Metode tersebut menggunakan tujuh parameter dalam perhitungan nilai indeks kerentanannya. Setiap parameter memiliki nilai bobot dan peringkat yang spesifik. Ketujuh parameter tersebut adalah kedalaman air tanah (*Depth to water*), laju pengisian kembali (*Recharge*), jenis akifer (*Aquifer*), jenis tanah (*Soils*), kemiringan (*Topography*), dampak terhadap zona tak jenuh (*Impact of Vadose Zone*), konduktivitas hidrolis akifer (*Conductivity of aquifer*). Indeks DRASTIC dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$V = \sum_{i=1}^7 (W_i \times R_i)$$

Dimana V adalah nilai indeks kerentanan dari DRASTIC. W_i adalah koefisien pembobotan dari tiap parameter (i) yang terkait nilai rating terkait dari R_i . Parameter DRASTIC mempunyai bobot 1-5, tergantung dari tingkat kepentingan dan kontribusinya terhadap potensi pencemaran. Klasifikasi dan rating DRASTIC dapat dilihat pada Tabel 1 sampai Tabel 7, sedangkan penilaian bobot tiap parameter disajikan pada Tabel 8.

Tabel 1. Klasifikasi dan rating untuk kedalaman airtanah

Kedalaman Airtanah (m)		
Kelas	Rentang	Rating
1	0-1,5	10
2	1,5-4,5	9
3	4,5-9,0	7
4	9,0-15	5
5	15-22,5	3
6	22,5-30	3
7	>30	1

Tabel 2. Klasifikasi dan rating untuk curah hujan

Curah Hujan (mm/tahun)		
Kelas	Rentang	Rating
1	0-1500	2
2	1500-2000	4
3	2000-2500	6
4	2500-3000	8
5	>3000	10

Tabel 3. Klasifikasi dan rating untuk akifer

Media Akifer		
Kelas	Media	Rating
1	<i>Shale</i> massif	2
2	Batuan metamorf/beku	3
3	Lapukan batuan metamorf	4
4	Batugamping, batupasir dan <i>shale</i>	6
5	Batupasir massif	6
6	Batugamping masif	6
7	Pasir dan kerikil	8
8	Basal	9
9	Batugamping karst	10

Tabel 4. Klasifikasi dan rating untuk tanah

Media Tanah		
Kelas	Media	Rating
1	Kerikil	10
2	Pasir	9
3	Agregat lempung	7
4	Lempung pasir	6
5	Lempung	5
6	Lempung lanauan	4
7	Lempung non-agregat	1

Tabel 5. Klasifikasi dan rating topografi

Topografi (%)		
Kelas	Rentang	Rating
1	0-2	10
2	2-6	9
3	6-12	5
4	12-18	3
5	>18	1

Tabel 6. Klasifikasi dan rating untuk zona tak jenuh

Media Zona Tak Jenuh		
Kelas	Media	Rating
1	Lempung lanauan	1
2	Shale	3
3	Batugamping	6
4	Batupasir	6
5	Perlapisan batugamping, batupasir dan <i>shale</i>	6
6	Pasir dan kerikil dengan lanau dan lempung	6
7	Metamorf/beku	4
8	Pasir dan kerikil	8
9	Basal	9
10	Batugamping Karst	10

Tabel 7. Klasifikasi dan rating untuk konduktivitas akifer

Konduktivitas akifer		
Kelas	Rentang	Rating
1	1-100	1
2	100-300	2
3	300-700	4
4	700-1000	6
5	1000-2000	8
6	>2000	10

Tabel 8. Penilaian Bobot tiap Parameter

Parameter	Bobot
Kedalaman air tanah	5
Laju pengisian kembali	4
Media akifer	3
Media tanah	2
Kemiringan	1
Dampak pada zona vadose	5
Konduktivitas akifer	3

Metode DRASTIC yang dipublikasikan oleh Aller dkk (1987) tidak menyediakan indeks klasifikasi dari tingkat kerentanan, sehingga pada penelitian ini, indeks yang digunakan adalah sistem klasifikasi tingkat kerentanan dari Civita dan De Regibus 1995, Corniello dkk. 1997. Sistem klasifikasi ini memberikan lima kelas tingkat kerentanan air tanah dari metode DRASTIC sebagai berikut :

- Sangat tinggi (indeks kerentanan >199),
- Tinggi (160–199),
- Sedang (120–159),
- Rendah (80–119), dan
- Sangat rendah (<79)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Parameter-parameter yang dipertimbangkan dalam pembobotan tingkat kerentanan airtanah meliputi kedalaman air tanah (*depth to water*), laju pengisian kembali (*recharge*), media akifer (*aquifer*), media tanah (*soils*), kemiringan (*topography*), dampak terhadap zona tak jenuh (*impact of vadose zone*), konduktivitas hidrolis akifer (*conductivity of aquifer*). Tingkat kerentanan airtanah dibuat dengan menumpang tindihkan ketujuh parameter DRASTIC yang ada pada daerah penelitian.

Kedalaman Air Tanah (*Depth to Water*)

Kedalaman air tanah di area rencana lokasi penambangan adalah sekitar 9,4 sampai 33,3 meter. Kedalaman tersebut diukur melalui lubang bor eksplorasi dan geoteknik. Melalui pengukuran tersebut kemudian dapat diperoleh pemodelan secara dua dimensi.

Laju Pengisian Kembali (*Recharge*)

Laju pengisian kembali dihitung melalui data curah hujan di daerah sekitar rencana penambangan batubara. Curah hujan di areal penelitian rencana penambangan batubara termasuk dalam kategori yang tinggi, yaitu sekitar 3000 mm per tahun (Barito Timur Dalam Angka, 2010). Curah hujan yang tinggi kemungkinan dapat berpengaruh secara signifikan terhadap pencemaran airtanah. Hal tersebut disebabkan curah hujan yang tinggi membuat laju infiltrasi menjadi lebih tinggi, sehingga pencemar lebih mudah untuk mencapai airtanah.

Media Akifer (*Aquifer*)

Daerah penyelidikan dari lapisan yang tua ke muda tersusun oleh beberapa formasi, yaitu Formasi Dahor, dan Formasi Warukin. Formasi Dahor, yang tersusun atas batupasir kuarsa lepas berbutir terpilah buruk, konglomerat lepas dengan komponen kuarsa yang berdiameter 1-3 cm, batulempung lunak. Secara umum daerah area studi didominasi oleh material batupasir, meskipun terdapat material penyusun lainnya seperti kuarsa, konglomerat, dan sisipan batubara. Batupasir bersifat sebagai media aliran airtanah yang dapat meloloskan airtanah.

Media Tanah (*Soils*)

Berdasarkan lubang bor serta observasi di lapangan, tanah di daerah penelitian didominasi oleh lempung pasir yang terdapat di bagian selatan areal rencana pertambangan. Sedangkan di bagian utara, masih dapat dijumpai gambut.

Kemiringan (*Topography*)

Peta topografi di area rencana pertambangan disiapkan melalui digital elevation model (DEM) yang didapatkan dari USGS. Berdasarkan peta kemiringan lereng, daerah penelitian memiliki kemiringan lereng bervariasi antara 8 sampai 15%. Berdasarkan klasifikasi DRASTIC, hampir seluruh daerah penelitian masuk ke dalam kategori daerah kemiringan rendah, yaitu 0-2%. Daerah dengan tingkat kemiringan

rendah menyebabkan air memiliki kesempatan untuk meresap ke dalam tanah, sedangkan pada daerah dengan tingkat kemiringan lebih tinggi air cenderung langsung mengalir.

Dampak Terhadap Zona Tak Jenuh (*Impact of Vadose Zone*)

Jenis zona tak jenuh air ditentukan berdasarkan karakteristik dari material, termasuk jenis dan batas tanah serta batuan di bawah muka airtanah. Material tersebut akan mengontrol arah maupun waktu tempuh yang dibutuhkan untuk mencapai airtanah. Berdasarkan lubang pemboran eksplorasi dan geoteknik, zona tak jenuh di daerah rencana pertambangan didominasi oleh lempung lanau dan sedikit pasir.

Konduktivitas Hidrolis Akifer (*Conductivity of Aquifer*)

Konduktivitas hidrolis akifer merupakan kemampuan dari akifer untuk meloloskan air dan berpengaruh terhadap kecepatan aliran air tersebut. Semakin besar nilai konduktivitas hidrolis maka potensi terjadinya pencemaran pada airtanah juga akan semakin besar. Konduktivitas hidrolis di daerah rencana pertambangan adalah 0,088-1,334 m/hari. Nilai tersebut didapatkan berdasarkan pengujian *slug test* dan *pumping test* pada pemboran geoteknik yang telah dilakukan.

Tabel 9. Indeks DRASTIC Lubang Bor 1

Parameter	Data	Rating	Bobot	Jumlah
<i>Depth</i>	9,4 m	5	5	25
<i>Recharge</i>	3039 mm	10	4	40
<i>Akuifer</i>	Pasir massif	6	3	18
<i>Soils</i>	Lempung pasir	6	2	12
<i>Kemiringan</i>	8%	5	1	5
<i>Impact of Vadose Zone</i>	Lempung lanau	3	5	15
<i>Conductivity</i>	0,43m/hari	1	3	3
Indeks DRASTIC				118

Tabel 10. Indeks DRASTIC Lubang Bor 2

Parameter	Data	Rating	Bobot	Jumlah
Depth	11,8 m	5	5	25
Recharge	3039 mm	10	4	40
Akuifer	Pasir massif	6	3	18
Soils	Lempung pasir	6	2	12
Kemiringan	15%	3	1	3
Impact of Vadose Zone	Lempung lanau	3	5	15
Conductivity	0,317 m/hari	1	3	3
Indeks DRASTIC				116

Tabel 11. Indeks DRASTIC Lubang Bor 3

Parameter	Data	Rating	Bobot	Jumlah
Depth	33,3 m	1	5	55
Recharge	3039 mm	10	4	40
Akuifer	Pasir massif	6	3	18
Soils	Lempung pasir	6	2	12
Kemiringan	8%	5	1	5
Impact of Vadose Zone	Lempung lanau	3	5	15
Conductivity	1,33 m/hari	1	3	3
Indeks DRASTIC				98

Tabel 12. Indeks DRASTIC Lubang Bor 4

Parameter	Data	Rating	Bobot	Jumlah
Depth	4,6 m	7	5	35
Recharge	3039 mm	10	4	40
Akuifer	Pasir	8	3	24
Soils	Pasir	9	2	18
Kemiringan	15%	5	1	5
Impact of Vadose Zone	Pasir dan kerikil	8	5	40
Conductivity	0,43 m/hari	1	3	3
Indeks DRASTIC				165

Peta Kerentanan Airtanah di Lokasi Rencana Pertambangan Batubara, Barito Timur

Setelah menentukan semua parameter yang dibutuhkan, maka parameter tersebut diklasifikasi dan diberikan peringkat kemudian dikalikan dengan faktor pembobotannya untuk mendapatkan nilai indeks DRASTIC. Indeks DRASTIC dibagi menjadi 5 kelas. Nilai indeks yang semakin besar mengindikasikan tingkat kerentanan yang semakin tinggi, sedangkan nilai yang kecil mengindikasikan tingkat kerentanan yang rendah. Setelah nilai DRASTIC pada tiap lubang bor didapatkan, kemudian diinterpolasi dengan menggunakan metode Krigging untuk mendapatkan deliniasi antar titik, sehingga diketahui zona pada daerah penelitian. Hasil olah data dengan metode DRASTIC berupa peta tingkat kerentanan airtanah dapat dilihat pada gambar 1.

Gambar 1. Zonasi Tingkat Kerentanan Airtanah di Lokasi Rencana Pertambangan

Berdasarkan klasifikasi DRASTIC dari Civita dan De Regibus 1995, Corniello dkk. 1997, daerah penelitian memiliki tingkat kerentanan rendah (*low*), sedang (*moderate*), tinggi (*high*). Distribusi tingkat kerentanan airtanah rendah terdapat di daerah bagian selatan, sedangkan tingkat kerentanan yang sedang terdapat di lokasi rencana *pit* penambangan. Kontribusi masing-masing parameter DRASTIC terhadap tingkat kerentanan airtanah di daerah penelitian berbeda-beda. Parameter yang memiliki kontribusi rendah adalah parameter konduktivitas hidrolis akifer (*conductivity*), sedangkan parameter yang memiliki kontribusi tinggi adalah jumlah *recharge*.

KESIMPULAN

Hasil zonasi tingkat kerentanan airtanah di daerah rencana pertambangan di Barito Timur, Kalimantan Tengah terbagi menjadi tiga indeks nilai, yaitu tingkat rendah, sedang, dan tinggi. Tingkat kerentanan airtanah rendah meliputi daerah dengan luas sebesar 12,99 % dari luas total, terdapat di daerah bagian selatan. Nilai tingkat kerentanan sedang adalah meliputi 33,13 % dari luas total, yang tersebar banyak terdapat di lokasi rencana *pit* penambangan. Sedangkan nilai tingkat kerentanan tinggi mendominasi daerah penelitian sebelah utara, yaitu sebesar 53, 87 %. Berdasarkan hasil zonasi tingkat kerentanan tersebut dapat disimpulkan bahwa perlu dibuat skala prioritas untuk pengelolaan airtanah terkait lokasi sarana dan prasarana yang telah direncanakan, sehingga dapat meminimalkan dampak pertambangan batubara terdapat airtanah di daerah penelitian, Barito Timur, Kalimantan Tengah.

DAFTAR PUSTAKA

Aller, L., Bennet, T., Lehr, J. H., Petty, R. J., Hackett, G., *DRASTIC: A Standardized*

System for Evaluating Groundwater Pollution Potential using Hydrogeological Settings, EPA/600/2-87/035. US Environmental Protection Agency, USA (1987).

Chilton, J., Schmoll, O and Appleyard, S., *Assessment of Groundwater Pollution Potential*, In: Schmoll, O, Howard, G, Chilton, J and Chorus, I. (ed) *Protecting Groundwater for Health: Managing Quality of Drinking Water Sources*, WHO Drinking Water Quality Series (2006).

Daly, D., Drew, D., *Irish Methodologies for Karst Aquifer Protection*. In: "Hydrogeology and engineering geology of sinkholes and karst" (ed): Beek B. Balkema, Rotterdam, pp. 267-272. (1999)

Foster, S., and Hirata, R., *Groundwater Pollution Risk Assessment; A Methodology Using Available Data*, PAN American Center For Sanitary Engineering and Environmental Sciences (CEPIS), Lima, Peru (1988).

Javadi, S., *Modification of DRASTIC Model to Map Groundwater Vulnerability to Pollution Using Nitrate Measurements in Agricultural Areas*, Journal of Agricultural Science and Technology, **13**, pp.239-249 (2011).

Johansson, P.-O, and Hirata, R., *Rating of Groundwater Contaminant Sources*, in Zaporosec, (ed), *Groundwater Contamination Inventory: A Methodological Guide*, IHP-VI, Series on Groundwater No. 2, UNESCO, p.63-74(2002).

Vbra, J., Zaporosec, A. (1994): *Guidebook on Mapping Groundwater Vulnerability*. International Association of Hydrogeologist (International Contributions to Hydrogeology 16). Verlag Heinz Heise, Hannover.