

## **Analisis Tingkat Kerentanan Air Bawah Tanah terhadap Pencemaran Limbah Cair *Home Industry* Batik di Desa Wijirejo, Kabupaten Bantul**

**Shafira Fitriyani<sup>1, a)</sup>, Dina Asrifah<sup>2, b)</sup>, Andi Sungkowo<sup>3, c)</sup>**

<sup>1), 2), 3)</sup> Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknologi Mineral UPN “Veteran” Yogyakarta

<sup>a)</sup> Corresponding author: Shafiraaftryn@gmail.com

<sup>b)</sup> dina\_asrifah@upnyk.ac.id

<sup>c)</sup> andi.sungkowo@upnyk.ac.id

### **ABSTRAK**

*Home industry* batik di Desa Wijirejo, Kecamatan Pandak, Kabupaten Bantul memanfaatkan sungai sebagai penerima limbah cair *home industry* batik yang tidak diolah terlebih dahulu. Tidak adanya pengelolaan limbah cair *home industry* ini menyebabkan air sungai dan air bawah tercemar. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kerentanan air bawah tanah terhadap pencemaran limbah cair kegiatan *home industry* batik. Metode yang digunakan dalam penelitian adalah metode survey dan pemetaan, pengambilan sampel menggunakan metode *purposive sampling*, metode matematis serta analisis deskriptif. Mengetahui tingkat kerentanan air bawah tanah menggunakan metode DRASTIC, dengan 7 parameter berupa kedalaman muka air bawah tanah, curah hujan, jenis akuifer, tekstur tanah, kemiringan lereng, media zona tak jenuh, dan konduktivitas hidrolis. Hasil penelitian menunjukkan daerah penelitian memiliki kerentanan air bawah tanah yang masuk dalam klasifikasi tinggi dengan bobot total sebesar 145, 149, 159 dan 164. Limbah cair *home industry* batik yang tidak diolah dengan baik dapat mencemari air bawah tanah, karena tingkat kerentanan air bawah tanah yang tinggi.

**Kata Kunci:** DRASTIC; *Home Industry* Batik; Kerentanan; Pencemaran

### **ABSTRACT**

*Batik Home industry in Wijirejo Village, Pandak Sub-District, Bantul District is used as a recipient of wastewater from batik home industry that is not treat first. The absence of home industry waste water treatment cause river and groundwater polluted. The purpose of this research are to find out the level of river and groundwater vulnerability due to activities of batik home industry. The methods used in this research are mapping and observation, to take sample used purposive sampling, mathematical methods and descriptive analysis methods. To know vulnerability of groundwater used DRASTIC method for groundwater vulnerability with 7 parameters, Depth to water table, recharge, aquifer media, soil media, topography, Impact of vadose zone media, and Conductivity hydraulic. The results of this research are vulnerability of groundwater is included in the class of high with score totals is 145, 149, 159 dan 164. Wastewater batik home industry can potentially pollute groundwater if it is not managed properly.*

**Keywords:** DRASTIC; *Home Industry*; Vulnerability; Pollution

## **PENDAHULUAN**

Daerah Istimewa Yogyakarta merupakan kota yang memiliki berbagai kesenian dan budaya seperti batik Yogyakarta, sekaten, karawitan, wayang kulit dan berbagai macam kesenian lainnya. Kesenian batik Yogyakarta memiliki daya tarik yang cukup besar bagi para turis yang berkunjung ke Yogyakarta. Banyaknya minat batik Yogyakarta ini meningkatkan jumlah produksi bahkan industri batiknya. Perkembangan industri ini banyak terjadi pada Kabupaten Bantul. Sentra batik yang berkembang di Bantul sendiri terdapat pada sentra Batik Wijirejo, Pajangan, dan Giriloyo.

Perkembangan *home industry* batik di Desa Wijirejo ini menimbulkan berbagai dampak negatif bagi lingkungan. Dampak negatif bagi lingkungan saat ini yang dominan salah satunya adalah limbah cair yang berasal dari kegiatan proses pembuatan batik. Limbah cair tersebut dibuang langsung oleh industri

batik ke badan air tanpa melakukan pengelolaan terlebih dahulu. Salah satu indikasi terjadinya pencemaran air bawah tanah di Desa Wijirejo adalah bau air yang sedikit menyengat seperti minyak tanah. Penggunaan air dalam proses pembuatan batik diperkirakan kurang lebih 25-50 m<sup>2</sup>/meter kain batik. Data kementerian perindustrian pada tahun 2017 menunjukkan bahwa produksi batik di Indonesia rata – rata 500 juta meter/tahun, menunjukkan 25 juta m<sup>3</sup> air/tahun. Persediaan air untuk industri batik per tahun, setara dengan penyediaan kebutuhan air bersih untuk 2.500 rumah tangga (Balai Besar Kerajinan dan Batik, 2010).

Pencemaran air sungai dan air bawah tanah memiliki potensi penyebaran yang dapat terjadi tergantung dengan tingkat kerentanan air sungai dan air bawah tanah di Desa Wijirejo. Kerentanan ini memperlihatkan sifatnya yang mudah atau tidak suatu badan air terkena kontaminasi limbah. Kerentanan ini erat kaitannya dengan kondisi fisik seperti geofisik air sungai dan geofisik air bawah tanah serta kegiatan manusia yang dapat mengontrol besarnya dampak yang dapat ditimbulkan bahan pencemar. Sehingga, perlu adanya kajian tentang kerentanan air sungai dan air bawah tanah terhadap pencemaran limbah cair *home industry* batik.

## METODE

### Pengumpulan data

Data yang dikumpulkan berupa data sekunder dan data primer. Data sekunder yang diperlukan meliputi peta citra *google earth*, peta rupa bumi, curah hujan, dan data bor daerah penelitian. Data sekunder yang diperlukan meliputi kedalaman muka air bawah tanah, kemiringan lereng, tekstur tanah dan kualitas air bawah tanah. Sampel data primer diambil dengan teknik *purposive sampling*. Metode survey digunakan sebagai bentuk *crosscheck* langsung di lapangan.

### Pengolahan Data Analisis Data

Metode dalam pengolahan data yang digunakan untuk mengetahui tingkat kerentanan pencemaran air bawah tanah adalah metode DRASTIC. Metode DRASTIC merupakan metode pembobotan dan penilaian. Parameter yang digunakan dalam klasifikasi tingkat kerentanan air bawah tanah adalah kedalaman muka air bawah tanah, curah hujan, media akuifer, tekstur tanah, kemiringan lereng, media zona tak jenuh, konduktivitas hidrolis, dan penggunaan lahan. Untuk mendapatkan tingkat kerentanan air bawah tanah dengan DRASTIC, dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$= D_R D_W + R_R R_W + A_R A_W + S_R S_W + T_R T_W + I_R I_W + C_R C_W$$

Keterangan:

(R) = nilai untuk masing-masing parameter

(W) = bobot untuk masing-masing parameter

**Tabel 1. Pembobotan Parameter Kerentanan DRASTIC**

	Parameter	Nilai
D	<i>Depth to water table/</i> kedalaman muka air bawah tanah	5
R	<i>Recharge/</i> curah hujan	4
A	<i>Aquifer media/</i> jenis akuifer	3
S	<i>Soil media/</i> tekstur tanah	2
T	<i>Topography/</i> kemiringan lereng	1
I	<i>Impact of vadose zone media/</i> jenis zona tak jenuh	5
C	<i>Conductivity hydraulic/</i> konduktivitas hidrolis	3

Sumber: Aller et al, 1987 dalam Nurjani, 2013

Data primer dan data sekunder yang telah didapatkan kemudian dilakukan perhitungan DRASTIC yang dicocokkan dengan kelas setiap parameter. Setiap kelas memiliki nilai yang berbeda yang akan mempengaruhi tingkat kerentanan pencemaran air bawah tanah.

**Tabel 2. Kelas Kedalaman Muka Air Bawah Tanah**

Interval Kedalaman Muka Air Bawah Tanah (m)	Nilai
0 – 1,5	10
1,5 – 3	9
3 – 9	7
9 – 15	5
15 – 22	3
22 – 30	2
>30	1

Sumber: Aller et al, 1987 dalam Nurjani, 2013

**Tabel 3. Kelas Curah Hujan**

Curah Hujan (mm/thn)	Nilai
0 – 1500	1,8
1500 – 2000	3
2000 – 2500	6
2500 – 3000	8
>3000	10

Sumber: Aller et al, 1987 dalam Nurjani, 2013

**Tabel 4. Kelas Media Akuifer**

Jenis Media Akuifer	Nilai
Serpih massif	2
Batuan metamorf/ beku	3
Batuan metamorf/breksi lapuk	4
Batupasir, serpih, dan batugamping	6
Batupasir massif	6
Batugamping massif	6
Pasir dan kerikil	8
Basalt	9
Batugamping karst	10

Sumber: Aller et al, 1987 dalam Nurjani, 2013

**Tabel 5. Kelas Tekstur Tanah**

Tekstur Tanah	Nilai
Kerikil	10
Pasir	9
Agregat/ perkerutan lempung	8
Geluh pasiran	7
Geluh	6
Geluh lanauan	5
Geluh berlempung	4
Non shrinkring dan lempung non agregat	3

Sumber: Aller et al, 1987 dalam Nurjani, 2013

**Tabel 6. Kelas Kemiringan Lereng**

Lereng (%)	Nilai
0 – 2	10
2 – 6	9
6 – 12	8
12 – 18	7
>18	6

Sumber: Aller et al, 1987 dalam Nurjani, 2013

**Tabel 7. Kelas Zona Tak Jenuh**

<b>Media Zona Tak Jenuh</b>	<b>Nilai</b>
Lanau/ lempung	1
Serpih	3
Batugamping	6
Batupasir	6
Bodded limestone, batupasir, serpih	6
Serpih dan kerikil dengan lanau dan lempung cukup	6
Pasir dan kerikil	7
Batuan metamorf	8
Basal	9
Batugamping karst	10

Sumber: Aller et al, 1987 dalam Nurjani, 2013

**Tabel 8. Kelas Konduktivitas Hidraulik**

<b>Konduktivitas Hidraulik (m/hari)</b>	<b>Nilai</b>
0 – 0,86	1
0,86 – 2,59	2
2,59 – 6, 05	4
6,05 – 8,64	6
8,64 – 17,18	8
>17,18	10

Sumber: Aller et al, 1987 dalam Nurjani, 2013

Penentuan nilai tingkat kerentanan air bawah tanah dilakukan dengan mengkalikan nilai parameter dan bobot parameter, yang kemudian dijumlahkan, kemudian dapat dilihat kriteria kerentanan pencemaran air bawah tanah yang dapat dilihat pada Tabel 9.

**Tabel 9. Kriteria Tingkat Kerentanan Pencemaran Air Bawah Tanah**

<b>Tingkat Kerentanan</b>	<b>Indeks DRASTIC</b>
Rendah	1 – 100
Sedang	100 – 140
Tinggi	141 – 200
Sangat tinggi	>200

Sumber: Aller et al, 1987 dalam Nurjani, 2013

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Kedalaman Muka Air Bawah Tanah

Data kedalaman muka air bawah tanah diambil dengan cara mengukur jarak minimum muka air bawah tanah terhadap permukaan. Bobot dari kedalaman muka air bawah tanah menurut metode DRASTIC sebesar 5. Pengukuran dilakukan pada 19 sumur penduduk di lokasi penelitian. Berdasarkan hasil pengukuran di lapangan, kedalaman muka air bawah tanah di daerah penelitian berkisar antara 0,8 meter sampai 6,04 meter. Menurut klasifikasi DRASTIC kedalaman muka air bawah tanah dibagi menjadi 3 interval kedalaman muka air bawah tanah, yaitu kedalaman air bawah tanah 0 - 1,5 meter dengan nilai 10, kedalaman air bawah tanah 1,5-4,5 meter dengan nilai 9 dan kedalaman muka air bawah tanah 4,5-9,5 meter dengan nilai 7.

## **Curah Hujan**

Curah hujan dapat dilihat dari data curah hujan yang bersumber dari stasiun terdekat dari daerah penelitian. Data curah hujan diambil dari Stasiun Sapon, dengan panjang data selama 10 tahun (2009-2018). Curah hujan di daerah penelitian memiliki interval 1500-2000 mm/tahun. Menurut metode DRASTIC curah hujan memiliki bobot sebesar 4. Curah hujan yang memiliki tingkat yang tinggi berpengaruh terhadap pencemaran air bawah tanah karena pengenceran oleh air hujan dan menyebabkan kontaminan mudah larut dan bergerak menuju air bawah tanah bebas.

## **Jenis Akuifer**

Data jenis akuifer diperoleh dari data bor yang terdapat di daerah penelitian. Data bor daerah penelitian didapatkan dari Dinas Pekerjaan Umum dan Perumahan Energi Sumber Daya Mineral. Daerah penelitian memiliki akuifer bebas yang tersusun oleh batupasir yang memiliki kadar besi tinggi dengan kedalaman sampai 18 meter. Bobot jenis media akuifer menurut metode DRASTIC sebesar 3. Jenis media akuifer pada daerah penelitian berupa batupasir, nilai untuk batupasir menurut metode DRASTIC sebesar 6. Kemudian bobot jenis media akuifer dikalikan dengan nilai jenis media akuifer dengan total nilai untuk daerah penelitian sebesar 18. Media akuifer juga mempengaruhi jumlah dari material permukaan yang terkontaminasi dalam menembus akuifer. Semakin besar kemampuan akuifer untuk menahan kontaminan maka waktu tempuh kontaminan bergerak akan semakin lama, sehingga potensi kontaminasi air bawah tanah akan semakin kecil.

## **Tekstur Tanah**

Penentuan tekstur tanah didapat dari pengamatan dan pemetaan di lapangan. Tekstur tanah menurut metode DRASTIC memiliki nilai bobot sebesar 2. Hasil dari pengamatan dan pemetaan di lapangan dapat diketahui bahwa tekstur tanah di daerah penelitian didominasi oleh geluh pasiran. Tekstur tanah berupa geluh pasiran bernilai 7. Tekstur tanah geluh pasiran menyebar secara merata pada daerah penelitian. Tanah memiliki pengaruh terhadap jumlah air dan kontaminasi yang dapat masuk ke dalam tanah. Tekstur tanah berupa geluh pasiran memiliki sifat permeabilitas yang relatif tinggi. Hal ini menyebabkan potensi kerentanan pencemaran air bawah tanah lebih besar pada jenis tanah kambisol bertekstur geluh pasiran. Dengan permeabilitas yang relatif tinggi, kerentanan yang ditimbulkan pada daerah penelitian akan tinggi hal ini ditunjukkan pada nilai skor sebesar 14 poin.

## **Kemiringan Lereng**

Kemiringan lereng dapat dilihat dari kontur peta topografi untuk melihat seberapa curam atau landainya lahan yang berada di daerah penelitian dengan mengacu pada klasifikasi Van Zuidam. Kemiringan lereng memiliki nilai bobot menurut metode DRASTIC sebesar 1. Daerah penelitian memiliki 1 klasifikasi dengan kemiringan lereng datar (0-2%) terletak di seluruh bagian daerah penelitian dengan nilai 10. Daerah penelitian yang didominasi kemiringan lereng datar cenderung menampung air dan meningkatkan infiltrasi, sehingga air bawah tanah akan mudah terkontaminasi. Namun, parameter kemiringan lereng dalam metode DRASTIC hanya memiliki bobot yang paling rendah yaitu 1, sehingga peran kemiringan lereng dalam mempengaruhi nilai indeks DRASTIC tergolong kecil.

## **Media Zona Tak Jenuh**

Data zona tak jenuh didapatkan dari data bor yang terdapat di daerah penelitian. Zona tak jenuh menurut metode DRASTIC memiliki nilai bobot sebesar 5. Parameter zona tak jenuh ini memiliki pengaruh yang tinggi terhadap pencemaran, yaitu zona tak jenuh yang memiliki ukuran butir yang lebih besar akan membantu pergerakan kontaminan menuju akuifer. Media zona tak jenuh dapat mengontrol panjang jalur dan pola sebaran sehingga mempengaruhi waktu yang dapat mengurangi tingkat kontaminasi. Media ini memiliki kemampuan dalam meloloskan air yang sedang sehingga memiliki nilai 6 dengan total skor sebesar 30.

## Konduktivitas Hidrolik

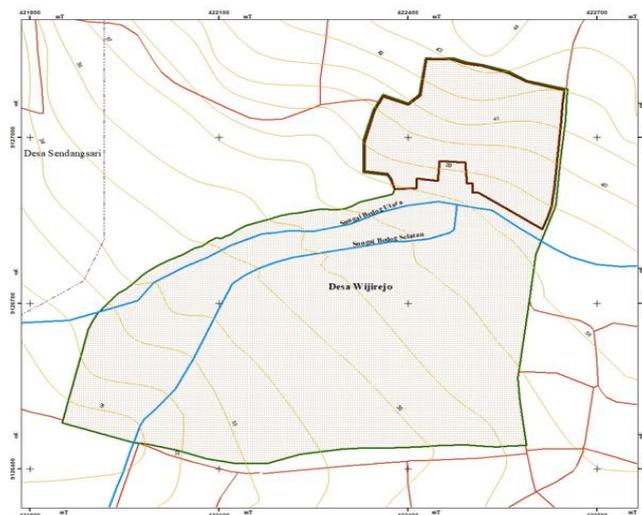
Data konduktivitas hidrolik didapatkan dari hasil *pumping test* di sumur gali milik warga. Data tersebut diperoleh dari instansi Dinas Pekerjaan Umum, Perumahan dan Energi Sumber Daya Mineral. Konduktivitas hidrolik menurut metode DRASTIC memiliki nilai bobot sebesar 3. Nilai konduktivitas hidrolik daerah penelitian sebesar 1,55 m/hari dan masuk ke dalam klasifikasi 0,86 – 2,59 m/hari dengan nilai 2. Konduktivitas hidrolik atau permeabilitas merupakan kecepatan atau kemampuan lapisan batuan untuk meloloskan air, permeabilitas dipengaruhi oleh sifat fisik, seperti porositas, ukuran butir, susunan butir, bentuk butir (Todd, 1980). Semakin besar permeabilitasnya maka karakteristik akuifer tersebut juga akan semakin baik. Konduktivitas hidrolik berperan dalam memperluas pencemaran atau menentukan keberlanjutan pencemaran oleh aliran air bawah tanah di dalam akuifer.

## Tingkat Kerentanan Pencemaran Air Bawah Tanah

Nilai indeks DRASTIC diperoleh dari hasil penjumlahan indeks semua parameter potensi pencemaran. Nilai indeks DRASTIC dapat menggambarkan tingkat kerentanan pencemaran air bawah tanah di daerah penelitian. Kerentanan air bawah tanah merupakan kemampuan sistem air bawah tanah atau tingkat sensitifitas air bawah tanah untuk bertahan terhadap suatu polutan.

Hasil dari pembobotan setiap parameter tingkat kerentanan air bawah tanah menunjukkan bahwa daerah penelitian memiliki 3 total skor yang berbeda dan masuk ke dalam 1 tingkat kerentanan. Total skor yang didapat adalah 145, 149 dan 164. Total skor 140 – 200 termasuk dalam indeks DRASTIC dengan tingkat kerentanan tinggi.

Daerah penelitian yang memiliki tingkat kerentanan tinggi memiliki interval kedalaman muka air bawah tanah sebesar 0 – 1,5, 1,5 – 3, dan 3 – 9 meter, kedalaman muka air bawah tanah di daerah penelitian memiliki pengaruh paling besar dalam kerentanan air bawah tanah. Interval curah hujan pada daerah penelitian sebesar 1500 – 2000 mm/tahun. Curah hujan memiliki pengaruh kerentanan air bawah tanah yang dilihat dari jumlah banyaknya air yang terserap ke dalam tanah dan masuk mencapai muka air bawah tanah. Jenis akuifer batupasir memiliki permeabilitas yang tinggi. Permeabilitas yang tinggi dapat menjadi jalan yang lancar untuk kontaminan menuju air bawah tanah. Sehingga potensi air bawah tanah tercemar semakin besar. Tekstur tanah mempengaruhi air yang bergerak masuk melewati permukaan tanah menuju muka air bawah tanah dan juga menjadi pengontrol jumlah polutan yang masuk ke dalam tanah dengan air hujan yang masuk. Geluh pasiran memiliki permeabilitas yang tinggi, sehingga dapat memudahkan masuknya kontaminan ke dalam air bawah tanah. Kemiringan lereng dapat membantu dalam menahan suatu zat pencemar apabila lereng tersebut curam. Daerah penelitian yang kondisi topografinya datar tidak memiliki aliran *runoff* sehingga air permukaan yang terkontaminasi akan mudah masuk ke dalam tanah.



Gambar 1. Peta Tingkat Kerentanan Pencemaran Air Bawah Tanah

Tabel 9. Tingkat Kerentanan Air Bawah Tanah Daerah Penelitian

Satuan Lahan	Kedalaman MAT (m) (Bobot 5)		Curah Hujan (mm/tahun) (Bobot 4)		Jenis Akuifer (Bobot 3)		Konduktivitas Hidraulik (m/hari) (Bobot 3)		Tekstur Tanah (Bobot 2)		Kemiringan Lereng (%) (Bobot 1)		Media Zona Tak Jenuh (Bobot 5)		Bobot Total	Klasifikasi Kerentanan
	K	S	K	S	K	S	K	S	K	S	K	S	K	S		
1	3-9	7	1500-2000	3	Batupasir	6	1,55	2	Geluh Pasiran	7	0-2 %	10	Batupasir	6	149	Tinggi
2	3-9	7	1500-2000	3	Batupasir	6	1,55	2	Geluh Pasiran	7	0-2 %	10	Batupasir	6	149	Tinggi
3	3-9	7	1500-2000	3	Batupasir	6	1,55	2	Geluh Pasiran	7	0-2 %	10	Batupasir	6	149	Tinggi
4	1,5-3	9	1500-2000	3	Batupasir	6	1,55	2	Geluh Pasiran	7	0-2 %	10	Batupasir	6	159	Tinggi
5	1,5-3	9	1500-2000	3	Batupasir	6	1,55	2	Geluh Pasiran	7	0-2 %	10	Batupasir	6	159	Tinggi
6	0-1,5	10	1500-2000	3	Batupasir	6	1,55	2	Geluh Pasiran	7	0-2 %	10	Batupasir	6	164	Tinggi
7	3-9	7	1500-2000	3	Batupasir	6	1,55	2	Geluh Pasiran	7	0-2 %	10	Batupasir	6	149	Tinggi
8	3-9	7	1500-2000	3	Batupasir	6	1,55	2	Geluh Pasiran	7	0-2 %	10	Batupasir	6	149	Tinggi
9	3-9	7	1500-2000	3	Batupasir	6	1,55	2	Geluh Pasiran	7	0-2 %	10	Batupasir	6	149	Tinggi
10	3-9	7	1500-2000	3	Batupasir	6	1,55	2	Geluh Pasiran	7	0-2 %	10	Batupasir	6	145	Tinggi
11	0-1,5	10	1500-2000	3	Batupasir	6	1,55	2	Geluh Pasiran	7	0-2 %	10	Batupasir	6	164	Tinggi
12	3-9	7	1500-2000	3	Batupasir	6	1,55	2	Geluh Pasiran	7	0-2 %	10	Batupasir	6	145	Tinggi
13	3-9	7	1500-2000	3	Batupasir	6	1,55	2	Geluh Pasiran	7	0-2 %	10	Batupasir	6	145	Tinggi

Sumber: Penulis, 2020

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa daerah penelitian memiliki 1 klasifikasi tingkat kerentanan pencemaran air bawah tanah, yaitu klasifikasi tingkat tinggi dengan bobot total sebesar 145, 149, 159 dan 164. Parameter yang memiliki bobot tertinggi dalam penentuan tingkat kerentanan air bawah tanah di daerah penelitian merupakan kedalaman muka air bawah tanah dan media zona tak jenuh.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan Kepada Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta atas fasilitas yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian ini dan Terima kasih kepada Ibu Rr. Dina Asrifah, S.T, M.Sc dan bapak Dr. Ir. Andi Sungkowo, M.Si selaku pembimbing yang selalu memberi masukan kepada penulis.

## DAFTAR PUSTAKA

- Apriyani, Nani. 2018. *Industri batik: Kandungan Limbah Cair dan Metode Pengolahannya*. Palangkaraya: program studi tekling umy palangkaraya.
- Bealousha, H. M. (2011). *Mapping Groundwater Contamination Risk Using GIS and Groundwater Modelling*. Arab J Geosci, 438-494.
- Nurjani, Emily. 2013. *Kajian Kerentanan Airtanah Bebas Terhadap Pencemaran di Kawasan Parangtritis Kabupaten Bantul Daerah Istimewa Yogyakarta*. Yogyakarta. Universitas Gadjah Mada.

- Putranto, Thomas Triadi, Rinal Khaidar Ali, Aji Bagus Putro. 2019. *Studi Kerentanan Airtanah terhadap pencemaran dengan Menggunakan Metode DRASTIC pada Cekungan Airtanah (CAT) Karanganyar-Boyolali, Provinsi Jawa Tengah*. Semarang. Jurnal Ilmu Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
- Todd, D.K dan Mays, L. W. 2005. *Groundwater Hydrology: Third Edition*. California. John Wiley & Sons Inc,
- Widyastuti, M. 2014. *Vulnerability Assesment of Groundwater to Contamination using DRASTIC Method: Study in Ngemplak, Ngaglik and Sleman Districts of Sleman Regency, Yogyakarta Special Province*. Indonesian Journal of Geography.
- Kodoatie, R. J. 2012. *Tata Ruang Air Tanah*. Yogyakarta. Penerbit Andi