

**ANALISIS KERENTANAN PENCEMARAN AIR TANAH DENGAN PENDEKATAN
METODE DRASTIC DI BANDUNG SELATAN*****GROUNDWATER VULNERABILITY ANALYSIS USING DRASTIC METHOD IN
SOUTHERN BANDUNG*****Khori Sugianti¹, Dedi Mulyadi¹, Rizka Maria¹**¹Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI- Bandung
Komplek LIPI, Jalan Sangkuriang Bandung, Indonesia

Naskah diterima 29 Juni 2015, selesai direvisi 15 Desember 2015, dan disetujui 01Maret 2016

Email: khorisugianti@gmail.com

ABSTRAK

Pertumbuhan penduduk menyebabkan peningkatan kebutuhan air bersih sebagai salah satu kebutuhan pokok manusia yang berkelanjutan. Penanganan pemenuhan kebutuhan air bersih dilakukan oleh pemerintah melalui PDAM (Perusahaan Daerah Air Minum) dan dengan regulasi pembatasan pemakaian air tanah. Pencemaran merupakan salah satu penyebab utama penurunan kualitas air tanah, terutama di daerah perkotaan seperti halnya di Kabupaten Bandung bagian Selatan. Penurunan kualitas air tanah ditandai dengan terdeteksinya kehadiran beberapa polutan diantaranya logam berat, nitrit, nitrat, dan bakteri coli. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sebaran kerentanan dan menentukan tingkat kerentanan pencemaran dengan metode DRASTIC yang mencerminkan kerentanan statis. Parameter yang digunakan dalam pengklasifikasian tingkat kerentanan, antara lain: kedalaman permukaan air tanah, curah hujan, jenis akuifer, tekstur tanah, kemiringan lereng, jenis zona tak jenuh, dan konduktivitas hidrolis akuifer. Berdasarkan hasil analisis parameter DRASTIC, Bandung Selatan memiliki dua tingkat kerentanan, yaitu rendah (52,83%) dan sedang (47,17%). Faktor yang dominan memengaruhi tingkat kerentanan pada masing-masing wilayah berbeda, faktor yang paling dominan adalah kondisi geologi, kemiringan lereng, dan jenis akuifer.

Kata kunci: kerentanan, air tanah, metode DRASTIC, pencemaran**ABSTRACT**

Population growth leads to an increase in need for clean water as one of the continuing basic human needs. The handling of the need of clean water is carried out by the government through the Water Local Government Owned Company (PDAM) and by the restriction regulatory on the use of groundwater. Pollution is one of the main causes of groundwater quality deterioration in urban areas as in the southern part of Bandung Regency. The decline in the quality of groundwater is characterized by the presence of several pollutants including heavy metals, nitrite, nitrate, and coli bacteria. This study aims to determine the distribution of vulnerability and to determine the level of vulnerability of contamination using DRASTIC methods that reflect the static susceptibility. The parameters used in the classification of the degree of vulnerability among others: the depth of groundwater level, rainfall, aquifer type, soil texture, slope, type of unsaturated zone, and hydraulic conductivity of the aquifers. Based on the DRASTIC parameter analyses, the southern part of Bandung Regency has two levels of vulnerability: low (52,83 %) and moderate (47,17 %). The dominant factor affecting the level of vulnerability in each different region, the dominant factor are geological condition, slope, and aquifer types.

Keywords: *vulnerability, groundwater, DRASTIC method, contaminant*

PENDAHULUAN

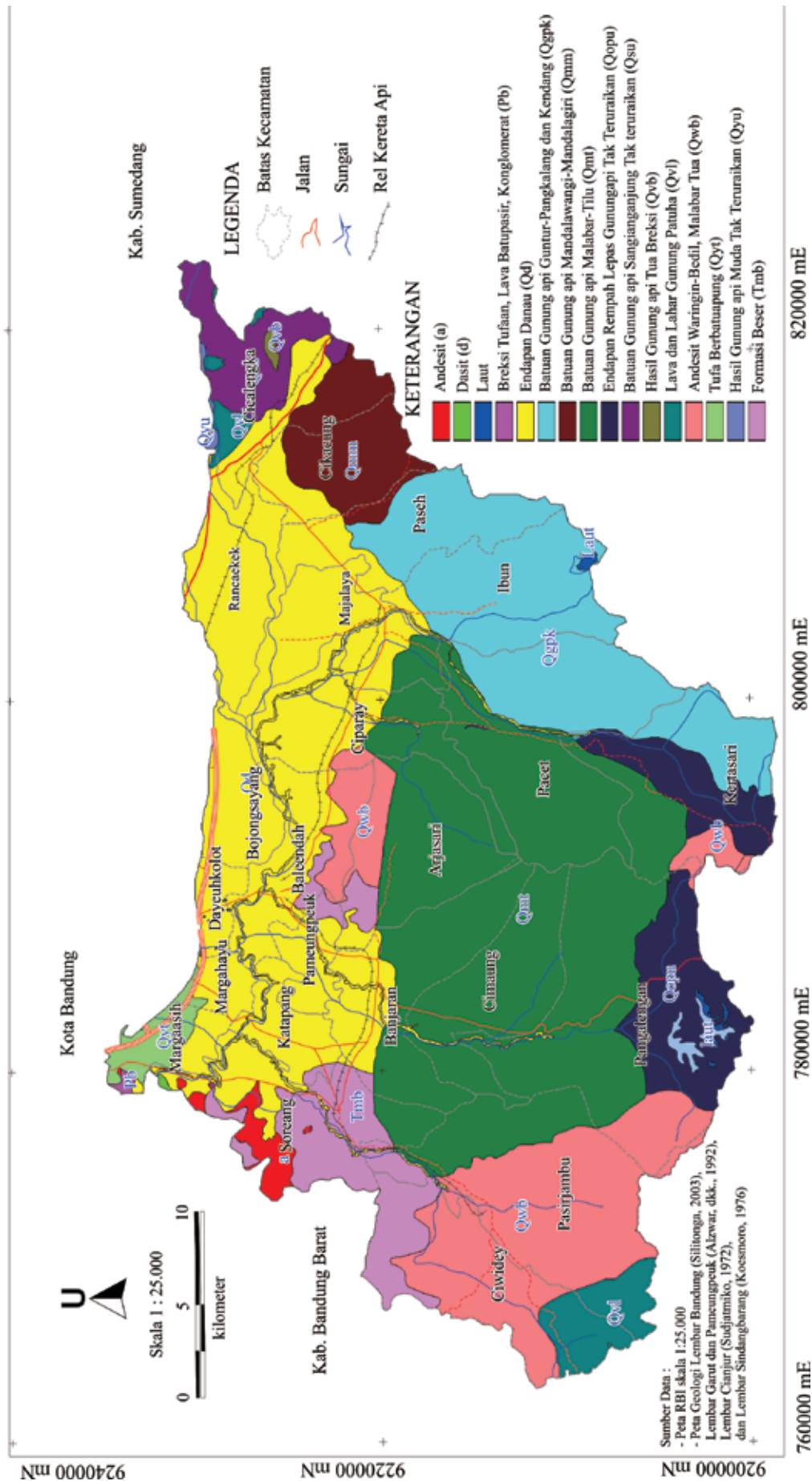
Laju pertumbuhan penduduk di Jawa Barat semakin meningkat dari tahun ke tahun. Berdasarkan data dari Pusat Data dan Analisa Pembangunan Jawa Barat (PUSDALISBANG) tahun 2009 sampai tahun 2013 tercatat kenaikan jumlah penduduk tiap tahun sebanyak 25.548 hingga 115.433 jiwa (Pusdalisbang, 2014). Kenaikan jumlah penduduk diikuti dengan kenaikan jumlah kebutuhan pemakaian air bersih. Tingkat konsumsi air bersih PDAM di Jawa Barat pada tahun 2009 hingga 2012 mengalami kenaikan sebesar 12,44%. Kenaikan konsumsi terjadi pada tahun 2009 - 2010 sebesar 1,18% dengan jumlah kapasitas sebesar 2.368.161 m³ dan tahun 2010 - 2011 mengalami kenaikan yang cukup tinggi yaitu sebesar 7,2% dengan jumlah kapasitas sebesar 14.482.660 m³. Kenaikan tingkat konsumsi pada tahun 2011 - 2012 sebesar 4,99% dengan kapasitas sebesar 11.315.976 m³ (Alimah dan Putro, 2014).

Penanganan pemenuhan kebutuhan air bersih dapat dilakukan dengan berbagai cara, disesuaikan dengan sarana dan prasarana yang ada. Salah satu upaya

memenuhi kebutuhan air bersih dilakukan oleh pemerintah, melalui PDAM (Perusahaan Daerah Air Minum) dan dengan regulasi pembatasan pemakaian air tanah. Oleh karena itu peran air tanah, baik pada akuifer bebas maupun tertekan, sangat penting untuk memenuhi kebutuhan masyarakat akan air bersih di Cekungan Bandung (Wangsaatmaja drr., 2006). Pencemaran merupakan salah satu penyebab utama penurunan kualitas air tanah di daerah perkotaan seperti halnya di Bandung Selatan. Hasil analisis pengujian sampel air tanah sumur dangkal di Bandung Selatan menunjukkan nilai rata-rata indeks pencemaran 11,42 yang termasuk ke dalam kategori tercemar berat (Maria drr., 2013). Kabupaten Bandung dan sekitarnya ditinjau dari kondisi alamnya memiliki curah hujan yang tinggi dan mempunyai litologi yang didominasi oleh batuan vulkanik yang dapat meluluskan dan menyimpan air dengan baik. Dengan kondisi tersebut tingkat pencemaran air tanah di suatu tempat bergantung pada perbedaan kerentanan air tanah terhadap kontaminasi (Hadi, 2004). Kerentanan pencemaran air tanah merupakan ukuran sejauh mana air tanah



Gambar 1. Peta lokasi daerah penelitian



Gambar 2. Peta geologi daerah penelitian.

mampu bertahan terhadap polusi atau kontaminan pada permukaan tanah hingga mencapai permukaan air tanah atau lapisan akuifer (Harter, 2001). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui sebaran penurunan kualitas air tanah dengan memetakan tingkat kerentanan pencemaran di Bandung Selatan dengan metode DRASTIC yang mencerminkan kerentanan statis. Penelitian ini diharapkan dapat memberi masukan dalam menentukan kebijakan mengenai konservasi air tanah.

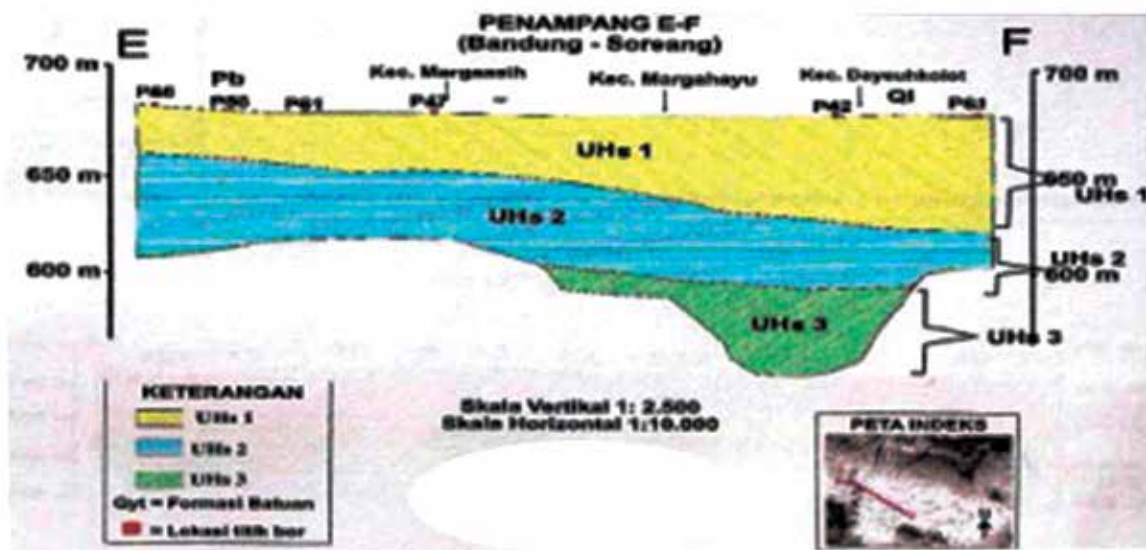
Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian terletak di Bandung Selatan yang termasuk ke dalam wilayah Kabupaten Bandung. Lokasi ini meliputi beberapa kecamatan, yaitu Margahayu, Soreang, Dayeuhkolot, Ketapang, Bojongsoang, Pameungpeuk, Baleendah, Banjaran, Arjasari, Ciparay, Majalaya, Rancaekek, Cicalengka, Cikacung, Paseh, Cimaung, Ibum, Kertasari, Pangalengan, Ciwidey, dan Pasir Jambu. Lokasi penelitian memiliki luas 123.000 ha (Gambar 1). Lokasi geografis daerah penelitian terletak diantara 107,354° - 107,951° bujur timur dan -7,247° - -6,870° lintang selatan dengan kondisi morfologi daerah penelitian yang terdiri atas daerah datar hingga landai, kaki bukit, dan pegunungan dengan kemiringan lereng beragam antara 0% – 8%, 8% - 15%, hingga di atas 45%. Sebagian besar daerah penelitian adalah pegunungan. Berdasarkan fisiografi secara regional, daerah ini termasuk ke dalam Zona

Bandung (Bemmelen, 1949).

Kondisi geologi daerah penelitian yaitu yang berdasarkan tumpang-susun Peta Geologi Lembar Bandung (Silitonga, 1973), Peta Geologi Lembar Garut dan Pameungpeuk (Alzwar dr., 1992), Peta Geologi Lembar Cianjur (Sudjatmiko, 1972), dan Peta Geologi Lembar Sindangbarang (Koesmoro, 1976), daerah penelitian disusun oleh endapan Tersier, batuan hasil gunung api, dan endapan danau (Gambar 2). Geologi daerah penelitian terdiri atas Formasi Besar yang diendapkan secara tidak selaras dan terdiri atas breksi tufaan dan lava, bersusunan andesit sampai basal berumur Miosen Awal hingga Miosen Akhir. Kemudian diendapkan batuan gunung api yaitu tuf, breksi, lahar yang mengandung batu apung dan lava berumur Pliosen hingga Pleistosen. Setelah itu diendapkan batuan gunung api tua, yaitu perselingan lava, breksi, tuf, peselingan lava, dan lahar, bersusunan andesit piroksen, *hornblende* berumur Pleistosen Awal hingga Pleistosen Akhir. Selanjutnya diendapkan endapan danau yang terdiri atas lempung, lanau, pasir halus hingga kasar dan kerikil, umumnya bersifat tufaan berumur Holosen. Pemilihan lokasi penelitian dilatarbelakangi oleh permasalahan pencemaran yang selalu terjadi, sehingga diharapkan dapat diketahui daerah yang berpotensi mengalami pencemaran dan faktor penyebabnya.

Geomorfologi yang membentuk DAS (Daerah Aliran Sungai) Citarum hulu terdiri atas dua proses, yaitu aktivitas vulkanik dan struktural.



Gambar 3. Bagian dari Penampang E-F hidrostatigrafi CAT Bandung – Soreang (Sunarwan, 2014).

Aktivitas vulkanik merupakan bagian utama DAS bagian utara, sedangkan proses struktural di bagian selatan merupakan DAS Citarum Hulu. Bentuk morfologinya berupa cekungan vulkanik, *slope* tengah, dan pegunungan di kawasan Pangalengan (Indriatmoko, 2004).

Menurut Sunarwan (2014) hidrostatigrafi CAT Bandung – Soreang terdiri atas tiga unit hidrostratigrafi (UHS), yaitu UHS 1, UHS 2, dan UHS 3. UHS 1 memiliki ketebalan bervariasi 61 – 113 m, relatif seragam pada kisaran elevasi 637 – 750 m dpl. Tersusun atas perulangan lapisan yang berperan menjadi akuifer dengan batuan penyusun tuf dan batupasir dengan kisaran nilai K 0,0014 – 0,1 m/hari, ada tiga lapisan batulempung sebagai akuiklud dengan nilai permeabilitas K 0,001 – 0,002 m/hari, litologi breksi sebagai akuitar memiliki nilai K berkisar 0,0011 – 0,036 m/hari. UHS 2 memiliki ketebalan kurang teratur 32-102 m dengan elevasi 585 - 689 m dpl. Akuifer ini terdiri dari perselingan tuf dan batupasir, nilai permeabilitas K 0,06 – 0,175 m/hari. Akuikludnya adalah lapisan batulempung dengan nilai permeabilitas K 0,002 – 0,007 m/hari. UHS 3 dijumpai di daerah Gedebage sampai Margahayu yang memiliki ketebalan 78 m pada elevasi 512-585 m dpl dan tersusun dari lensa – lensa pasir yang memperlihatkan posisi makin rendah dari timur ke barat (Gambar 3).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini terdiri atas beberapa tahapan, yaitu studi literatur, identifikasi masalah pada lokasi penelitian, penentuan wilayah penelitian, pengambilan data primer yang antara lain pengukuran permukaan air tanah menggunakan *dipper meter*, pemetaan jenis tanah dengan deskripsi di lapangan dan uji infiltrasi menggunakan *double ring infiltrometer* dalam pemodelan. Data sekunder yang digunakan antara lain peta geologi dari Direktorat Geologi, data curah hujan dari data BMKG (Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika), data jenis akuifer dari Peta Hidrogeologi dari DGTL, kemiringan lereng dari peta RBI skala 1:25.000, dan peta hidrogeologi dari DGTL (Direktoral Geologi Tata Lingkungan) untuk pemodelan. Pekerjaan studio menggunakan tahapan tumpang-susun peta dengan metode DRASTIC menggunakan perangkat lunak Mapinfo Profesional 9.0 untuk mengetahui sebaran potensi pencemaran di daerah penelitian. Metode DRASTIC ini dikembangkan oleh *United States Environmental*

Protection Agency (USEPA) (Aller drr., 1987 dalam Putranto dan Kuswoyo, 2008). DRASTIC merupakan salah satu teknik PCSM (*point count system models*). Metode ini sering pula disebut sebagai metode pembobotan dan penilaian (*parameter weighting and rating method*). Parameter yang digunakan dalam pengklasifikasian tingkat kerentanan, antara lain: kedalaman permukaan air tanah, curah hujan, jenis akuifer, tekstur tanah, kemiringan lereng, jenis zona tak jenuh, dan konduktivitas hidrolik akuifer. Parameter nilai kerentanan tersebut masing - masing diberi pembobotan.

Ketujuh parameter tersebut adalah sebagai berikut:

- Kedalaman permukaan air tanah mencerminkan tebal lapisan tanah/ batuan di atas permukaan air tanah.
- Curah hujan yang berkaitan dengan besaran air hujan dan dapat melarutkan serta membawa bahan pencemar.
- Jenis akuifer yang berperan dalam mengontrol pergerakan bahan pencemar di dalam lapisan jenuh air. Hal ini dipengaruhi oleh tekstur dan komposisi mineral lapisan akuifer.
- Tekstur tanah yang merupakan kemampuan tanah untuk menyerap bahan pencemar.
- Kemiringan lereng yang berkaitan dengan kesempatan air hujan untuk meresap ke dalam tanah. Semakin landai lereng semakin banyak air yang dapat meresap, sehingga mempertinggi kemampuan untuk mengangkut bahan pencemar ke dalam tanah.
- Jenis zona tak jenuh yang berperan dalam mengontrol pergerakan bahan pencemar di dalam zona tak jenuh.
- Konduktivitas hidrolik akuifer yang berkaitan dengan kecepatan aliran air tanah untuk memperluas pencemaran di dalam akuifer.

Penentuan tingkat kerentanan air tanah terhadap pencemaran menggunakan pembobotan dari tiap parameter yang digunakan. Tiap faktor parameter mempunyai bobot berdasarkan besarnya pengaruh terhadap pencemaran air tanah. Selain bobot, tiap faktor parameter penilaian juga mempunyai kelas dan nilai.

Angka pembobotan mulai dari 5 (paling penting) hingga 1 (paling tidak penting) seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1. Sebagai contoh, kedalaman permukaan air tanah dan pengaruh media

vadose-zone masing-masing memiliki angka beban 5, karena keduanya diasumsikan sebagai parameter terpenting. Parameter DRASTIC tersebut dibagi menjadi beberapa kelas dan masing-masing kelas mempunyai nilai yang berbeda seperti yang disajikan pada Tabel 2.

Parameter tersebut di atas kemudian dihitung untuk

mendapatkan Indeks DRASTIC dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kerentanan} = D_R D_W + R_R R_W + A_R A_W + S_R S_W + T_R T_W + I_R I_W + C_R C_W \dots \dots (1)$$

(_R) = nilai untuk masing-masing parameter

(_W) = bobot untuk masing-masing parameter

Tabel 1. Pembobotan Parameter Kerentanan dalam DRASTIC (Putranto dan Kuswoyo, 2008).

No.	Parameter	Bobot
1	D <i>Depth to water table</i> / kedalaman muka air tanah	5
2	R <i>Recharge</i> curah hujan	4
3	A <i>Aquifer medial</i> jenis akuifer	3
4	S <i>Soil medial</i> / tekstur tanah	2
5	T <i>Topography</i> / kemiringan lereng	1
6	I <i>Impact of vadose zone medial</i> jenis zona tak jenuh	5
7	C <i>Conductivity hydraulicl</i> konduktivitas hidrolik akuifer	3

(Sumber : Aller et aldr., 1987)

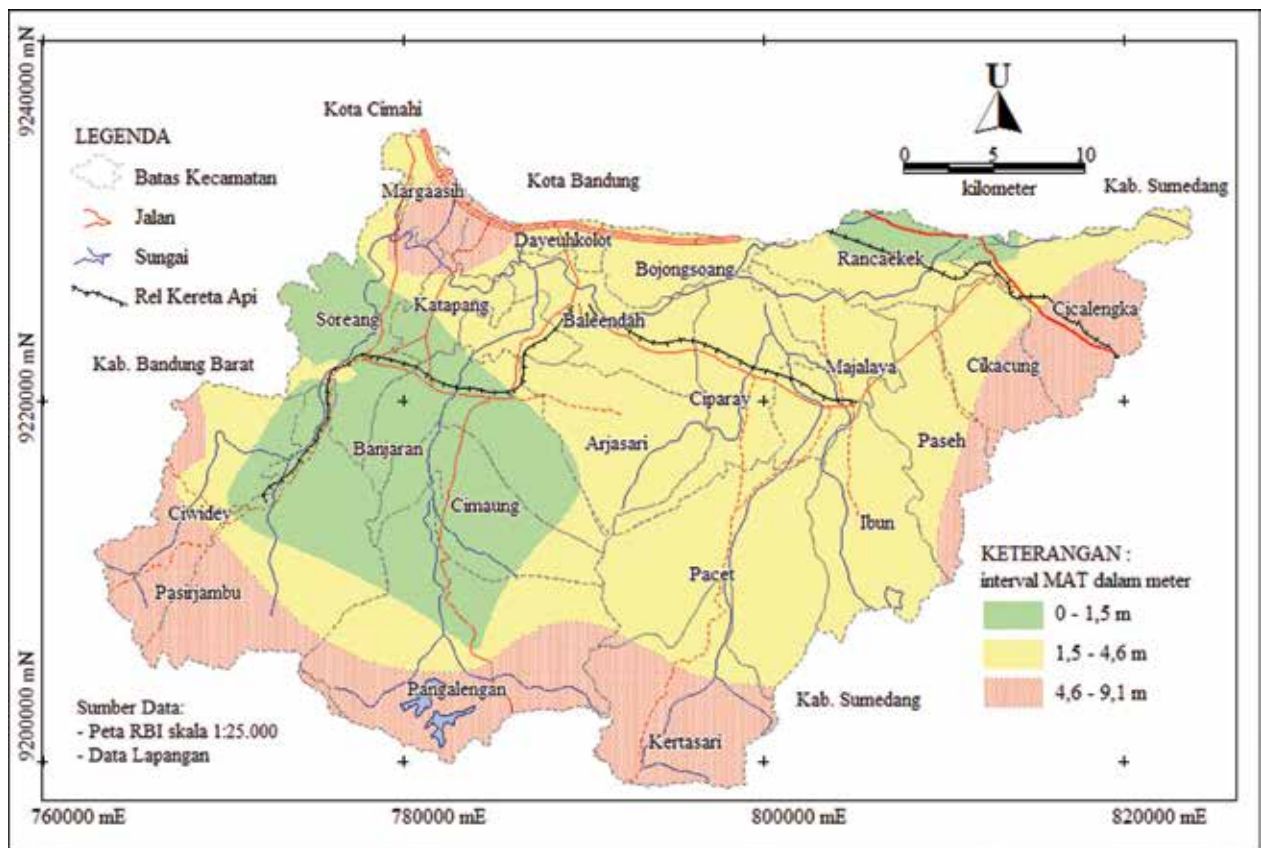
Tabel 2. Kelas dan Nilai Parameter DRASTIC (Saatsaz, 2011)

Kedalaman Air Tanah (m)		Curah Hujan (mm)		Jenis Akuifer		Tekstur Tanah		Kemiringan Lereng (%)		Jenis Zona Tak Jenuh		Konduktivitas Hidrolik (m/day)	
Kelas	Nilai	Kelas	Nilai	Kelas	Nilai	Kelas	Nilai	Kelas	Nilai	Kelas	Nilai	Kelas	Nilai
0-1,5	10	0,0-50,8	1	Serpil masif	2	Halus/ tidak ada	10	0,0-2,0	10	Lapisan batas	1	0,04 - 4,1	1
1,5-4,6	9	50,8-101,6	3	Metamorf /beku	3	Kerikil	10	2,0-6,0	9	Lempung/ Lanau	3	4,1 - 12,3	2
4,6-9,1	7	101,6-177,8	6	Lapukan metamorf/ beku	4	Pasir	9	6,0-12,0	5	Serpil	3	12,3 - 28,7	4
9,1-15,2	5	177,8-254	8	Glacial till	5	Gambut	8	12,0-18,0	3	Batugamping	3	28,7 - 41,0	6
15,2-22,8	3	> 254	9	Batupasir, batugamping dan serpil	6	Agregat Lempung	7	>18	1	Batupasir	6	41,0 - 82,0	8
22,8-30,4	2			Batupasir masif	6	Lempung pasiran	6			Perlapisan batugamping, batupasir	6	> 82,0	10
>30,4	1			Batugamping masif	8	Lempung	5			Pasir dan kerikil dan lanauan	6		
				Pasir dan kerikil	8	Lempung lanauan	4			Pasir dan kerikil	8		
				Basal	9	Lempung liat	3			Basal	9		
				Batugamping kars	10	Campuran	2			Batugamping kars	10		
						Lempung non agregat	1						
	5		4		3		2		1		5		3

HASIL DAN PEMBAHASAN

Cakupan masing-masing parameter DRASTIC dibagi menjadi beberapa kelas yang memengaruhi potensi pencemaran dan memiliki nilai pada masing-masing kelas, dimulai dari 1 (potensi pencemaran terendah) hingga 10 (potensi pencemaran tertinggi). Berdasarkan pengkelasan (Aller drr., 1987 dalam Putranto dan Kuswoyo, 2008) nilai untuk masing-masing parameter kerentanan yang digunakan dalam DRASTIC daerah Bandung Selatan antara lain:

ini merupakan akuifer bebas. Kedalaman permukaan air daerah penelitian merupakan permukaan air tanah dangkal hingga dalam (> 1m sampai 9 m) dengan didominasi air tanah sedang. Dimana air tanah dangkal hingga sedang akan mudah dilalui kontaminan.



Gambar 4. Peta penyebaran permukaan air tanah di Bandung Selatan.

Kedalaman Permukaan Air Tanah

Kondisi kedalaman permukaan air tanah diketahui melalui hasil pengukuran sumur penduduk sebanyak 51 sumur yang tersebar, yaitu sekitar 0 m s/d 9 m di Bandung Selatan. Hasil pengukuran digunakan untuk menentukan kelas parameter (Gambar 4), dan masing-masing dikalikan bobot (Tabel 3). Berdasarkan kedalaman permukaan air tanah daerah

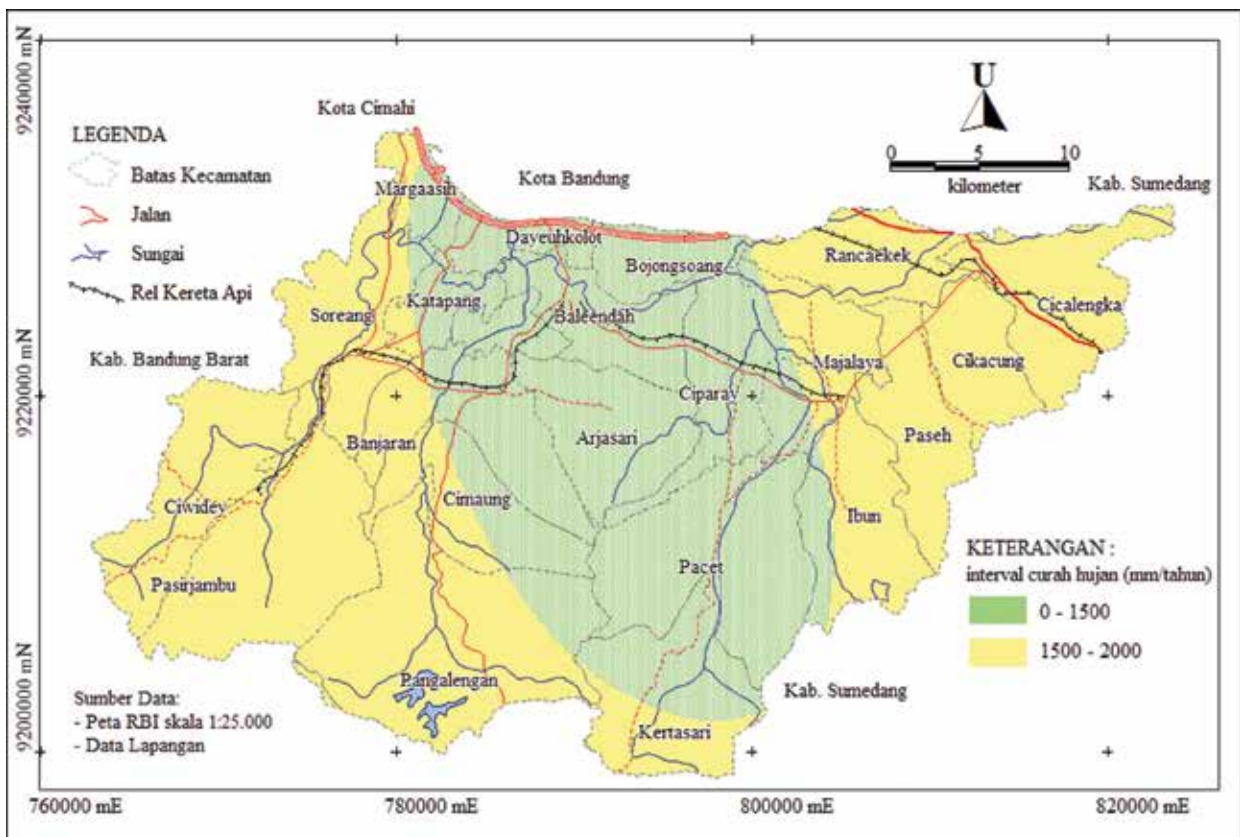
Tabel 3. Nilai Parameter Kedalaman Permukaan Air Tanah di Bandung Selatan (Aller et aldr., 1987)

Kelas (dalam meter)	Nilai	Bobot
0 - 1,5	10	50
1,5 - 4,6	9	45
4,6 - 9,1	7	35

Curah Hujan

Parameter curah hujan ditentukan menurut data curah hujan Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) di beberapa Stasiun Bandung, Soreang, Padalarang, Cileunyi, dan Malabar tahun 2010 s/d 2013. Sebaran data curah hujan tersebut dibuat peta distribusi curah hujan dengan intrapolasi (Gambar 5).

Berdasarkan hasil analisis peta distribusi dan nilai parameter curah hujan (Tabel 4) maka curah hujan dominan di lokasi penelitian berkisar antara 1500-2000 mm/tahun yang termasuk kategori curah hujan tinggi. Tingkat curah hujan tinggi berpengaruh terhadap pencemaran air tanah karena pengenceran oleh air hujan maka menyebabkan kontaminan mudah terlarut dan bergerak menuju air tanah bebas.



Gambar 5. Peta curah hujan daerah Bandung Selatan

Tabel 4. Nilai Parameter Interval Curah Hujan (mm/tahun) di Bandung Selatan (Aller, 1987).

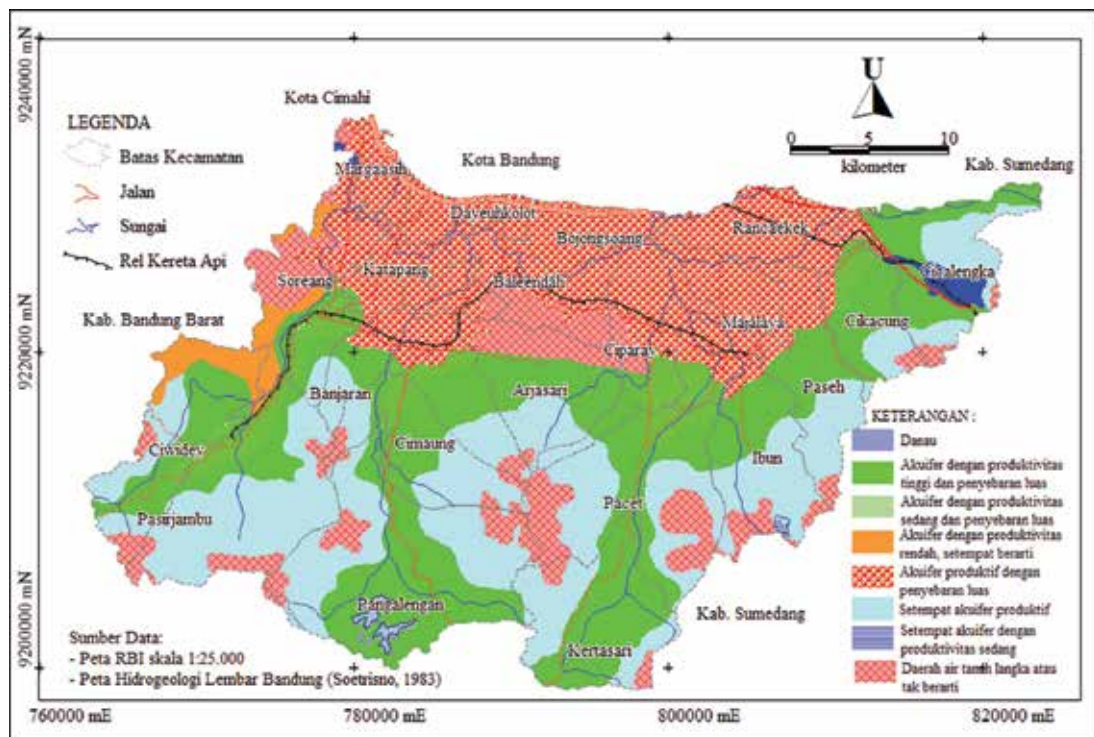
Kelas	Nilai	Bobot
0 - 1500	2	8
1500 - 2000	4	16

Jenis Akuifer

Data parameter jenis akuifer diperoleh dari peta jenis akuifer pada Peta Hidrogeologi dari DGTL (Soetrisno, 1983) ditumpang-susun dengan peta geologi untuk menentukan litologi penyusun batuanannya (Gambar 6). Berdasarkan hasil tumpang-susun diketahui bahwa daerah penelitian dominan tersusun oleh akuifer dengan jenis produktivitas tinggi, sedang, dan rendah, serta setempat air tanah langka dengan berbagai jenis tingkat penyebaran

luas (Tabel 5). Akuifer produktif baik sedang hingga tinggi dengan penyebaran luas ini merupakan jenis akuifer yang mampu mempercepat penyebaran kontaminan dalam air tanah.

Produktivitas akuifer memengaruhi kecepatan penyebaran polutan. Akuifer produktif yang memiliki litologi penyusun dengan ukuran butir sedang - besar dan permeabilitas tinggi seperti batupasir - kerikil memiliki kemampuan mengalirkan polutan dengan cepat.



Gambar 6. Peta jenis akuifer daerah Bandung Selatan.

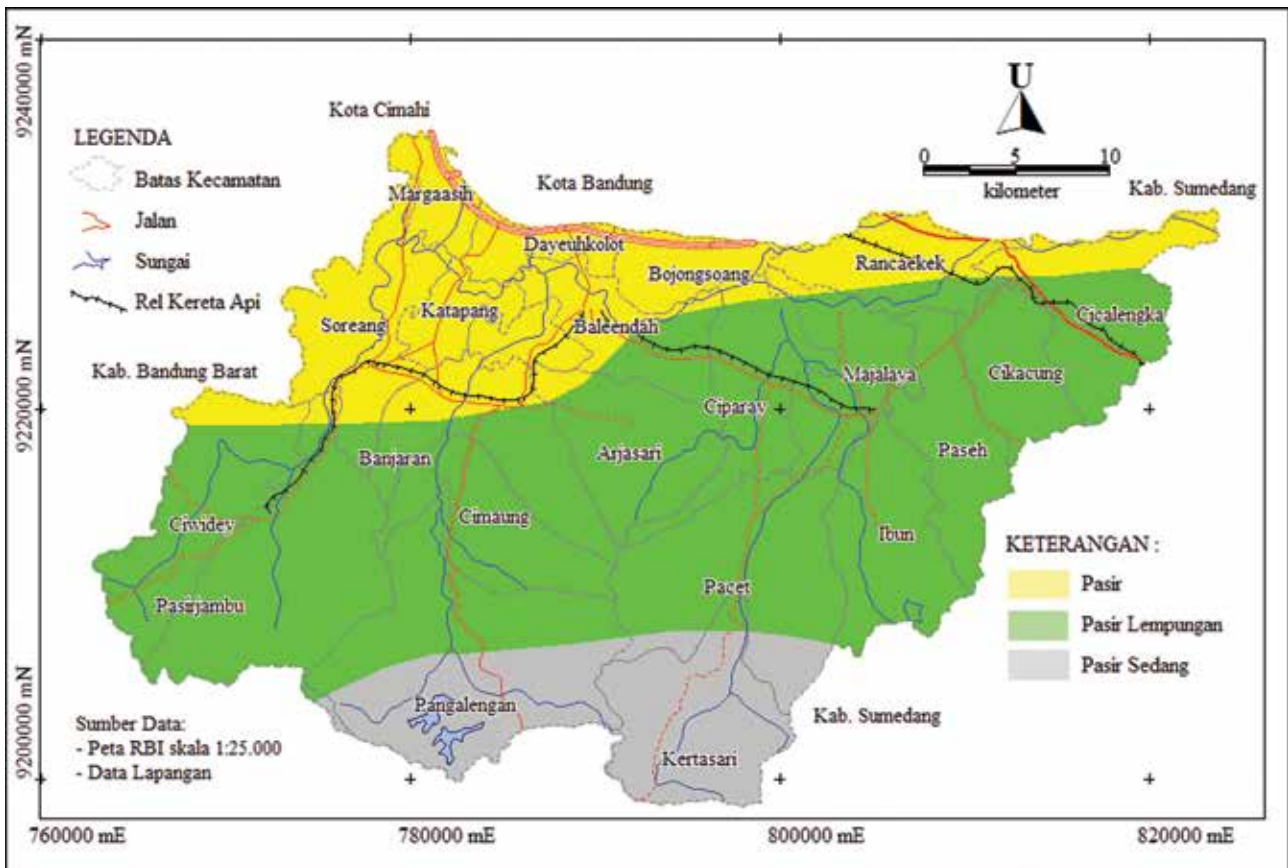
Tabel 5. Nilai Parameter Jenis Akuifer di Bandung Selatan (Aller et al., 1987).

Jenis Akuifer	Kelas	Nilai	Bobot
Danau	Pasir	8	24
Akuifer dengan produktivitas tinggi dan penyebaran luas	Pasir, lempung, kerikil	8	24
Akuifer dengan produktivitas sedang dan penyebaran luas	Tufan, breksi	6	18
Akuifer dengan produktivitas rendah, setempat berarti	Breksi, tufan	6	18
Akuifer produktif dengan penyebaran luas	Pasir, lempung, kerikil	8	24
Setempat akuifer produktif	Andesit	3	9
Setempat akuifer dengan produktivitas sedang	Pasir, lempung, kerikil	8	24
Daerah air tanah langka atau tak berarti	Andesite, dasit, lava	3	9

Tekstur Tanah

Parameter tekstur tanah berhubungan dengan jenis tanah. Dasar penentuan jenis tanah didapat dari pengamatan dan pemetaan di lapangan sebanyak 47 titik tersebar (Gambar 7). Hasil pembobotan parameter tekstur tanah seperti terlihat pada Tabel

5. Daerah ini didominasi oleh pasir lempungan. Tekstur jenis tanah pasir mempunyai potensi kerentanan yang lebih tinggi terhadap pencemaran karena daya resap air hujan lebih cepat daripada pasir lempungan. Jenis tanah dengan ukuran butir pasir hingga lanau mempunyai kemampuan mudah dilalui kontaminan.



Gambar 7. Peta tekstur tanah daerah Bandung Selatan.

Tabel 6. Nilai Parameter Tekstur Tanah di Bandung Selatan (Aller, 1987).

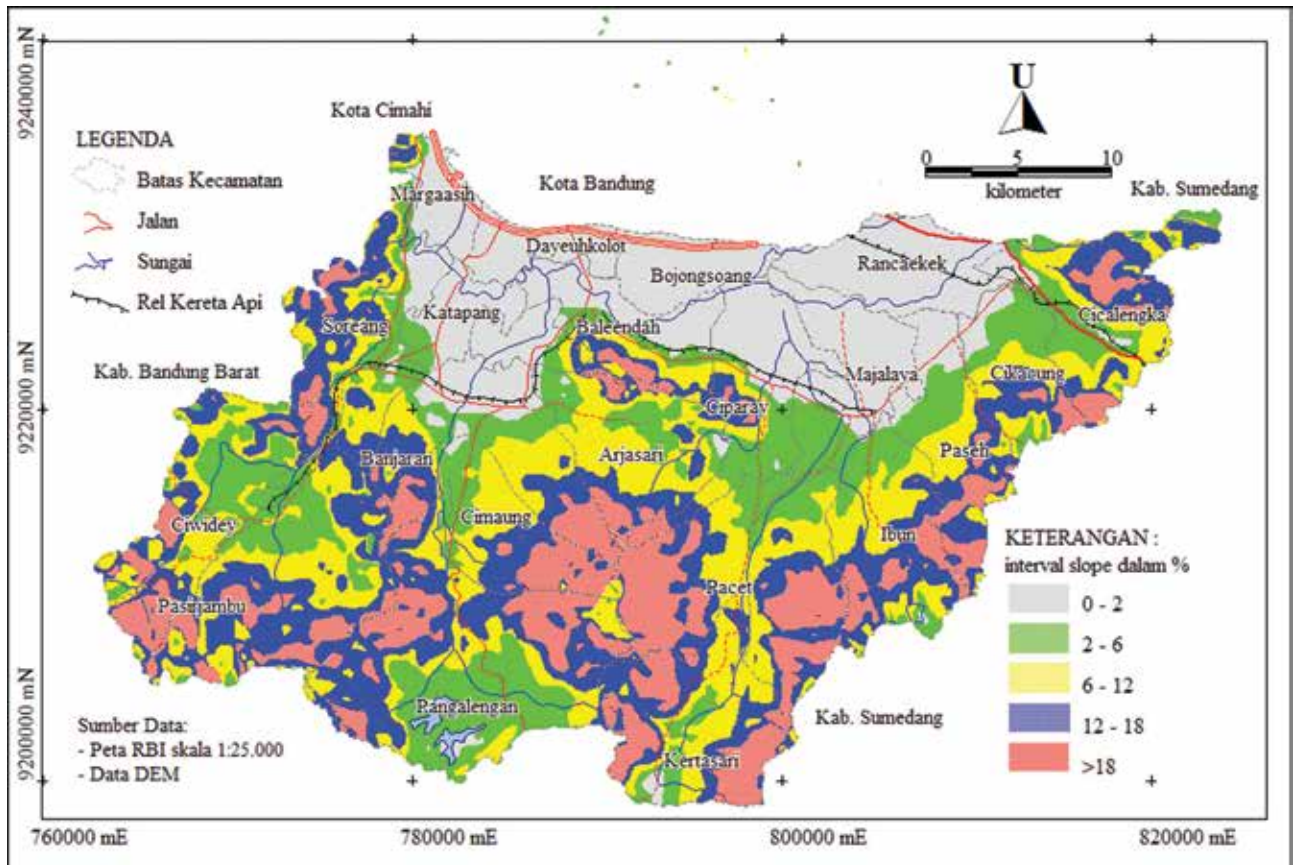
Kelas	Nilai	Bobot
Pasir	9	18
Pasir lempungan	6	12

Kemiringan Lereng

Parameter kemiringan lereng didapat dari kontur peta topografi daerah Bandung Selatan (Gambar 8) dan hasil pembobotan (Tabel 7).

Lokasi penelitian yang didominasi kemiringan lereng datar - landai cenderung menampung air

dan meningkatkan infiltrasi, sehingga membantu mempercepat pergerakan kontaminan. Sementara kemiringan lereng terjal - sangat terjal sebaliknya karena memperbesar *run-off*, sehingga air tanah tidak mudah terkontaminasi. Dengan demikian prinsip gravitasi akan mempercepat pergerakan kontaminan.



Gambar 8. Peta kemiringan lereng daerah Bandung Selatan.

Tabel 7. Nilai Parameter Kemiringan Lereng (%) Bandung Selatan (Aller, 1987).

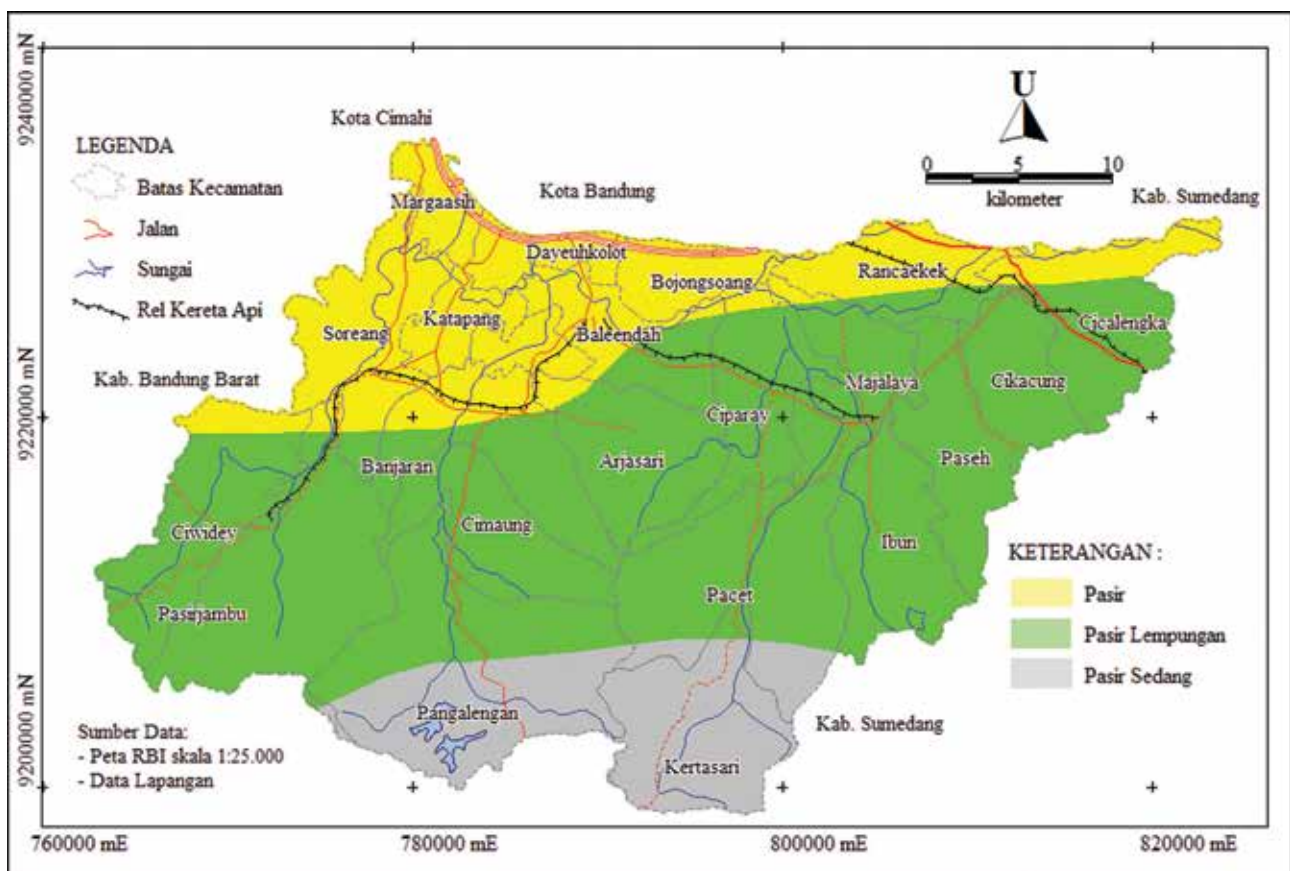
Kelas	Nilai	Bobot
0 - 2	10	10
2 - 6	9	9
6 - 12	5	5
12 - 18	3	3
>18	1	1

Zona Tak Jenuh

Parameter zona tak jenuh didapatkan dari peta tekstur tanah berdasarkan ukuran butir tanah yang diasumsikan sebagai lapisan permukaan (Gambar 9) dan hasil pembobotan (Tabel 8). Parameter ini sangat berpengaruh terhadap pencemaran: yang berukuran butir tanah lebih besar dan kondisi tanah yang porous akan membantu Bergeraknya kontaminan menuju akuifer.

Tabel 8. Nilai Parameter Jenis Zona Tak Jenuh di Bandung Selatan (Aller, 1987).

Kelas	Nilai	Bobot
Lanau / lempung	3	15
Pasir	6	30
Pasir dan kerikil	8	40



Gambar 9. Peta zona tak jenuh daerah Bandung Selatan.

Tabel 8. Nilai Parameter Jenis Zona Tak Jenuh di Bandung Selatan (Aller dr., 1987).

Kelas	Nilai	Bobot
Lanau / lempung	3	15
Pasir	6	30
Pasir dan kerikil	8	40

Konduktivitas Hidraulik

Konduktivitas hidraulik tanah (K) terkait erat dengan distribusi ukuran butir tanah dan porositas. Parameter akuifer ini sangat menentukan keberlanjutan air bawah tanah di suatu daerah (Hutasoit, 2009). Nilai K ini diambil dari literatur Maria, 2008 (Tabel 9) berdasarkan litologi daerah penelitian untuk parameter DRASTIC yang lain yaitu konduktivitas hidrolika didapat berdasarkan

peta geologi daerah penelitian (Gambar 2), yaitu masuk dalam rentang kelas $4,63 \times 10^{-7}$ - $4,7 \times 10^{-5}$ m/det dan $4,7 \times 10^{-5}$ - $1,42 \times 10^{-4}$ m/det (Aller drr., 1987). Hasil pembobotan nilai K berdasarkan geologi daerah penelitian disajikan pada Tabel 10. Nilai K yang tinggi akan mempercepat kontaminan bergerak menuju akuifer. Daerah Kabupaten Bandung mempunyai nilai K yang hampir seragam.

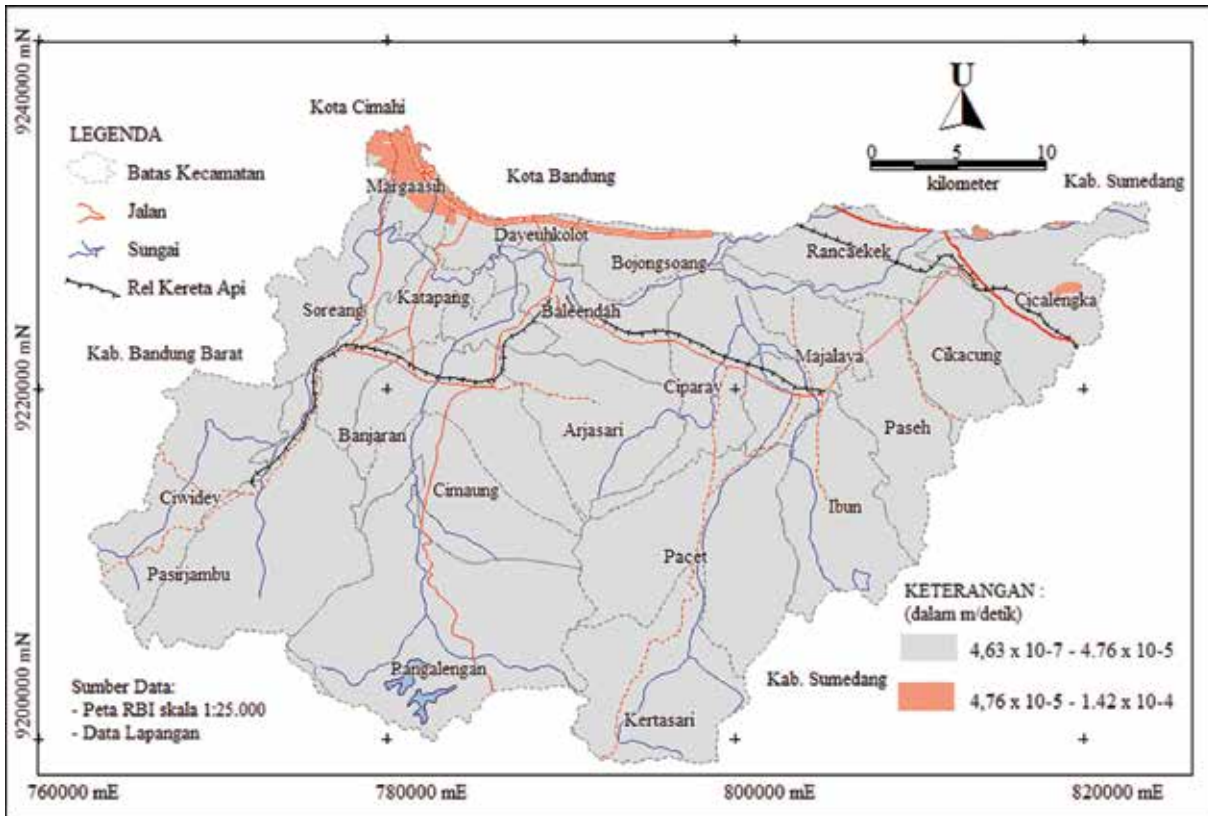
Tabel 9. Nilai Konduktivitas Hidrolis Beberapa Litologi (Maria, 2008).

Batuan	Konduktivitas Hidroulik (m/sec)
Lempung Tufaan	1×10^{-7} - $4,7 \times 10^{-9}$
Batuan Beku Masif	3×10^{-14} - 2×10^{-10}
Breksi Vulkanik (Formasi Cikapundung)	4×10^{-6}
Breksi Vulkanik (Formasi Cikidang)	$1,1 \times 10^{-6}$
Tuf	$1,2 \times 10^{-5}$ - $4,6 \times 10^{-10}$
Pasir Tufaan	1×10^{-4} - $4,7 \times 10^{-7}$

Tabel 10. Nilai Konduktivitas Hidrolis Beberapa Litologi Daerah Penelitian

Kelas	K (m/sec)	Nilai	Bobot
Andesite	3×10^{-14} - 2×10^{-10}	1	3
Dasit	3×10^{-14} - 2×10^{-10}	1	3
Laut	4×10^{-6}	1	3
Breksi Tufaan, Lava Berbatupasir, Konglomerat	$1,2 \times 10^{-5}$ - $4,6 \times 10^{-10}$	2	6
Endapan Danau	1×10^{-7} - $4,7 \times 10^{-9}$	1	3
Batuan Gunung api Guntur-Pangkalang dan Kendang	4×10^{-6}	1	3
Batuan Gunung api Mandalawangi-Mandalagiri	4×10^{-6}	1	3
Batuan Gunung api Malabar-Tilu	4×10^{-6}	1	3
Endapan Rempa Lepas Gunung api Tak Teruraikan	4×10^{-6}	1	3
Batuan Gunung api Sanglanganjung Tak Teruraikan	4×10^{-6}	1	3
Hasil Gunung api Tua Breksi	$1,2 \times 10^{-5}$ - $4,6 \times 10^{-10}$	2	6
Lava dan Lahar Gunung Patuha	3×10^{-14} - 2×10^{-10}	1	3
Andesit Waringin-Bedil, Malabar Tua	3×10^{-14} - 2×10^{-10}	1	3
Tufa Berbatuapung	1×10^{-4} - $4,7 \times 10^{-7}$	2	6
Hasil Gunung api Muda Tak Teruraikan	$1,2 \times 10^{-5}$ - $4,6 \times 10^{-10}$	2	6
Formasi Besar	$1,1 \times 10^{-6}$	1	3

Gambar 11. Peta kerentanan pencemaran air tanah daerah Bandung Selatan.



Gambar 10. Peta konduktivitas hidrolik daerah Bandung Selatan.

Potensi Kerentanan

Penjumlahan hasil kali parameter DRASTIC menghasilkan Indeks DRASTIC yang mencerminkan kerentanan statis. Berdasarkan sistem klasifikasi tingkat kerentanan (Civita dan De Regibus (1995) dan Corniello, drr., (1997) terdapat lima kelas tingkat kerentanan pencemaran air tanah dari Indeks DRASTIC seperti yang disajikan pada Tabel 11. Hasil analisis parameter DRASTIC di Bandung Selatan memiliki tiga tingkat kerentanan, yaitu rendah (17%), sedang (74%), dan tinggi (9 %) seperti yang terlihat pada Gambar 11.

Dilihat dari hasil tumpang susun dan nilai parameter DRASTIC, wilayah dengan potensi tingkat kerentanan :

- a. Kerentanan rendah dimana kontaminan tidak mudah mencemari air tanah meliputi Kecamatan Banjaran, Ciparay, Arjasari, Pacet, Cikacung, Cicalengka, Cimaung, Pasirjambu, dan Ciwidey. Daerah ini merupakan perbukitan dengan kemiringan lereng landai (2% - 6%) hingga sangat curam (>18%). Litologi penyusunnya merupakan batuan hasil gunung api (lava, breksi, tuf, andesit, gunung api

Tabel 11. Kriteria Tingkat Kerentanan Pencemaran Indeks DRASTIC

(Civita dan De Regibus 1995, Corniello drr., 1997)

Tingkat Kerentanan	Indeks DRASTIC
Sangat Rendah	<79
Rendah	80 – 119
Sedang	120 – 159
Tinggi	160 – 199
Sangat Tinggi	> 199

tak teruraikan). Tekstur permukaan tanah umumnya berupa pasir lempungan. Kedalaman permukaan air tanah didominasi permukaan air tanah dalam, sebagian penduduk menggunakan mata air sebagai pemenuhan kebutuhan sehari-hari. Jenis akuifernya merupakan akuifer yang produktivitasnya sedang dengan penyebaran luas. Daerah ini juga memiliki curah hujan yang tinggi (0 - 2000 mm/tahun).

- b. Kerentanan sedang dimana kontaminan lebih mudah bergerak dan mencemari air tanah,

meliputi Kecamatan Pangalengan, Kertasari, Ibum, Paseh, Rancaekek, Majalaya, Baleendah, Katapang, Soreang, Margaasih, Dayeuhkolot, dan Bojongsoang. Daerah ini didominasi dataran rendah (0% - 2%) hingga perbukitan dengan kemiringan lereng landai (2% - 6%) hingga sangat curam (>18%). Litologi penyusunnya merupakan endapan danau yang dominan, breksi tufa, lava berbatupasir, konglomerat, andesit. Tekstur permukaan tanah umumnya berupa pasir lempungan. Kedalaman permukaan air tanah didominasi permukaan air tanah dalam, sebagian penduduk menggunakan mata air sebagai pemenuhan kebutuhan sehari-hari. Jenis akuifernya merupakan akuifer yang produktivitasnya sedang dengan penyebaran luas. Daerah ini juga memiliki curah hujan yang tinggi (0 - 2000 mm/tahun). Kerentanan pada daerah ini dipengaruhi karena faktor jenis batuan dan kondisi akuifer. Kondisi batuan di Kecamatan Pangalengan adalah batupasir sedang, kerikil dengan sisipan lempung dengan karakteristik akuifer produktif dengan penyebaran luas dan untuk zona tak jenuhnya. Tingkat kerentanan tiap daerah memiliki faktor utama yang berbeda-beda, sebagian besar daerah penelitian memiliki tingkat kerentanan sedang dengan penyebaran luas hampir separuh daerah penelitian. Tingkat kerentanan sedang memberikan peluang polutan untuk masuk ke dalam tanah dan mencapai permukaan air tanah.

Faktor yang dominan mempengaruhi tingkat kerentanan di masing-masing wilayah berbeda-beda, faktor yang paling dominan adalah kondisi geologi, kemiringan lereng, dan jenis akuifer. Peta kerentanan air tanah bisa diaplikasikan untuk semua polutan yang berpengaruh pada air tanah bebas. Diharapkan peta kerentanan ini dapat digunakan sebagai usaha perencanaan wilayah yang penting untuk mengatasi perencanaan yang berdampak terhadap konservasi kualitas air tanah. Validasi dalam penelitian ini dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Rusydi dr., 2015 bahwa terdapat 16 lokasi penelitian yang tersebar di Pangalengan, Banjaran, Margaasih, Margahayu, dan Rancaekek dengan nilai TSS tertinggi pada KB-03 sebesar 194 mg/L. Pencemaran nitrat ditemukan di 4 lokasi, dengan nilai nitrat tertinggi ditemukan pada KB-09 di Pangalengan sebesar 40,57 mg/L. Pencemaran ammonium ditemukan pada 9 lokasi penelitian dengan nilai tertinggi ditemukan pada KB-16 di Ciparay dengan nilai 18,76 mg/L, dan coliform (total

coliform dan fecal coliform) ditemukan pada 7 lokasi, yaitu di Margahayu, Pangalengan, Margaasih dan Rancaekek. Lokasi tersebut merupakan kerentanan sedang memiliki nilai kualitas air tanah yang rendah.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis perhitungan Indeks DRASTIC di Bandung Selatan memiliki dua tingkat kerentanan, yaitu rendah (52,83%) dan sedang (47,17%). Faktor yang dominan mempengaruhi tingkat kerentanan di masing-masing wilayah berbeda-beda, faktor yang paling dominan adalah kondisi geologi, kemiringan lereng, dan jenis akuifer. Peta kerentanan air tanah bisa diaplikasikan untuk semua polutan yang berpengaruh pada air tanah bebas. Metode DRASTIC sangat efektif digunakan untuk mengukur tingkat kerentanan pencemaran air tanah di daerah Bandung Selatan karena meliputi parameter hidrogeologi, yaitu kedalaman permukaan air tanah, curah hujan, jenis akuifer, tekstur tanah, kemiringan lereng, jenis zona tak jenuh, dan konduktivitas hidrolik akuifer. Namun, aplikasi metode ini memerlukan data yang detail dan tidak dapat menunjukkan karakteristik masing-masing zat pencemar. Walaupun demikian, metode DRASTIC dapat membantu perencanaan wilayah untuk menentukan daerah yang berpotensi mengalami pencemaran air tanah tinggi dan untuk memaksimalkan perlindungan air tanah untuk persediaan kebutuhan air di masa yang akan datang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala Pusat Penelitian Geoteknologi-LIPI yang telah memberikan kesempatan dan kepercayaan untuk melakukan penelitian ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Ir. Sudaryanto, M.T. yang telah memberi bimbingan selama proses penelitian hingga selesainya penulisan ini. Ucapan terima kasih disampaikan pula kepada rekan-rekan peneliti dan teknisi yang telah membantu dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Alimah, I., dan Putro Heru P.H., 2014. *Kajian Tingkat Konsumsi Air Bersih PDAM di Provinsi Jawa Barat*. Jurnal Perencanaan Wilayah dan Kota B SAPPK V3N2.

- Aller, L., Bennett, T., Lehr, J. H., Petty, R. J., dan Hackett, G., 1987. *DRASTIC; a Standardized System for Evaluating Ground water Pollution Potential Using Hydrogeologic Settings*. United States (USA): U. S. Environ. Prot. Agency, United States (USA). [20 November 2013].
- Alzwar, M., Akbar, N., dan Bachri, S., 1992. *Peta Geologi Lembar Garut dan Pameungpeuk, Jawa, Skala 1: 100.000*. Direktorat Geologi, Departemen Pertambangan Republik Indonesia.
- Bemmelen Van, R.W, 1949. *The Geology of Indonesia, Volume I A*. The Hague Martinus Nijhoff, Netherland.
- Civita, M., dan De Regibus, C., 1995. *Sperimentazione di Alcune Metodologie per la Valutazione Della Vulnerabilità Degli Aquifer*. Q Geol Appl Pitagora Bologna, 3: 63-71.
- Corniello, A., Ducci, D., dan Napolitano, P., 1997. *Comparison between parametric methods to evaluate aquifer pollution vulnerability using GIS: an example in the Piana Company, Southern Italy*, In: *Marinos P., Koukis G., Tsiambaos G., Stournaras G. (Eds)*. Engineering Geology and the Environmental, Balkema, Rotterdam, 1721-1726.
- Hadi, Syamsul., 2004. *Penilaian Kerentanan Airtanah Tak Tertekan terhadap Pencemaran di Daerah Bandung dan Sekitarnya dengan Metode Drastic*. Buletin Geologi Tata Lingkungan (Bulletin of Environmental Geology), Vol. 14 No, 1, Juni 2004 : 17-39.
- Harter, T., 2001. *Assessing Vulnerability of Groundwater*. California. <https://books.google.co.id/>. h 183-185 [02 Maret 2015].
- Hutasoit, Lambok M., 2009. *Kondisi Permukaan Air Tanah dengan dan tanpa peresapan buatan di daerah Bandung: Hasil Simulasi Numerik*. Jurnal Geologi Indonesia, Vol. 4 No. 3 September 2009: 177-188.
- Indriatmoko, R.H, 2004. *Evaluasi Lingkungan Air tanah di DAS Citarum Hulu*. Jurnal teknik Lingkungan P3TL-BBPT (2) : 82-94.
- Koesmoro, M., 1976. *Peta Geologi Lembar Sindangbarang, Jawa, Skala 1: 100.000*. Direktorat Geologi.
- Maria, R., 2008. *Hidrogeologi dan Potensi Resapan Airtanah Sub Das Cikapundung Bagian Tengah*. Jurnal Riset Geologi dan Pertambangan Jilid 18 No. 2 (2008) 21-30.
- Maria, R., Sugianti, K., dan Mulyadi, D., 2013. *Potensi Pencemaran Limbah Domestik Menggunakan Pendekatan Hidrogeologi dan Indeks Pencemaran*. Prosiding Pemaparan Hasil Penelitian Puslit Geoteknologi-LIPI, halaman 337-343, ISBN: 978-979-8636-20-2, Tanggal 05 Desember 2013.
- Pusdalisbang, 2014. *Data Kependudukan*. <http://pusdalisbang.jabarprov.go.id/pusdalisbang/data-94-Kependudukan.html> [04 Maret 2015].
- Putranto, T.T., Kuswoyo, B., 2008. *Zona Kerentanan Airtanah terhadap Kontaminan dengan Metode Drastic*. Jurnal Teknik, Vol. 29 No. 2 Tahun 2008, ISSN 0852-1697.
- Rusydi, Fadliah, A., Nailly, W., dan Lestiana, H., 2015. *Pencemaran Limbah Domestik dan Pertanian Terhadap Airtanah Bebas di Kabupaten Bandung*. Jurnal Riset Geologi dan Pertambangan, Vol. 25, No.2, Desember 2015 (87-97).
- Saatsaz, M., dan Sulaiman, A.W., 2011. *GIS DRASTIC Model for Groundwater Vulnerability Estimation of Astaneh-Kouchesfahan Plain*. Northern Iran. Int. J. Water, Vol. 6, Nos. 1/2.
- Silitonga, P.H., 1973. *Peta Geologi Indonesia Lembar Bandung, Jawa, Skala 1: 100.000*. Direktorat Geologi, Bandung.
- Soetrisno, S., 1983. *Peta Hidrogeologi Indonesia Lembar Bandung, Jawa, Skala 1 : 250.000*. Direktorat Geologi Tata Lingkungan.
- Sudjatmiko, 1972. *Peta Geologi Lembar Cianjur, Jawa, Skala 1: 100.000*. Direktorat Geologi, Bandung.
- Sunarwan B., 2014. *Hidrostratigrafi Endapan Vulkanik Cekuangn Air tanah Bandung – Soreang Provinsi Jawa Barat*. Disertasi, Program Doktor Teknik Geologi Institut Teknologi Bandung [tidak dipublikasikan].
- Wangsaatmaja, S., Sabar, A., dan Prasetiati, M. A. N., 2006. *Permasalahan dan Strategi Pembangunan Lingkungan Berkelanjutan Studi Kasus: Cekungan Bandung*. Jurnal Geologi Indonesia, Vol. 1 No. 3. September 2006, h 163-171.