

Aplikasi Metode *DRASTIC* untuk Analisis Kerentanan Air Tanah terhadap Pencemaran di Kabupaten Tanah Laut, Kabupaten Banjar, dan Kota Banjarbaru, Provinsi Kalimantan Selatan

Thomas Triadi Putranto^{1*}, Mochamad Arief Budihardjo², Anik Sarminingsih²

¹ Departemen Teknik Geologi Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,

² Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

Abstrak

Pada Tahun 2017-2019 jumlah penduduk pada wilayah Kabupaten Tanah Laut, Kabupaten Banjar, Kota Banjarbaru cukup tinggi dan terus meningkat setiap tahunnya. Peningkatan jumlah penduduk mencapai 1,39% hingga 2,92%. Seiring dengan pertumbuhan jumlah penduduk, kebutuhan manusia akan air bersih juga meningkat, khususnya yang bersumber dari air tanah. Tujuan dari penelitian ini untuk menilai kerentanan air tanah terhadap pencemaran.. Metode yang digunakan untuk analisis kerentanan air tanah terhadap pencemaran adalah metode *DRASTIC* yang mengacu pada tujuh parameter yaitu kedalaman air tanah (*D*), pasokan air tanah (*R*), jenis akuifer (*A*), lapisan tanah (*S*), topografi (*T*), dampak terhadap zona tak jenuh air (*I*) dan konduktivitas hidrolika (*C*) menggunakan analisis geospasial untuk menghitung besarnya *DRASTIC Indeks/DI*. Dari hasil analisis geospasial, didapatkan 3 zonasi kerentanan air tanah terhadap pencemaran berdasarkan nilai *DI* yaitu kerentanan rendah (95-106), kerentanan sedang (106-146), dan kerentanan tinggi (146-186) Sebaran zona kerentanan tinggi mendominasi wilayah penelitian seluas 75,8%. Metode *DRASTIC* memerlukan data yang banyak untuk memberikan hasil analisis peta zona kerentanan air tanah yang akurat. Metode ini memiliki akurasi yang baik dan lebih efektif untuk menghasilkan peta zona kerentanan air tanah terhadap pencemaran.

Kata kunci: kerentanan; air tanah; *DRASTIC*; Banjarbaru; pencemaran

Abstract

[Title: *Application of the DRASTIC method for Analyzing of Groundwater Vulnerability to Contamination in Tanah Laut Regency, Banjar Regency, and Banjarbaru City, South Kalimantan Province*]. In 2017-2019, the Tanah Laut Regency, Banjar Regency, Banjarbaru City population was relatively high and continued to increase every year. The increase in the population reaches 1.39% to 2.92%. Along with population growth, the human need for clean water also increases, especially from groundwater. The study aims to assess the vulnerability of groundwater to contamination. The method used for the analysis of groundwater vulnerability to contamination is the *DRASTIC* method. It refers to seven parameters, namely groundwater depth (*D*), net recharge (*R*), aquifer media (*A*), soil layer (*S*), topography (*T*), impact to vadose zone (*I*) and hydraulic conductivity (*C*) by using geospatial analysis to calculate the *DRASTIC Index/DI*. From the results of geospatial analysis, there are three zones of groundwater vulnerability to contamination based on *DI* values, namely low vulnerability (95-106), medium vulnerability (106-146), and high vulnerability (146-186). The distribution of high zones dominates in the research area around of 75, 8%. The *DRASTIC* method requires a lot of data to provide an accurate analysis of groundwater vulnerability zone maps. This method has excellent accuracy and more effective in producing a map of the groundwater vulnerability zones to contamination.

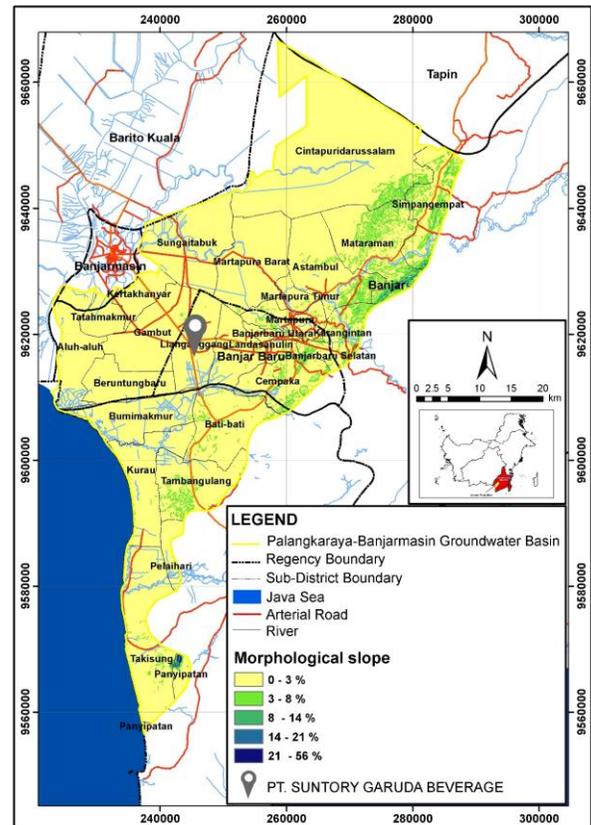
^{*} Penulis Korespondensi.
E-mail: putranto@ft.undip.ac.id

Keywords: vulnerability; groundwater; *DRASTIC*; Banjarbaru; contamination

1. Pendahuluan

Lokasi penelitian secara geografis berada pada 222699-288067 mE dan 9556511-9666610 mS seluas 2.526 km² melintas di Kabupaten Tanah Laut, Kabupaten Banjar, dan Kota Banjarbaru, termasuk kedalam CAT Palangkaraya-Banjarmasin, dengan dominasi morfologi dataran dan bergelombang landai (van Zuidam, 1983) (Gambar 1). Morfologi dataran mendominasi daerah penelitian hingga mencapai 92%. Morfologi ini tersebar secara merata di garis pantai di selatan hingga ke arah utara serta barat berupa dataran pantai, dataran aluvial serta dataran fluvial. Morfologi dataran memiliki slope 0-3%. Selanjutnya morfologi bergelombang landai dengan slope 3-8% tersebar dominan di tengah serta timur laut dengan sebaran sekitar 7,2%. Sisanya merupakan morfologi berbukit, berbukit bergelombang serta berbukit terjal dengan slope 8-56%. Morfologi tersebut tersebar secara setempat di bagian timur serta selatan. Prosentase pertumbuhan jumlah penduduk pada wilayah penelitian mengalami peningkatan setiap tahunnya. Tercatat prosentase pertumbuhan penduduk berkisar 1,39-2,92% pada tahun 2017 (BPS Provinsi Kalimantan Selatan, 2020) dengan total jumlah penduduk sebanyak 1.156.873 jiwa di wilayah penelitian. Kota Banjarbaru dari BPS Kota Banjarbaru (2020) memiliki jumlah penduduk sebanyak 262.719 jiwa. Sementara itu Kabupaten Tanah Laut memiliki jumlah penduduk 343.890 jiwa yang tercatat di data BPS Kabupaten Tanah Laut (2020). Dari data BPS Kabupaten Banjar (2020) jumlah penduduk di Kabupaten Banjar yang berada di wilayah studi sebanyak 550.264 jiwa. Peningkatan jumlah penduduk membawa konsekuensi peningkatan kebutuhan air bagi masyarakat yang bisa membawa dampak salah satunya penurunan kualitas air.

Untuk mengatasi penurunan kualitas air telah dilakukan revisi Perda Lingkungan Hidup karena banyaknya sumber pencemar air di Kota Banjarbaru (Arfianty, 2019). Berdasarkan data Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Kalimantan Selatan tercatat adanya limbah oli yang dibuang ke Sungai Martapura sebagai salah satu pencemar bagi lingkungan sekitar (Arief, 2020). Air tanah sebagai salah satu sumber air baku bagi warga, bisa tercemar oleh air sungai. Oleh karena itu diperlukan upaya perlindungan air tanah melalui penyusunan zona kerentanan air tanah terhadap pencemaran. Sumber pencemaran berasal dari aktivitas manusia seperti limbah rumah tangga dan aktivitas antropogenik lainnya seperti pertanian yang dapat mencemari air tanah (Pisciotta, dkk, 2015). Dalam menganalisis kerentanan air tanah terdapat bebrbagai metode diantaranya metode *GOD* (Foster, 1987 dalam Foster dan Hirata, 1988), *AVI* (Van Stempvoort dkk, 1993), *GALDIT* (Lobo-Ferreira dkk, 2007), *SINTACS* (Civita, 2010) dan *DRASTIC* (Aller dkk, 1985). Dalam penelitian ini metode yang digunakan adalah metode kerentanan *DRASTIC* (Aller dkk, 1985). Metode

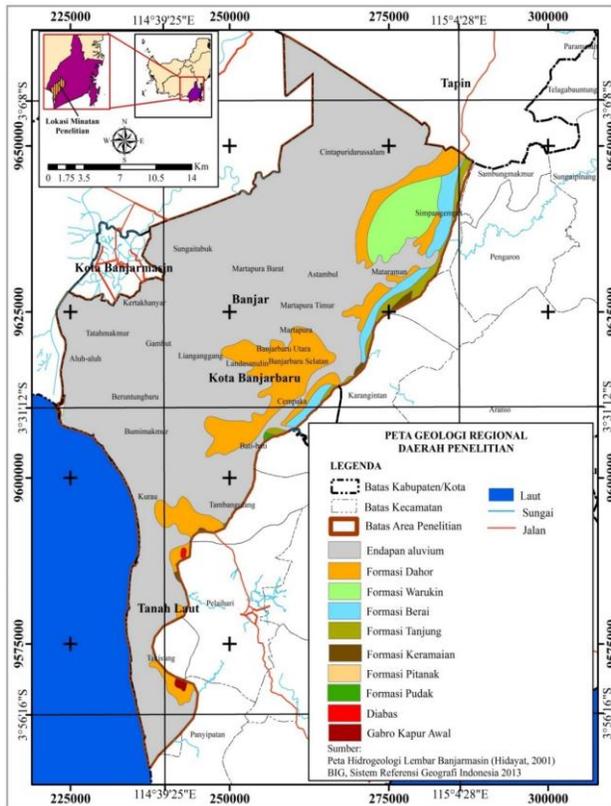


Gambar 1. Peta morfologi

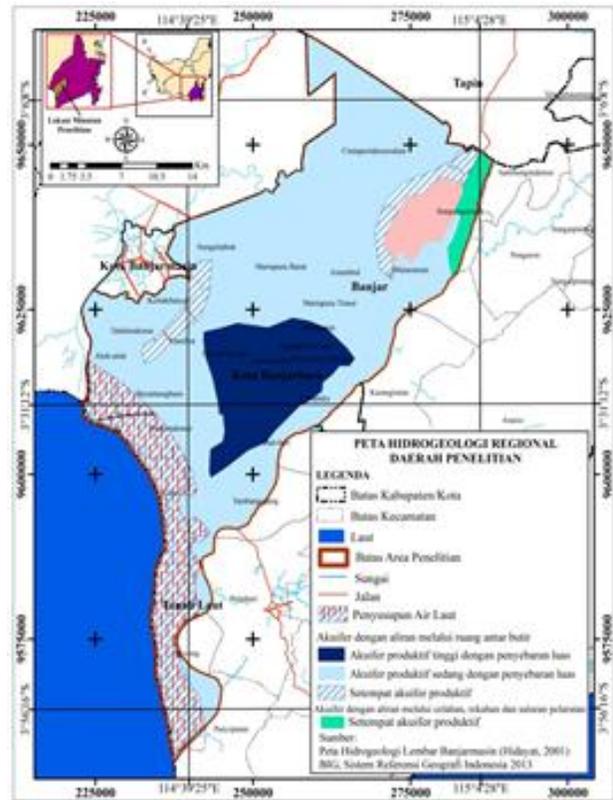
DRASTIC banyak digunakan untuk analisis kerentanan air tanah yang mengacu pada tujuh parameter yaitu kedalaman air tanah (D), pasokan air tanah (R), jenis aquifer (A), lapisan tanah (S), topografi (T), dampak terhadap zona tak jenuh air (I) dan konduktivitas hidrolika (C) menggunakan analisis geospasial untuk menghitung besarnya *DRASTIC* Indeks/DI.

Tujuan dari penelitian ini untuk menilai kerentanan air tanah terhadap pencemaran menggunakan metode *DRASTIC*. Pendekatan metode ini merupakan pengembangan dari sistem evaluasi parametrik melalui identifikasi multiplikasi dari bobot dan kelas tiap parameter untuk merefleksikan hubungan antara parameter dan kepentingan untuk analisis kerentanan

Berdasarkan Geologi Regional menurut (Sikumbang dan Heryanto, 1994) urutan stratigrafi dari tua ke muda daerah ini meliputi Gabro Kapur Awal (Mgb) dengan batuan tersusun atas mineral plagioklas, piroksen, hornblende dan tersebar di bagian selatan daerah penelitian. Diabas merupakan batuan beku yang biasanya terbentuk akibat intrusi dengan dominasi mineral plagioklas menjarum, piroksen, kuarsa. Formasi Pudak (Kap) tersusun oleh lava dengan perselingan konglomerak, batupasir dan batugamping. Formasi Pitanak (Kvpi) terdiri dari lava andesit berwarna kelabu berasosiasi dengan



Gambar 2. Peta geologi (Sikumbang dan Heryanto, 1994)



Gambar 3. Peta hidrogeologi (Hidayat, 2001)

breksi konglomerat vulkanik. Formasi Keramaian (Kak) terdiri dari perselingan batupasir dengan batulempung dan batulanau, sisipan batugamping konglomeratan berasosiasi dengan rijang. Formasi Tanjung (Tet) berupa batupasir kuarsa dengan sisipan batulempung, batubara, serta setempat dijumpai lensa batugamping. Formasi ini memiliki tebal mencapai 750 m. Formasi Berai (Tomb) tersusun oleh batugamping dengan perselingan napal, batulempung dan batubara, tersilikakan sebagian yang memiliki komposisi limonit, serta foram besar. Formasi Warukin (Tmw) terdiri dari batulempung sisipan batupasir dan batubara yang terbentuk di lingkungan *prodelta* hingga *upper delta plain* yang berumur miosen. Formasi ini memiliki ketebalan mencapai 300-500m. Formasi Dahur (TQd) tersusun oleh batupasir kuarsa putih yang kurang kompak, material lepas berupa pasir, juga sisipan lanau, lignit, lempung, dan limonit. Endapan Alluvium (Qa) terdiri dari material lepas dari lempung sampai kerikil yang berwarna abu-abu. Material ini terendapkan di dataran banjir sungai besar. Penyebaran endapan mencapai 80,9% di daerah penelitian seperti terlihat di peta geologi regional (Gambar 2).

Berdasarkan Peta Hidrogeologi Regional lembar Banjarmasin (Hidayat, 2001), daerah penelitian ini memiliki 2 (dua) tipe aliran (Gambar 3), yakni: (1) melalui ruang antar butir meliputi akuifer produktif tinggi dengan penyebaran luas, akuifer produktif sedang dengan

penyebaran luas, serta setempat akuifer produktif., dan (2) melalui celahan, rekahan dan saluran pelarutan dengan produktivitas setempat akuifer produktif.

2. Bahan dan Metode

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi data sekunder dan data primer. Data sekunder yang digunakan berupa Peta Geologi Regional Lembar Banjarmasin Skala 1:100.000, Peta Hidrogeologi Regional Lembar Banjarmasin Skala 1:100.000, dan Peta Dasar Rupa Bumi. Data kependudukan dan curah hujan yang didapatkan dari data dalam angka dari Badan Pusat Statistik Kabupaten Banjar, Kabupaten Tanah Laut, dan Kota Banjarbaru. Data primer dilakukan melalui kegiatan pemetaan hidrogeologi. Analisis data primer dan sekunder untuk pembuatan zona kerentanan air tanah terhadap pencemaran menggunakan metode DRASTIC dan analisis geospasial untuk visualisasi peta kerentanan air tanah terhadap pencemaran.

2.1 Pemetaan Hidrogeologi

Pemetaan hidrogeologi meliputi pengambilan sampel air tanah terhadap 150 sampel sumur gali yang tersebar di daerah penelitian dan pengukuran kedalaman muka air tanah terhadap masing-masing sumur gali sebagai salah satu parameter *DRASTIC*. Pemetaan hidrogeologi dilaksanakan pada bulan Juli 2019.

Tabel 1. Curah Hujan di daerah penelitian Tahun 2015-2017 (BPS Kabupaten Banjar, Kabupaten Tanah Laut, dan Kota Banjarbaru)

Kabupaten	Tahun	Bulan												Jumlah
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des	
Kabupaten Banjar	2015	406	433	241	613	205	83	5	11	0	18	46	138	2.199
	2016	278	289	346	97	176	207	101	95	160	242	459	286	2.736
	2017	411	251	396	301	110	169	56	99	49	186	272	355	2.655
Kabupaten Tanah Laut	2015	477	413	263	285	173	101	14	0	0	6	85	579	2.396
	2016	209	227	352	589	427	362	189	28	183	220	151	408	3.345
	2017	504	305	304	184	283	288	267	136	127	308	461	482	3.649

Keadaan iklim, letak geografis, perputaran arus udara mempengaruhi curah hujan di daerah penelitian. Jumlah curah hujan di daerah penelitian setiap tahun bervariasi seperti terlihat di Tabel 1.

2.2 Metode DRASTIC

Aller dkk. (1085) dari *US Environmental Protection Agency* mengembangkan Metode *DRASTIC*. *DRASTIC* tersusun oleh 7 parameter. Metode *DRASTIC* dikembangkan untuk wilayah yang luas berdasarkan pembobotan masing-masing parameter. Metode *DRASTIC* telah banyak dikembangkan oleh beberapa peneliti seperti Lobo-Ferreira and Oliviera (2004); Panagopoulos dkk. (2006); Polemio dkk. (2009); Hailin dkk. (2011) Pisciotta dkk. (2015); Putranto dkk. (2016); Belle dkk. (2020); dan Olivares dkk. (2020). Bagian yang sangat penting dalam pengolahan data metode ini ada 3, yaitu: rating, bobot, dan skor untuk mengetahui tingkat kerentanan air tanah dengan menjumlahkan nilai skor masing-masing parameter seperti pada Persamaan 1, dengan R: *Rating*, W: *Weight* dan menghasilkan nilai *DRASTIC Index* (DI). Rating memiliki nilai 1-10, sedangkan bobot 1-5. Semakin tinggi skor DI, semakin rentan daerah tersebut terhadap pencemaran.

$DRASTIC\ Index / DI =$

$$\frac{D_R * D_W + R_R * R_W + A_R * A_W + S_R * S_W + T_R * T_W + I_R * I_W + C_R * C_W}{10} \quad (1)$$

Dari penjumlahan tersebut didapat tingkat kerentanan air tanah menurut (Aller dkk, 1985) (Tabel 2).

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Kedudukan Muka Air Tanah

Desa Selat Makmur, Kecamatan Beruntungbaru di Kabupaten Tanah Laut memiliki kedalaman air tanah paling dangkal yakni 0,5 mdpl sedangkan Desa Tigahi, Kecamatan Simpang Empat Kabupaten Banjar memiliki

kedalaman terdalam, 45 mdpl. Interpolasi peta kontur muka air tanah akuifer bebas di lokasi penelitian disajikan dari pengukuran semua titik sampel. Dari hasil pengamatan lapangan muka air tanah pada sistem akuifer bebas memiliki kedudukan 0,1-10 mbmt. Arah alirannya dari Timur ke arah Barat. Peta muka air tanah dan pola alirannya dapat dilihat pada Gambar 4.

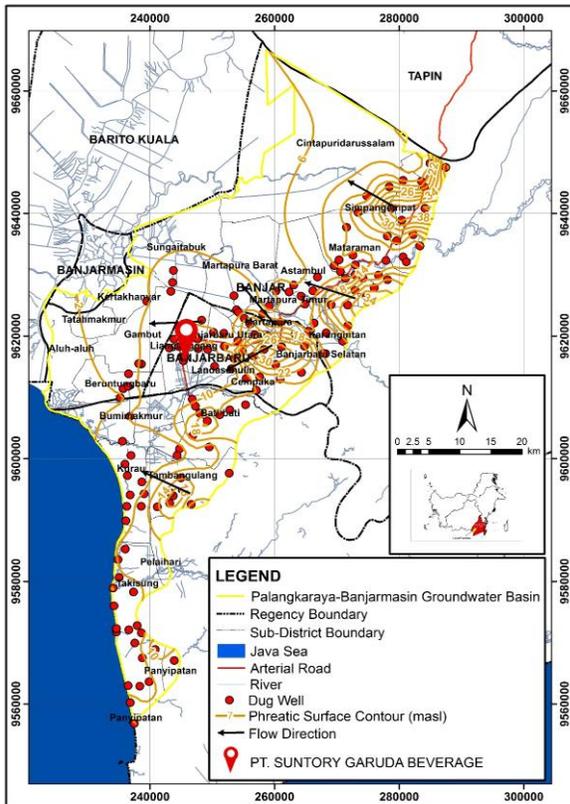
3.2 Kualitas Air Tanah

Mandel (1981) menyatakan pH merupakan logaritma negatif dari besaran konsentrasi ion hidrogen. Hasil pengukuran pH 150 sampel air tanah bebas memiliki nilai rata-rata 5,68 dengan rentang antara 3,37-7,58. pH terendah didapat di sampel no SG-45 lokasi Landasan Ulin. Kawasan ini mayoritas memiliki pH bersifat asam (sesuai Baku Mutu Permenkes No. 32/Menkes/Per/2017) terletak di bagian tengah daerah penelitian karena tergenang secara periodik karena merupakan peralihan daerah rawa seperti halnya di Kecamatan Liang Anggang dan Kecamatan Gambut. Peta derajat keasaman dapat dilihat Gambar 5.

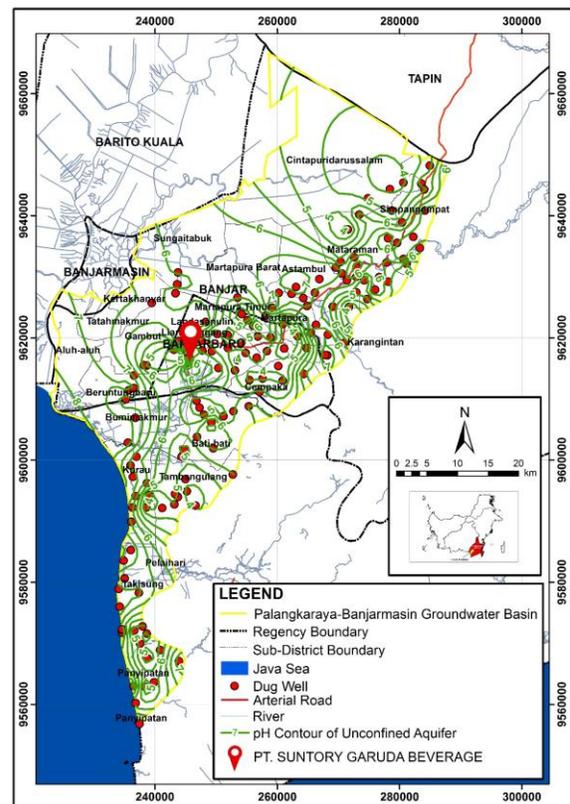
Hasil seluruh pengukuran daya hantar listrik (DHL) terhadap 150 sampel air tanah akuifer bebas, diketahui nilai DHL terendah terdapat pada SG-22 di Sungai Bakau dengan nilai DHL 5,95 µS/cm dan nilai DHL tertinggi terdapat pada SG-13 di Takisung dengan nilai DHL sebesar 5.970 µS/cm. Rata-rata nilai DHL dari 150 sampel air tanah akuifer bebas sebesar 324,71µS/cm. Berdasarkan klasifikasi kualitas air menurut (Wilcox, 1955) terdapat 2 sampel air tanah yang termasuk ke dalam kualitas buruk yaitu SG-135 dengan nilai DHL 2.120 µS/cm dan SG-143 dengan nilai 2.340 µS/cm. Selain itu, terdapat 2 sampel air tanah yang masuk ke dalam kualitas sangat buruk, yaitu sampel SG-13 dengan nilai 5.970 µS/cm dan SG-148 dengan nilai DHL 3.550 µS/cm. Hasil analisis nilai DHL menghasilkan peta kontur nilai DHL air tanah akuifer bebas (Gambar 6), dimana persebaran nilai DHL daerah penyelidikan menggambarkan semakin ke arah barat, nilai DHL cenderung semakin tinggi. Tingginya nilai DHL disebabkan karena lokasi pengambilan sampel air berdekatan langsung dengan Laut Jawa, sehingga dimungkinkan terjadinya pergerakan air laut menuju daratan sebagai indikasi adanya intrusi air laut di daerah tersebut.

Tabel 2. Tingkat Kerentanan Air tanah (Aller dkk,1985)

Nilai DI	Tingkat Kerentanan
<66	Sangat Rendah
66-106	Rendah
106-146	Sedang
146-186	Tinggi
>186	Sangat Tinggi



Gambar 4. Peta muka air tanah dan pola aliran



Gambar 5. Peta derajat Keasaman (pH)

3.3 Kerentaran Air tanah Metode DRASTIC

Metode DRASTIC disusun berdasarkan kepanjangan dari tujuh parameter meliputi kedalaman muka air tanah (D), pasokan/recharge (R), media penyusun lapisan pembawa air (A), media tanah (S), kemiringan lereng (T), dampak ke zona unsaturated (I), dan koefisien permeabilitas/konduktivitas (T). Nilai bobot dari semua parameter berkisar 1-5 dengan nilai kelas 2-10. Drastic Index/DI merupakan jumlah total dari perkalian antara nilai bobot dan kelas tiap parameter. DI semakin tinggi maka semakin rentan wilayah tersebut tercemar oleh kontaminan yang bergerak menuju zona jenuh air.

1.) Depth to Watertable (D)

Kedalaman air tanah akuifer bebas sangat mempengaruhi kerentanan air tanah, karena semakin

Tabel 3. Perhitungan Skor Kedalaman Muka Air tanah

Kedalaman Muka Air Tanah [m]	Rating	Bobot	Skor
0-1,5	10	5	50
1,5- 3	9	5	45
3-9	7	5	35
9-15	5	5	25

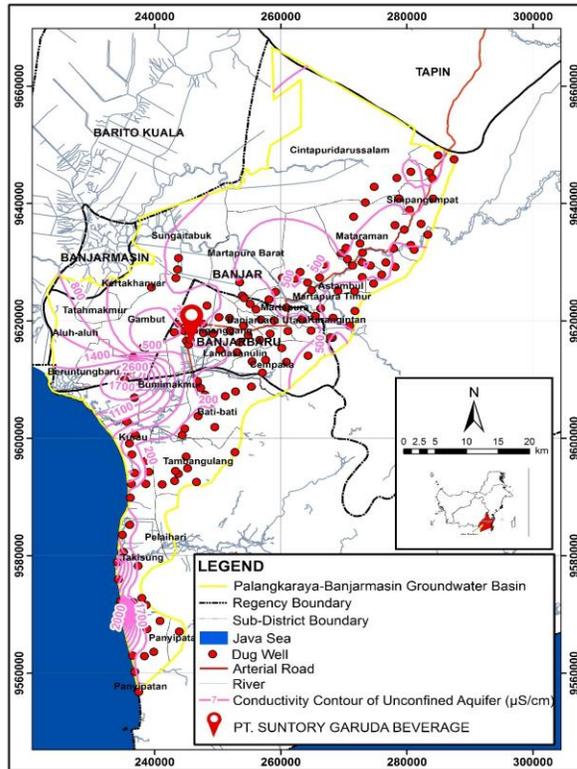
dangkal kedalamannya maka semakin mudah kontaminan dari permukaan masuk ke dalam air tanah. Kedalaman air tanah ini memiliki bobot 5. Dari Gambar 7 dapat dilihat bahwa ke dalaman 0-1,5 m tersebar di bagian Barat dan sedikit di Selatan-Baratdaya daerah penelitian dan bagian Timur-Utara kedalaman berkisar antara 1,5-3 m, 3-9 m dan 9-15 m (Tabel 3).

2.) Net Recharge (R)

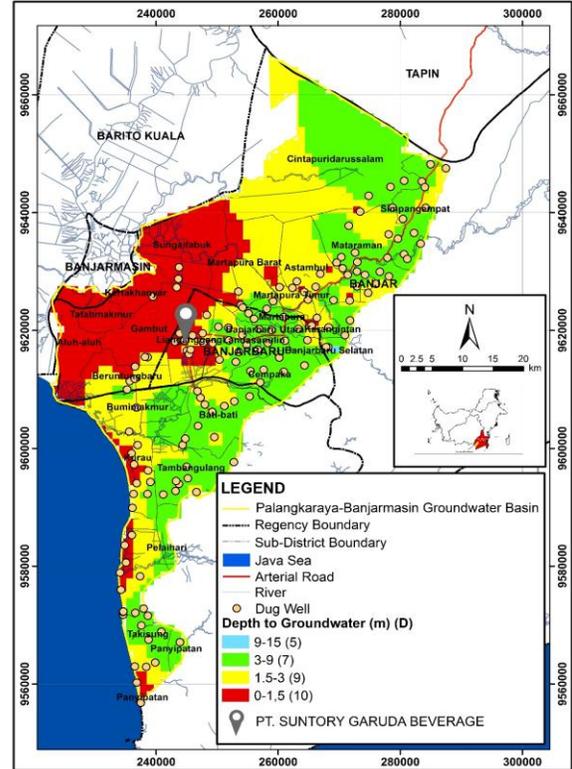
Recharge menggambarkan jumlah pasokan air yang meresap ke dalam tanah. Recharge mengambil peranan penting dalam membantu kontaminan masuk ke dalam air tanah secara vertikal. Jumlah recharge sangat mempengaruhi kerentanan karena semakin banyak jumlah recharge maka semakin besar resiko kontaminasi. Recharge memiliki bobot 4. Tabel 4 menunjukkan data jumlah recharge di daerah penelitian berkisar antara 248,1-253,5 mm/tahun. Penyebarannya dapat dilihat pada Gambar 8.

Tabel 4. Perhitungan Skor Net Recharge

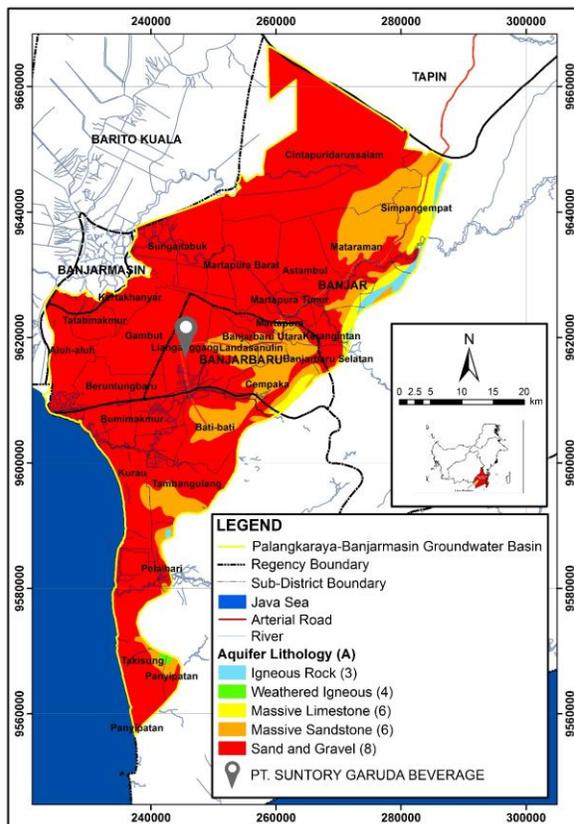
Recharge (mm/tahun)	Rating	Bobot	Skor
248,1 – 253,5	8	4	32



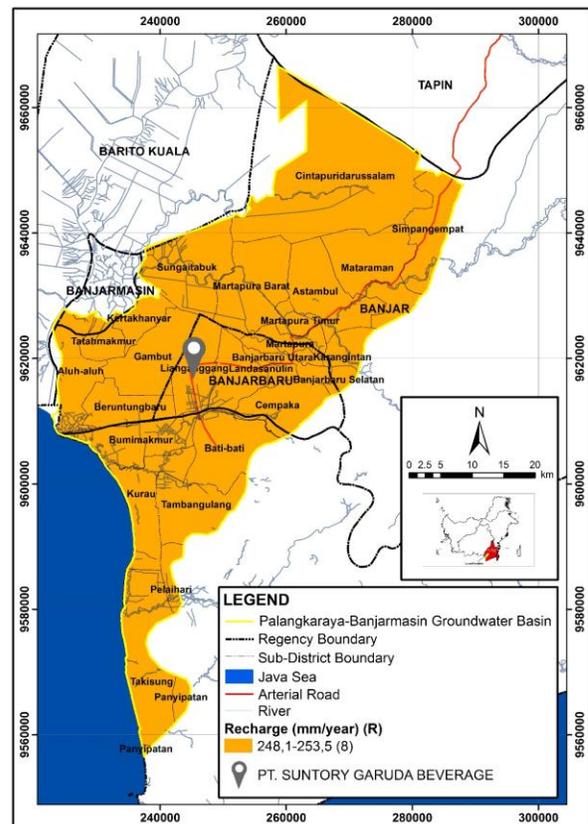
Gambar 6. Peta daya hantar listrik (DHL)



Gambar 7. Peta depth to watertabel



Gambar 8. Peta recharge



Gambar 9. Peta aquifer media

Tabel 5. Perhitungan Skor *Aquifer Media*

Jenis Akuifer	Rating	Bobot	Skor
<i>Igneous Rocks</i>	3	3	9
<i>Weathered Igneous</i>	4	3	12
<i>Massive limestone</i>	6	3	18
<i>Massive sandstone</i>	6	3	18
<i>Sand and gravel</i>	8	3	24

3.) *Aquifer Media (A)*

Media akuifer sangat mempengaruhi kontaminan yang masuk ke dalam air tanah. Karena kontaminan akan mengalir mengikuti sifat fisik media akuifer seperti porositas, permeabilitas dan retakan. Semakin besar kemampuan akuifer menahan kontaminan maka pergerakan kontaminan semakin lama dan kecil potensinya kontaminan masuk ke dalam air tanah. Media akuifer memiliki bobot tiga, dengan jenis media akuifer terdiri dari pasir dan kerikil, batupasir massif, batugamping massif dan lapukan batuan beku. Perhitungan skor terdapat pada Tabel 5. Persebarannya disajikan pada Gambar 9.

4.) *Soil Media (S)*

Media tanah merupakan bagian permukaan tanah

Tabel 6. Perhitungan Skor *Soil Media*

Jenis Media Tanah	Rating	Bobot	Skor
<i>Clay loam</i>	3	2	6
<i>Loam</i>	5	2	10
<i>Sandy loam</i>	6	2	12
<i>Aggregat clay</i>	7	2	14

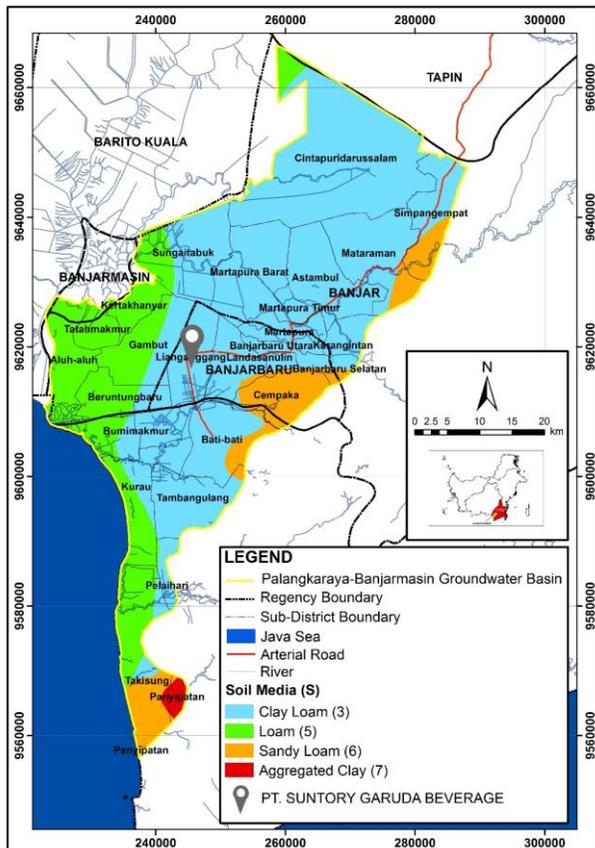
yang berpengaruh terhadap masuknya air limpasan ke dalam lapisan akuifer bebas melalui zona tak jenuh air. Penyusun media tanah di daerah penyelidikan terdiri dari geluh lempungan, geluh, geluh pasiran dan agregat lempung. Berikut ini hasil perhitungan skor (Tabel 6) dan persebaran (Gambar 10) media tanah.

5.) *Topography (T)*

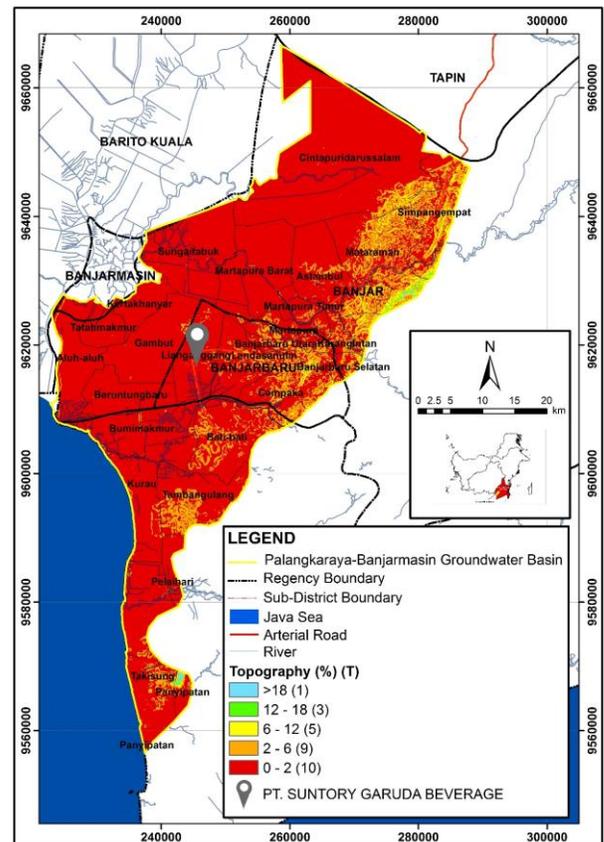
Kemiringan lahan atau topografi akan mengakibatkan pergerakan kecepatan air di permukaan bervariasi, sehingga jumlah air yang meresap ke dalam tanah pada setiap kelompok kemiringan lereng. Daerah penyelidikan memiliki kemiringan lahan yang dibagi ke dalam 5 kelompok. perhitungan skor kemiringan lahan tersaji pada Tabel 7 dan persebaran kemiringan lahan tersaji pada Gambar 11.

6.) *Impact of Vadoze Zone (I)*

Parameter ini memiliki bobot lima. Zona ini berada



Gambar 10. Peta *soil media*



Gambar 11. Peta *topography*

Tabel 7. Perhitungan Skor *Topography*

Topografi (% lereng)	Rating	Bobot	Skor
>18	1	1	1
12-18	3	1	3
6-12	5	1	5
2-6	9	1	9
0-2	10	1	10

diatas muka air tanah. Zona ini sangat berpengaruh terhadap kecepatan kontaminan mengalir ke dalam air tanah. Zona vados di daerah ini berupa lempung lanauan, pasir dan kerikil dengan material lanau dan lempung. Perhitungan skor terdapat pada Tabel 8 dan persebarannya terdapat pada Gambar 12.

7.) *Hydraulic Conductivity (C)*

Parameter ini memiliki bobot tiga. Konduktivitas hidrolika dipengaruhi oleh jenis batuan, ukuran butir tanah, kekompakan, susunan butiran, serta untuk beberapa jenis batuan juga oleh kehadiran zona-zona retakan. Perhitungan skor terdapat pada Tabel 9 dan persebarannya terdapat pada Gambar 13.

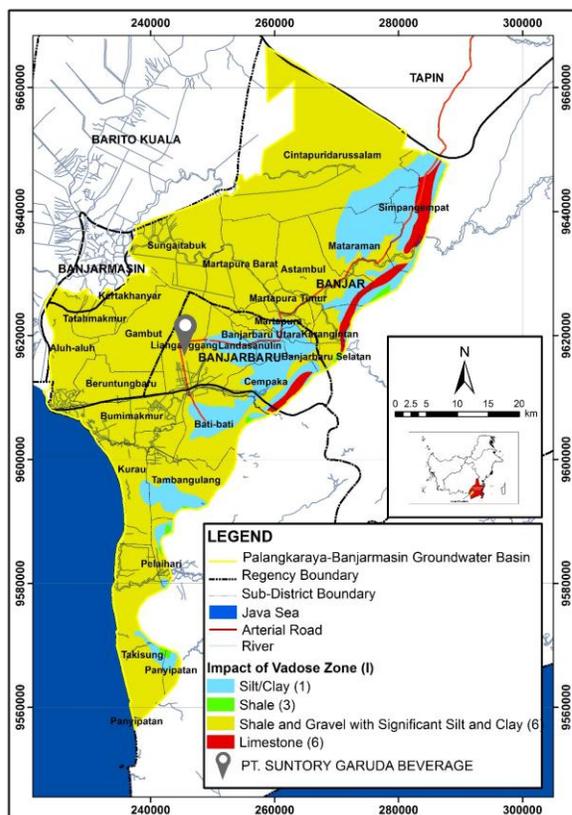
Dari hasil analisis pembobotan yang telah dihitung pada parameter-parameter *DRASTIC*. Kabupaten banjar, Kabupaten Tanah Laut, dan Kota Banjarbaru termasuk ke

Tabel 8. Perhitungan Skor *Impact of Vadoze Zone*

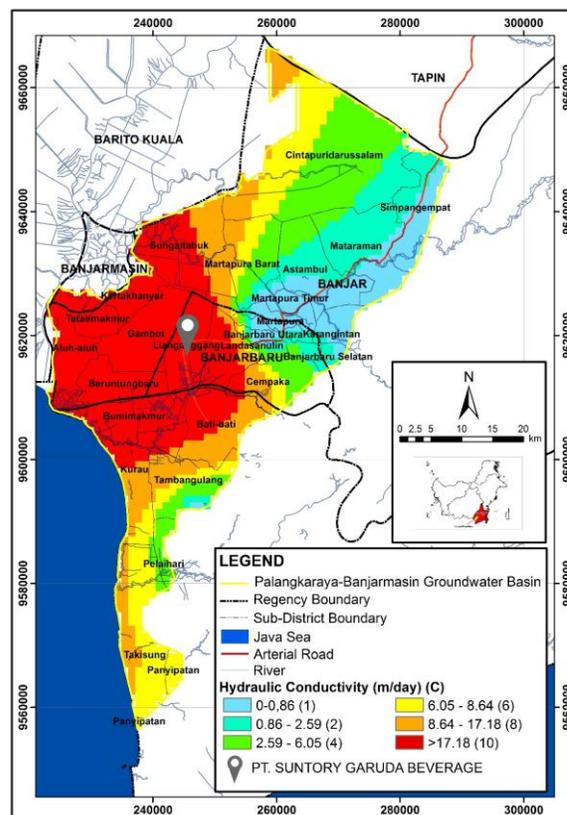
Zona Tak Jenuh Air	Rating	Bobot	Skor
Lanau/Lempung	1	5	5
Shale	3	5	15
Shale dan krikil			
dominan lanau dan lempung	6	5	30
Gamping	6	5	30

dalam tingkat kerentanan rendah sampai kerentanan tinggi. Penentuan tingkat kerentanan berdasarkan Tabel 2. Pada Gambar 14 tersaji zona kerentanan air tanah terhadap pencemaran berdasarkan analisis metode *DRASTIC*. Metode ini melihat dari segi hidrogeologi dan geologinya, sehingga tidak dapat menentukan jenis zat apa saja yang mengkontaminasi air tanah bebas (Putranto dkk, 2016)

Zona kerentanan tinggi memiliki muka air tanah dangkal dan zona vadosnya berupa *shale* dan kerikil, dimana kerikil memiliki tingkat kerentanan cukup tinggi. Hal ini terjadi akibat media atau litologi yang mudah meluluskan air dan kedalaman muka air tanah dangkal. Daerah dengan kerentanan tinggi memiliki luas 75,8% dari



Gambar 12. Peta *vadoze zone*



Gambar 13. Peta *hydraulic conductivity*

Tabel 9. Perhitungan Skor *Hydraulic Conductivity*

Konduktivitas Hidrolika [m/hari]	Rating	Bobot	Skor
0-0,86	1	3	13
0,86-2,59	2	3	6
2,59-6,05	4	3	12
6,05-8,64	6	3	18
8,64-17,18	8	3	24
>17,18	10	3	30

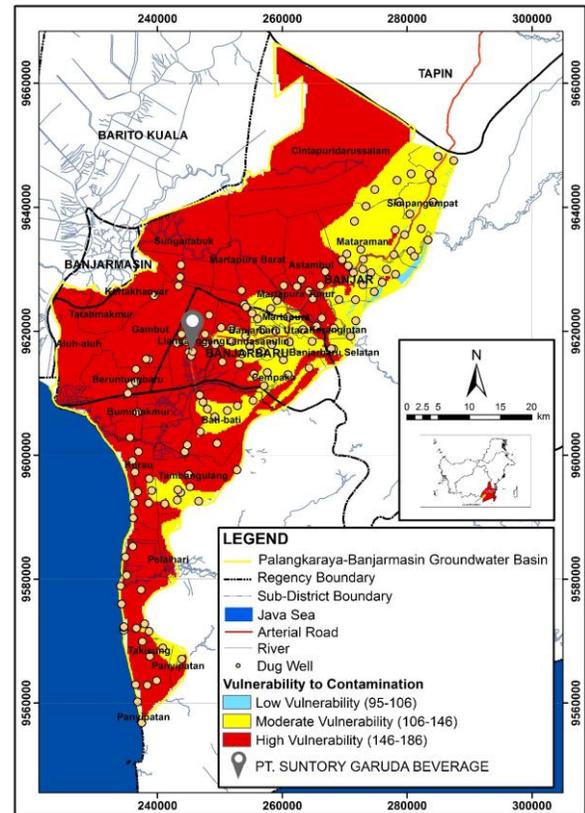
keseluruhan wilayah penelitian. Tersebar di bagian utara di wilayah Kecamatan Cintapuri Darussalam, daerah Martapura Barat, di bagian tengah di Kota Banjarbaru. Di bagian barat tersebar hingga ke Kecamatan Aluh-Aluh Kabupaten Banjar serta di bagian selatan di Kecamatan Takisung di Kabupaten Tanah Laut. Penggunaan lahan di wilayah ini berupa pemukiman, rawa, sawah, dan sawah tadah hujan. Kemungkinan kontaminan berasal dari aktivitas manusia di bidang pertanian dan limbah rumah tangga.

Pada zona kerentanan sedang memiliki luas 23,6%, dengan kedalaman muka air tanah 3-15 mbmt. Penyebaran zona ini di bagian utara terletak di Kecamatan Simpang Empat di Kabupaten Banjar, hingga ke tengah di Kota Martapura Kabupaten Banjar serta setempat di bagian selatan di Kecamatan Tambang Ngulang Kabupaten Tanah Laut. Topografi bergelombang landai-bergelombang miring. Litologi yang ada pada zona vadose berupa lempung/lanau. Penggunaan lahan berupa pemukiman, hutan, perkebunan, sawah, rawa dan semak belukar.

Zona kerentanan rendah memiliki luas 0,6 %, dengan kedalaman muka air tanah 3-9 mbmt. Topografi bergelombang miring-berbukit bergelombang sehingga kontaminan yang lewat memerlukan waktu yang lebih lama untuk mencapai zona jenuh air. Litologi pada zona vadose berupa lempung/lanau sehingga kontaminan lebih lama tertahan di zona vados hal ini dikarenakan sifat lempung yang *impermeable*. Penggunaan lahan daerah ini berupa pemukiman, sawah, semak belukar, dan hutan. Tingkat kerentanan air tanah

Tabel 10. Tingkat Kerentanan Air Tanah

Nilai DI	Tingkat Kerentanan	Sifat
95-106	Rendah	Hanya dapat tercemar oleh kontaminan tertentu yang dibuang secara menerus dalam jangka waktu yang relatif lama
106-146	Sedang	Dapat tercemar oleh sebagian kontaminan yang dibuang secara terus-menerus
146-186	Tinggi	Dapat tercemar oleh semua kontaminan, kecuali yang memerlukan daya serap tinggi dan mudah berubah, dalam berbagai skenario



Gambar 14. Peta Kerentanan Air Tanah

dapat dilihat pada Tabel 10. Sebaran zona kerentanan rendah secara setempat berada di wilayah timur Kabupaten Banjar.

3. Pembahasan

Penelitian terkait kerentanan air tanah menggunakan metode DRASTIC merupakan salah satu metode analisis kerentanan air tanah menggunakan *Point Count System Model (PCSM)*. Metode ini merupakan pengembangan dari sistem evaluasi parametrik menggunakan perkalian dari rating dan bobot. Metode DRASTIC memiliki kelebihan dapat diperuntukkan untuk wilayah yang luas (Linggarsari, dkk., 2019). Semakin luas area maka analisis akan semakin detil pada pemetaan zona kerentanan terhadap pencemaran. Seperti yang

dilakukan oleh Widyastuti, dkk. (2006) di wilayah Sleman seluas 106 km², Gunawan, dkk. (2013) di Kabupaten Jembrana seluas 408 km², Putranto, dkk. (2016) untuk wilayah Kota Pekalongan seluas 45,3 km², Sugianti, dkk. (2016) di Bandung Selatan seluas 1.230 km². Untuk pemetaan kerentanan di area Kabupaten Banjar, Kota Banjarbaru dan Kabupaten Tanah Laut ini seluas 2.526 km².

Metode DRASTIC memerlukan data yang banyak untuk memberikan hasil analisis peta zona kerentanan air tanah yang akurat. Metode ini memiliki akurasi yang baik dan lebih efektif untuk menghasilkan peta zona kerentanan terhadap pencemaran.

Penelitian ini membagi zona kerentanan dalam 3 level yakni rendah, sedang dan tinggi. Widyastuti, dkk. (2006) membagi zona kerentanan dalam lima level dari tidak rentan-sangat tinggi. Gunawan, dkk. (2013) membagi dalam 2 kelas kerentanan yakni sedang-tinggi. Putranto dkk. (2016) membagi dalam 3 kelas dari sedang-sangat tinggi, sedangkan Sugianti, dkk. (2016) membagi dalam dua kelas yakni rendah-sedang. Dari tujuh parameter digunakan dalam analisis metode DRASTIC, parameter kedalaman air tanah (parameter "D") dan dampak terhadap zona tak jenuh air parameter "I") yang paling memberikan dampak signifikan dalam hasil peta zona kerentanan air tanah terhadap pencemaran. Semakin dangkal kedalaman air tanah dan semakin permeabel lapisan di zona tak jenuh air maka semakin rentan daerah tersebut tercemar oleh kontaminan yang masuk ke dalam akuifer. Walaupun tidak dapat menunjukkan karakteristik masing-masing zat pencemar hasil peta zona kerentanan terhadap pencemaran ini bisa digunakan dalam kegiatan pengembangan wilayah dan evaluasi rencana pengembangan industri maupun pertambangan.

4. Kesimpulan

Metode DRASTIC memerlukan data yang banyak untuk memberikan hasil analisis peta zona kerentanan air tanah yang akurat. Metode ini memiliki akurasi yang baik dan lebih efektif untuk menghasilkan peta zona kerentanan terhadap pencemaran.

Metode DRASTIC digunakan untuk analisis kerentanan air tanah terhadap pencemaran berdasarkan tujuh parameter. Parameter yang digunakan adalah kedalaman muka air tanah, recharge, akuifer media, soil media, topografi, dampak terhadap vadose zone dan konduktivitas hidrolika. Metode DRASTIC merupakan pengembangan dari sistem evaluasi parametrik melalui identifikasi perkalian antara rating dengan bobot tiap parameter untuk merefleksikan hubungan antara parameter dan kepentingan dikombinasikan dengan analisis geospasial untuk mendapatkan DRASTIC Index/DI. Rating memiliki rentang 1-10, sedangkan

bobot satu-lima. Semakin tinggi nilai rating dan bobot, maka parameter tersebut semakin signifikan dampaknya terhadap pencemaran. Dengan kata lain semakin tinggi skor DI, maka semakin rentan daerah tersebut terhadap pencemaran.

Dari hasil analisis kerentanan air tanah terhadap pencemaran menggunakan metode DRASTIC didapatkan tiga zona yaitu: (1) zona kerentanan rendah (DI 95-106), zona kerentanan sedang (DI 106-146), dan zona kerentanan tinggi (DI 146-186).

Zona kerentanan rendah artinya hanya dapat tercemar oleh kontaminan yang dibuang secara menerus dalam jangka waktu yang lebih lama. Zona ini tersebar secara setempat seluas 0,6% dari total wilayah penelitian di bagian timur Kabupaten Banjar. Zona kerentanan sedang artinya daerah ini dapat tercemar oleh sebagian kontaminan yang dibuang secara terus-menerus. Zona ini memiliki luas 23,6% dari total wilayah penelitian di Kecamatan Simpang Empat di Kabupaten Banjar, hingga ke tengah di Kota Martapura Kabupaten Banjar serta setempat di bagian selatan di Kecamatan Tambang Ngulang Kabupaten Tanah Laut. Zona kerentanan tinggi artinya daerah ini dapat tercemar oleh semua kontaminan kecuali yang memerlukan daya serap tinggi dan mudah berubah. Zona ini mendominasi sekitar 75,8% dari keseluruhan wilayah penelitian. Tersebar di bagian utara di wilayah Kecamatan Cintapuri Darusalam Kabupaten Banjar, bagian tengah di daerah Martapura Barat, serta di Kota Banjarbaru. Di bagian barat tersebar hingga ke Kecamatan Aluh-Aluh di Kabupaten Banjar serta di bagian selatan di Kecamatan Takisung di Kabupaten Tanah Laut.

Rekomendasi yang dilakukan untuk meminimalkan kerentanan air tanah terhadap pencemaran yaitu: pemantauan muka air tanah serta kualitas air tanah secara berkala, sosialisasi penggunaan air permukaan sebagai alternatif sumber air untuk kebutuhan sehari-hari, sosialisasi pengolahan air limbah rumah tangga pada lokasi yang dekat dengan sumur gali, serta penggunaan sumur bor diperuntukan untuk kegiatan industri dibandingkan sumur gali.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih terutama ditujukan kepada Dinas Enerdi dan Sumber Daya Mineral/DESDM Pemerintah Provinsi Kalimantan Selatan dan PT. Suntory Garuda Beverage yang telah membantu pelaksanaan penelitian.

Daftar Pustaka

Aller, L. (1985). DRASTIC: a standardized system for evaluating ground water pollution potential using

- hydrogeologic settings. Robert S. Kerr Environmental Research Laboratory, Office of Research and Development, US Environmental Protection Agency.
- Arfianty, D. (2019). Pencemaran Sungai Makin Parah, Dinas Lingkungan Hidup Kalsel Ajukan Revisi Perda ke Dewan. Diakses dari <https://kanalkalimantan.com/pencemaran-sungai-makin-parah-dinas-lh-kalsel-ajukan-revisi-perda-ke-dewan>, tanggal 2 September 2021.
- Arief, T. (2020). Sungai Martapura di Kalimantan Selatan Tercemar Oli. Diakses dari <https://regional.kompas.com/read/2020/01/09/19214611/sungai-martapura-di-kalimantan-selatan-tercemar-oli>, tanggal 2 September 2021.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Banjar. (2016). Kabupaten Banjar Dalam Angka. Martapura: Badan Pusat Statistik Kabupaten Banjar
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Banjar. (2017). Kabupaten Banjar Dalam Angka (p.12). Kabupaten Banjar Martapura.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Banjar. (2018). Kabupaten Banjar Dalam Angka. Martapura: Badan Pusat Statistik Kabupaten Banjar
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Banjar. (2020). Kabupaten Banjar Dalam Angka. Martapura: Badan Pusat Statistik Kabupaten Banjar
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Tanah Laut (2018). Kota Banjarbaru Dalam, Pelaihari. Pelaihari; Badan Pusat Statistik Kabupaten Tanah Laut.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Tanah Laut. (2016). Kota Banjarbaru Dalam, Pelaihari. Pelaihari : Badan Pusat Statistik Kabupaten Tanah Laut.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Tanah Laut. (2017). Kota Banjarbaru Dalam, Pelaihari. Pelaihari: Badan Pusat Statistik Kabupaten Tanah Laut.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Tanah Laut. (2020). Kabupaten Tanah Laut Dalam Angka. Pelaihari: Badan Pusat Statistik Kabupaten Tanah Laut.
- Badan Pusat Statistik Kota Banjarbaru. (2016). Kota Banjarbaru Dalam Martapura. Banjarbaru: Badan Pusat Statistik Kota Banjarbaru
- Badan Pusat Statistik Kota Banjarbaru. (2017). Kota Banjarbaru Dalam Martapura. Banjarbaru: Badan Pusat Statistik Kota Banjarbaru.
- Badan Pusat Statistik Kota Banjarbaru. (2018). Kota Banjarbaru Dalam Martapura. Banjarbaru: Badan Pusat Statistik Kota Banjarbaru.
- Badan Pusat Statistik Kota Banjarbaru. (2020). Kota Banjarbaru Dalam Angka. Banjarbaru: Badan Pusat Statistik Kota Banjarbaru.
- Badan Pusat Statistik Provinsi Kalimantan Selatan. (2020). Provinsi Kalimantan Selatan Dalam Angka. Banjarmasin. Badan Pusat Statistik Provinsi Kalimantan Selatan.
- Belle, J.A., Saungweme, K.E., Ojo, T.O. (2020). An evaluation of groundwater vulnerability to pollution in Ga-segonyana municipality area, Kuruman, Northern Cape in South Africa. *Groundwater for Sustainable Development*, 11 100389
- Civita, M. V. (2010). The Combined Approach When Assessing and Mapping Groundwater Vulnerability to Contamination. *Journal Water Resource and Protection*, 2, 14-28.
- Foster, S., Hirata, R. (1988). Groundwater Contamination Risk Assessment; A Methodology Using Available Data. *PAN American Center for Sanitary Engineering and Environmental Sciences. Peru*, 36, 69-86.
- Gunawan, W.A.F., Sisinggih, D., Dermawan, V. (2013). Studi Kerentanan Air Tanah Terhadap Kontaminan di Cekungan Air tanah Negara Kabupaten Jembrana Provinsi Bali. *Jurnal Teknik Pengairan*, 4(2), 1-10.
- Hailin, Y., Xu-Ligang, X., Ye-Chang, Y., Jiaying, X. (2011). Evaluation of Groundwater Vulnerability with Improved DRASTIC Method. *Procedia Environmental Sciences*, 10, 2690 – 2695.
- Hidayat, R.S. (2001). *Peta Hidrogeologi Lembar Bajarmasin*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Linggasari, S., Chayadi, T.A., Ernawati, T. (2019). Overview metode perhitungan kerentanan air tanah terhadap rencana penambangan. *Prosiding Nasional Rekayasa Teknomogi Industri dan Informasi XIV*, 123-219.
- Lobo-Ferreira, J.P., and Oliveira. (2004). Groundwater Vulnerability Assessment in Portugal. *Geofisica Internacional*, 43(4), 541-550.
- Lobo-Ferreira, J.P., Chachadi, A.G., Diamantino, C., & Henriques, M.J. (2007). Assessing Aquifer Vulnerability to Seawater Intrusion Using the GALDIT method: part 1, application to the Portuguese Monte Gord aquifer. In: Lobo-Ferreira JP, Ferreira VJMP (eds). *Proceedings Water in Celtic countries: Quantity, Quality and Climate Variability, IAHS Publication 310*. International Association of Hydrological Sciences, Wallingford, 161–171.
- Mandel, Shiftan. (1981). *Groundwater Resources. Investigation and Development*. New York: Academic Press.
- Olivares, O.E.A., Jiménez, S.I.B., Torres, S.S., Enríquez, J.O.C., Tiefenbacher, J.P., Takaro, T.K. (2020). A simple method to evaluate groundwater vulnerability in urbanizing agricultural regions. *Journal of Environmental Management*, 261.

- Panagopoulos, G.P., Antonakos, A.K., Lambrakis, N.J. (2006). Optimization of the DRASTIC method for groundwater vulnerability assessment via the use of simple statistical methods and GIS. *Hydrogeology Journal*, 14, 894–911
- Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 32. (2017). Tentang kesehatan lingkungan dan persyaratan kesehatan air, Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, Jakarta.
- Pisciotta, A, Cusimano, G, & Favara, R. (2015). Groundwater Nitrate Risk Assessment Using Intrinsic Vulnerability Methods: A Comparative Study of Environmental Impact by Intensive Farming in The Mediterranean Region of Sicily *Italy Journal of Geochemical Exploration*, 156, 89-100.
- Polemio, M., Casarano, D., and Limoni, P.P. (2009). Karstic aquifer vulnerability assessment methods and results at a test site (Apulia, southern Italy). *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 9, 1461–1470
- Putranto, T.T., Widiarso, D.A., dan Fatir Yuslihanu, F. (2016). Studi Kerentanan Air Tanah Terhadap Kontaminan Menggunakan Metode *Drastic* di Kota Pekalongan. *Teknik*, 37 (1), 26-31.
- Sikumbang, N., Heryanto. (1994). *Peta Geologi Lembar Banjarmasin Kalimantan Selatan*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Stempvoort, D.V., Ewert, L., & Wassenaar, L. (1993). Aquifer Vulnerability Index; A Gis-Compatible Metod for Groundwater Vulnerability Mapping. *Canadian Water Resources Journal*, 18(1), 25-37.
- Sugianti, K., Mulyadi, D., dan Maria, R. (2016). Analisis Kerentanan Pencemaran Air Tanah Dengan Pendekatan Metode Drastic Di Bandung Selatan. *Jurnal Lingkungan dan Bencana Geologi*, 7(1), 19 – 33.
- Van Zuidam, R.A. (1983). *Guide to Geomorphologic aerial photographic interpretation and mapping*. Belanda: ITC Enschede The Nederland.
- Widyastuti, M. (2006). Pengembangan Metode DRASTIC Untuk Prediksi Kerentanan Air tanah Bebas Terhadap Pencemaran di Sleman. *Majalah Geografi Indonesia* , 20(1), 32-51.
- Wilcox, L. (1955). Classification and uses of irrigation waters. Washington: USDA Circular 969.