

PEMANFAATAN CITRA PENGINDERAAN JAUH DAN SIG UNTUK MENGIDENTIFIKASI KERENTANAN PENCEMARAN AIR BAWAH TANAH KARST RENGEL DI KABUPATEN TUBAN

YULINAR

Mahasiswa S1 Pendidikan Geografi, Fakultas Ilmu Sosial dan Hukum, Universitas Negeri Surabaya
yulinargeo@gmail.com

Dr. Ketut Prasetyo, M.S.

Dosen Pembimbing Mahasiswa

Abstrak

Karst merupakan bentang alam yang luas berupa batuan gamping yang unik dan berbeda, karena bentuk permukaan yang keren dan spesifik tidak dapat di jumpai di kawasan morfologi lain. Batuan kapur atau gamping mempunyai sifat sensitif dan mudah larut dalam air sehingga topografi karst mempunyai sistem air bawah permukaan berupa ponor-ponor yang rentan terhadap degradasi karena aliran air yang sangat cepat sehingga mudah meloloskan air ke bawah tanah. Air merupakan kebutuhan utama bagi masyarakat di wilayah karst yang memiliki potensi air tanah cukup melimpah. Aktivitas manusia yang sangat padat akan menghasilkan limbah maupun polutan-polutan yang menyebabkan air tanah di kawasan karst rentan terhadap pencemaran. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui tingkat kerentanan pencemaran air bawah tanah karst berdasarkan data penginderaan jauh dan SIG di wilayah karst Rengel.

Jenis penelitian ini adalah penelitian kuantitatif. Lokasi penelitian dilakukan di wilayah karst Rengel di Kabupaten Tuban. Pengambilan sampel menggunakan metode sistematis sampling berdasarkan indeks spektral dari populasi data citra penginderaan jauh *Landsat 8 OLI* dan *GDEM ASTER* yang berupa piksel-piksel. Teknik analisis data dalam penelitian ini menggunakan interpretasi citra dan uji regresi logistik.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa di wilayah karst Rengel tergolong rentan terhadap pencemaran. Citra penginderaan jauh dan SIG sebagai alat bantu untuk mengidentifikasi tingkat kerentanan pencemaran air bawah tanah di kawasan karst. Pemanfaatan citra penginderaan jauh dan SIG ini disajikan sebagai informasi dalam bentuk peta yang dapat dijadikan sebagai acuan untuk mengetahui seberapa tinggi tingkat kerentanan pencemaran air bawah tanah di wilayah karst sehingga masyarakat tahu dan lebih menjaga lingkungan wilayah karst terutama di kebutuhan air agar tidak tercemar.

Kata Kunci: Penginderaan Jauh, Pencemaran, Air Tanah, Karst

Abstract

Karst is a vast landscape in the form of unique and different limestone because the cool and specific surface shape cannot be found in other morphological regions. limestone is sensitive and easily soluble in water, so the karst topography has a subsurface water system in the form of ponors which are susceptible to degradation due to the very fast flow of water so that it easily escapes the water underground. Water is the main need for people in the karst region who have abundant groundwater potential. The highly dense human activity will produce waste and pollutants that cause groundwater in the karst region to be rented against pollution. The purpose of this study was to determine the level of vulnerability of karst underground water pollution based on remote sensing data and GIS in the Rengel karst region.

This study was quantitative research. The study was conducted in the Rengel karst area in Tubandistrict. Sampling used a systematic sampling method based on the specular index of the population of landsat 8 OLI and GDEM ASTER remote sensing image data in the form of pixels. Data were analyzed using image interpretation and logistic regression tests.

The results showed that Rengel karst region was classified as vulnerable to pollution. Remote sensing imagery and GIS as a tool to identify the level of vulnerability of underground water pollution in the karst area. The use of remote sensing imagery and GIS was presented as information in maps that could be used as a reference to find out how high the level of vulnerability of underground water pollution in the karst region so that people knew and better preserved the environment of the karst region, especially in order to avoid polluted water.

Keywords: Remote Sensing, Pollution, Groundwater, Karst

PENDAHULUAN

Wilayah Karst seperti kawasan Rengel di Kabupaten Tuban memiliki potensi sumber daya air yang cukup melimpah karena karst merupakan wilayah dengan bentang alam yang unik dan ber bukit-bukit. Pembentukan karst di sebabkan karena pelarutan batuan atau *karstifikasi* sehingga munculah ponor-ponor di kawasan karst yang dimana dengan mudahnya meloloskan air sehingga masuk ke bawah tanah. Medan karst dengan karakteristik hidrologi dan bentuk lahan yang diakibatkan oleh kombinasi dari batuan mudah larut dan mempunyai porositas sekunder yang berkembang baik (Widiyastuti, dkk 2012: 129).

Karst merupakan sumber daya alam yang sangat potensial karena hampir sepanjang waktu dapat menyimpan air dalam jumlah yang besar. Air merupakan kebutuhan utama di wilayah karst, akuifer karst yang memiliki karakteristik hidrogeologi yang berbeda dengan akuifer yang lain membuat kawasan karst miskin akan aliran sungai permukaan. Kawasan karst memiliki potensi air yang melimpah karena sistem drainase dimana air permukaan sebagian besar masuk ke sungai bawah tanah melalui ponor yang menyebabkan air bawah tanah di kawasan karst rentan terhadap pencemaran.

Air adalah sumber daya alam yang penting untuk kelangsungan hidup manusia. Peningkatan jumlah penduduk dan pembangunan akan berdampak pada peningkatan jumlah kebutuhan air. Peningkatan berbagai aktivitas manusia akan menghasilkan limbah baik dalam bentuk padat maupun cair yang dapat dengan mudah masuk kedalam aliran air bawah tanah.

Aktivitas penduduk seperti pembuangan limbah berupa polutan-polutan ke sungai, pembangunan batu gamping, pertanian dan urbanisasi telah memicu peningkatan jumlah dan jenis pencemaran pada sungai bawah tanah karst. Kerentanan air tanah sebagai difusi dan perkolasi zat pencemar dari permukaan tanah ke dalam muka air tanah pada kondisi alamiah Vias (dalam Indartin, 2015:4). Penginderaan jauh memiliki peran penting sebagai sumber data dalam upaya penilaian dan pemetaan.

Penginderaan jauh sangat bergantung pada resolusi spasial data yang tinggi dan berkualitas untuk menghasilkan informasi yang akurat mengenai lokasi, sebaran, batas, ukuran dan jenis penggunaan lahan sehingga dengan mudah dilakukan pemetaan sebaran sumber pencemaran air bawah tanah. Penginderaan jauh merupakan ilmu dan teknologi untuk memperoleh, mendapatkan, mengolah dan menginterpretasi citra sehingga dapat dimanfaatkan dalam berbagai aplikasi yang diinginkan. Penginderaan jauh merupakan aktivitas

merekam, mengobservasi, mengenali objek atau kejadian dari jarak jauh.

Sistem Informasi Geografis (SIG) merupakan suatu sistem untuk memasukkan, mengumpulkan, memanipulasi, mengolaborasi dan menghasilkan data yang terreferensi secara geografis. Informasi yang bersifat spasial menjadi dasar bagi analisis geografi modern. Penyampaian informasi dikemas dalam sebuah sistem informasi geografis (SIG).

SIG menggabungkan analisis spasial dengan penjabaran deskriptif sehingga dalam perkembangannya sistem informasi geografis banyak digunakan sebagai alat ataupun cara pandang dalam menyelesaikan permasalahan diberbagai bidang. Informasi SIG memberikan gambaran yang komperhensif, menyeluruh sekaligus memberikan kemudahan dalam terhadap pendekatan terhadap fenomena. SIG menggunakan peta digital dan data atribut sebagai dasar berbagai analisisnya.

Menurut Rhind (dalam Budiyanto, 2016:3) Sistem komputer yang ditunjukan untuk pengumpulan, pemeriksaan, pamaduan dan analisis informasi yang berkaitan dengan permukaan bumi. Sistem informasi geografis adalah sistem berbasis komputer yang digunakan untuk menyusun, menyimpan, memanipulasi, mengolah, menampilkan dan menganalisis informasi geografis dan berbagai sribut yang menyertainya. *GIS Center Lund University* (Budiyanto, 2016: 4). Penginderaan jauh dan Sitem Informasi Geografis (SIG) merupakan teknologi yang tidak lepas dari kegiatan survei, pemetaan, pengolahan (Danoedoro, 2012:1).

Kemampuan SIG dalam menyediakan dan menyajikan informasi secara spasial dari data geografis maupun data atribut (non spasial) menjadikan SIG sebagai alat yang sangat membantu dalam berbagai penelitian geografis. Pengindeaan jauh dan sistem informasi geografis juga memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing oleh karena itu bukan hal yang mudah untuk mempresentasikan pada dunia nyata dalam bentuk peta, untuk itu perlu adanya metode penilaian kerentanan air tanah berdasarkan pada parameter kondisi permukaan karst yang dapat dianalisis melalui data penginderaan jauh dan SIG. Kemampuan penginderaan jauh dan sistem informasi geografis sangat bermanfaat untuk mengkaji kerentanan pencemaran air bawah tanah karst Rengel untuk itu peran penginderaan jauh dan sistem informasi geografis dalam penelitian ini berperan sebagai alat bantu untuk mengidentifikasi kerentanan pencemaran air bawah tanah karst Rengel.

Uraian di atas penulis tertarik untuk melakukan penelitian yang berjudul **“Pemanfaatan Citra Penginderaan Jauh Dan SIG Untuk Mengidentifikasi Kerentanan Pencemaran Air Bawah Tanah Karst**

Rengel Di Kabupaten Tuban". Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui tingkat kerentanan pencemaran air bawah tanah karst berdasarkan data penginderaan jauh dan SIG di wilayah karst Rengel.

METODE

Penelitian ini merupakan jenis penelitian kuantitatif, lokasi penelitian dilakukan di wilayah karst Rengel di Kabupaten Tuban. Pengambilan sampel menggunakan metode sistematis sampling berdasarkan indeks spektral yang dimana dari populasi data citra penginderaan jauh *landsat 8 OLI* dan *GDEM ASTER* yang berupa piksel-piksel.

Sumber data yang diperoleh dari penelitian ini dari data primer dan sekunder. Data primer diperoleh dari data lapangan langsung di wilayah karst, sedangkan data sekunder diperoleh dari data Dinas Lingkungan Hidup (DLH), citra satelit dari *United States Geological Survey (USGS)*.

Teknik analisis data dalam penelitian ini menggunakan interpretasi citra dan uji regresi logistik dengan menggunakan model dimana model yang digunakan untuk menguji validasi dengan menghitung persamaan logistik yang selanjutnya dihasilkan nilai logit. Hasil dari perhitungan model regresi logistik tersebut diperbandingkan dengan kondisi yang diperoleh dari pengukuran di lapangan.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Hasil dari penelitian tentang pemanfaatan citra penginderaan jauh dan Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk mengidentifikasi kerentanan pencemaran air bawah tanah karst Rengel di Kabupaten Tuban adalah sebagai berikut:

1. Kondisi Wilayah Karst Rengel

Secara geografis Kabupaten Tuban terletak pada koordinat 111°30'-112°35'BT dan 6°40'-7°18'LS. Panjang wilayah pantai kurang lebih mencapai 65km yang membentang dari arah Timur ke Barat dengan luas wilayah lautan sekitar 22.608km². Ketinggian wilayah daratan sekitar 0-500mdpl terdapat bukit karst di wilayah Kabupaten Tuban karena dulunya bekas endapan air laut.

Wilayah karst Rengel terbentuk karena proses. Pelarutan batuan sehingga membentuk bukit-bukit karst. Bukit-bukit karst di kawasan karst Rengel berbede bentuk karena memang tidak semua bukit karst terbentuk dengan proses secara bersamaan. Singkapan batuan yang berbeda juga mempengaruhi bentuk karst.

Kondisi tanah di wilayah karst Rengel berperan penting terhadap kualitas air tanah karst. Sifat tanah akan berpengaruh terhadap interaksi air dan banyak sedikitnya sedimen pada sistem sungai bawah tanah yang selanjutnya berpengaruh terhadap pencemaran air. Kawasan karst Rengel lapisan tanah yang tipis terdapat di bagian puncak dan lereng perbukitan. Tebal tanah di wilayah karst Rengel kurang dari 4cm wilayah karst Rengel sulit di tanami tumbuhan karena terlalu tipisnya lapisan tanah.

Proses karstifikasi atau pengelupasan batuan yang terjadi pada wilayah karst Rengel mengakibatkan wilayah ini memiliki porositas sekunder. Air di permukaan karst sangat jarang di temui. Air di permukaan karst yang terkumpul pada cekungan antar bukit-bukit karst sebagian membentuk mata air karst. Mata air karst sebagian besar mengalami kekeringan pada saat musim kemarau tiba karena air dari permukaan yang masuk ke ponor akan terkumpul di sungai bawah tanah karst.

Ngerong merupakan salah satu contoh pembentuk sistem sungai bawah tanah di daerah karst Rengel. Mata air Ngerong di dominasi oleh drainase bawah permukaan. Air utama dari dalam akuifer Ngerong adalah air hujan. Penggunaan lahan di wilayah karst Rengel berupa tegalan, hutan, permukiman dan lahan terbuka. Wilayah karst Rengel sangat terkait dengan letak dan posisi lahan.

Lahan bagian puncak atas dan lereng perbukitan banyak dimanfaatkan sebagai lahan tegalan, semak belukar dan hutan. Lahan yang berada pada dasar lembar atau perbukitan digunakan sebagai lahan pertanian dan juga permukiman. Produktivitas lahan di wilayah karst Rengel relatif rendah karena keterbatasan air dan tanah yang tipis sehingga mengalami proses karstifikasi atau pengelupasan batuan yang sulit di tanami tumbuhan atau pohon.

Tutupan vegetasi pada wilayah karst Rengel dipengaruhi oleh musim. Tutupan lahan pada musim penghujan sangat dominan pada lahan karst sedangkan pada musim kemarau tutupan lahan menjadi sangat minim karena kekeringan sehingga banyak vegetasi yang mati terutama rumput dan semak. Singkapan batuan semakin luas karena hilangnya tutupan vegetasi. Lahan kosong yang berbatu banyak ditemui di lereng dengan kemiringan yang terjal. Lahan yang terjal tidak banyak tertutup oleh vegetasi karena lapisan tanah yang tipis.

2. Pemanfaatan penginderaan jauh

Sistem Informasi Geografis (SIG) merupakan suatu rangkaian aktivitas merekam, mengobservasi, memasukkan, mengumpulkan, memanipulasi dan menghasilkan data yang terreferensi secara geografis dan mengenali objek-objek atau kejadian-kejadian dari jarak yang jauh (Indartin, 2015:10). Pencemaran air tanah yang diperoleh dari data penginderaan jauh memiliki peranan yang penting sebagai sumber data dalam upaya penilaian dan pemetaan kerentanan pencemaran air tanah. Penggunaan citra resolusi tinggi dapat menghasilkan informasi yang akurat mengenai lokasi, sebaran, batas, ukuran dan jenis masing-masing penggunaan lahan sehingga dapat dengan mudah dilakukan pemetaan sebaran sumber pencemar airtanah.

Kemampuan SIG dalam menyediakan dan menyajikan informasi secara spasial dari data geografis maupun data atribut (non spasial) menjadikan SIG sebagai alat yang sangat membantu dalam berbagai penelitian geografis. SIG memiliki kelebihan dalam mengintegrasikan dan menganalisis data dari berbagai sumber seperti penginderaan jauh, peta tematik, pengukuran lapangan (survei tanah, batuan dan hasil uji sampel) dan data sensus. Data yang diperoleh dari berbagai sumber tersebut dapat diproses, di petakan, di analisis dan di sajikan sebagai informasi spasial sesuai dengan skala yang diinginkan melalui SIG.

Menurut Zwahlen (dalam Indartin, 2015:10) menyatakan bahwa kesalahan-kesalahan data dalam SIG berasal dari kesalahan dalam proses pengukuran, interpolasi dan estimasi data, pemodelan secara spasial dan temporal, dan kesalahan dalam pengisian data. Berbagai kelemahan tersebut menunjukkan bahwa bukan hal yang mudah untuk merepresentasikan dunia nyata dalam bentuk peta.

B. Pembahasan

1. Penginderaan Jauh dalam Model penilaian kerentanan

a. Penilaian z1

Model untuk penilaian kerentanan pencemaran air tanah karst melalui penginderaan jauh dalam penelitian ini adalah parameter data yang diturunkan dari penginderaan jauh yaitu citra *landsat 8 OLI* dan nilai indeks spektral. Parameter yang dipilih

adalah parameter yang memenuhi persyaratan dalam model. Model dirumuskan melalui analisis regresi logistik dengan menyertakan parameter terpilih sebagai variabel independen. Analisis ini menghasilkan dua persamaan regresi logistik untuk merumuskan model penilaian kerentanan yaitu:

$$z1 = -2,735 + 104,670*(B2) + 6,797*(B5) - 0,672*(IB) - 0,177*(IK)$$

Keterangan:

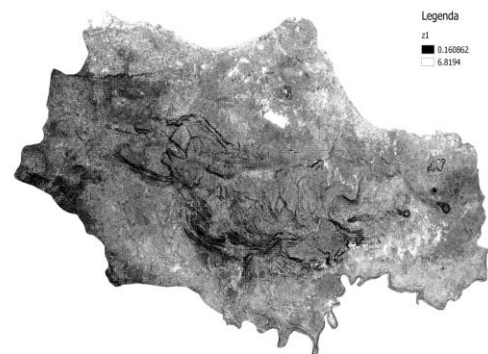
z1 : nilai model regresi logistik

B2, B5 : nilai spektral band 2 dan band 5

IB : nilai spektral indeks batuan

IK : nilai spektral kekasaran permukaan

Berikut adalah hasil dari penilaian z1:



Gambar 1. Peta z1 (sumber analisis data 2018)

Gambar 1 diatas menunjukkan bahwa hasil dari perhitungan $z1 = -2,735 + 104,670*(B2) + 6,797*(B5) - 0,672*(IB) - 0,177*(IK)$.

b. Penilaian z2

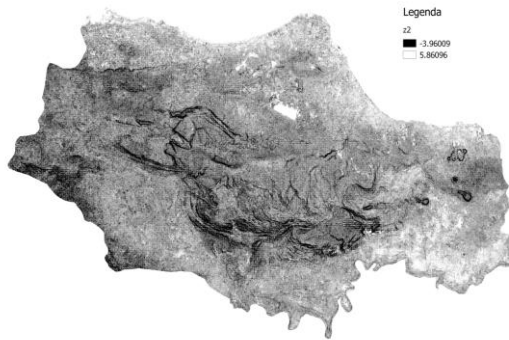
Model untuk penilaian kerentanan pencemaran air tanah karst melalui penginderaan jauh dalam penelitian ini adalah parameter data yang diturunkan dari penginderaan jauh yaitu citra *landsat 8 OLI* dan nilai indeks spektral. Parameter yang dipilih adalah parameter yang memenuhi persyaratan dalam model. Model dirumuskan melalui analisis regresi logistik dengan menyertakan parameter terpilih sebagai variabel independen. Analisis ini menghasilkan dua persamaan regresi logistik untuk merumuskan model penilaian kerentanan yaitu:

$$z2 = -3,078 + 86,004*(B2) + 17,366*(B5) - 4,268*(IB) - 0,337*(IK)$$

Keterangan:

- z2 : nilai model regresi logistik
- B2, B5 : nilai spektral band 2 dan band 5
- IB : nilai spektral indeks batuan
- IK : nilai spektral kekasaran permukaan

Berikut ini adalah hasil dari penilaian z2



Gambar 2. Peta z2 (Sumber: analisis data 2018)

Gambar 2 diatas menunjukkan bahwa hasil dari perhitungan $z2 = -3,078 + 86,004*(B2) + 17,366*(B5) - 4,268*(IB) - 0,337*(IK)$.

Nilai dari z1 dan z2 hasil dari turunan fungsi model regresi logistik digunakan untuk menghitung nilai logit sebagai dasar penentu kategori kerentanan. Penentuan kategori dihitung dengan modul *Grid-Calculator* pada *System for Automated Geoscientific Analysis (SAGA GIS)*.

Penilaian tingkat kerentanan karst dilakukan dengan menggunakan model penilaian kerentanan. Data pokok yang digunakan dalam penilaian kerentanan adalah data spektral band 2, band 5, indeks batuan dan indeks kekasaran permukaan.

Proses perhitungan dilakukan dengan menggunakan modul *Raster-Calculator* pada perangkat lunak *Qgis* dan *Arcgis*. Citra dengan nilai z1 dan z2 dari data band 2, band 5, indeks batuan dan indeks kekasaran permukaan.

c. Perhitungan y1

Penilaian kategori kerentanan kelas selanjutnya dilakukan dengan mensubstitusi persamaan regresi logistik pada persamaan 1) dan 2) ke dalam biner logit seperti pada persamaan 3), 4) dan 5) sebagai berikut:

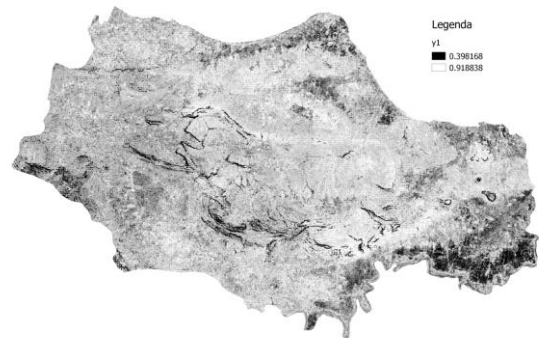
$$y1 = (2.718^{z1}) / (1 + ((2.718^{z1}) + (2.718^{z2})))$$

Keterangan:

- y : nilai logit pada kategori ke-1
- z : nilai regresi pada kategori ke-2
- e : angka log alami = 2.718

Kategori kerentanan piksel yang diuji diketahui dari kedekatan nilai logit regresi terhadap nilai y. Nilai logit regresi tersebut akan berada pada kisaran nilai y yang menjadi identitas suatu kategori (Budiyanto, 2018).

Berikut ini adalah penilaian dari y1



Gambar 3. Peta y1 (Sumber: Analisis data 2018)

Gambar 3 diatas adalah hasil dari perhitungan $y1 = (2.718^{z1}) / (1 + ((2.718^{z1}) + (2.718^{z2})))$ yang dimana masuk dalam kategori ke 1.

d. Perhitungan y2

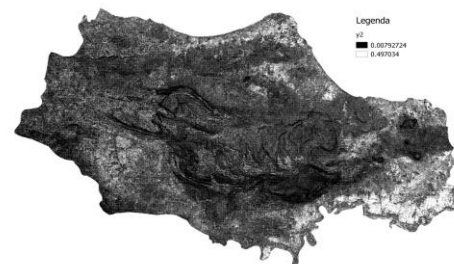
Penilaian kategori kerentanan kelas selanjutnya dilakukan dengan mensubstitusi persamaan regresi logistik pada persamaan 1) dan 2) ke dalam biner logit seperti pada persamaan 3), 4) dan 5) sebagai berikut:

$$y2 = (2.718^{z2}) / (1 + ((2.718^{z1}) + (2.718^{z2})))$$

Keterangan:

- y : nilai logit pada kategori ke-1
- z : nilai regresi pada kategori ke-2
- e : angka log alami = 2.718

Berikut adalah perhitungan dari y2:



Gambar 4: Peta y2 (Sumber: Analisis data 2018)

Gambar 4 diatas adalah hasil dari perhitungan $y_2 = (2.718^{z_2}) / (1 + ((2.718^{z_1}) + (2.718^{z_2})))$ yang dimana masuk dalam kategori ke 2.

e. Perhitungan y3

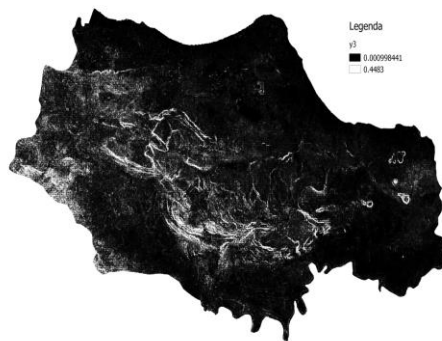
Penilaian kategori kerentanan kelas selanjutnya dilakukan dengan mensubstitusi persamaan regresi logistik pada persamaan 1) dan 2) ke dalam biner logit seperti pada persamaan 3), 4) dan 5) sebagai berikut:

$$y_3 = (1) / (1 + ((2.718^{z_1}) + (2.718^{z_2})))$$

Keterangan:

- y : nilai logit pada kategori ke-1
- z : nilai regresi pada kategori ke-2
- e : angka log alami = 2.718

Berikut adalah hasil penilaian perhitungan y3:



Gambar 5. Peta y3 (Sumber: Analisis data 2018)

Gambar 5 diatas adalah hasil dari perhitungan $y_3 = (1) / (1 + (2.718^{z_1}) + (2.718^{z_2}))$ yang dimana masuk dalam kategori ke 3.

Nilai logit yang dekat dengan $y_i = 1$ akan masuk pada kategori 1, jika nilai logit tersebut dekat dengan $y_i = 2$ akan masuk kategori 2, sedangkan sisanya akan masuk pada kategori 3. Nilai piksel yang masuk pada kategori 1 dinyatakan sebagai piksel kategori kerentanan tinggi. Nilai pada kategori 2 dinyatakan sebagai piksel dengan kerentanan sedang. Nilai pada kategori 3 dinyatakan sebagai piksel dengan kerentanan rendah (Budiyanto, 2018: 281).

f. Penilaian Peta Kerentanan

Proses klasifikasi kategori dilakukan dengan operasi logikal grid pada SAGA dengan menggunakan modul *Grid-Calculator*. Grid dasar adalah grid yang berisi data citra dengan

nilai logit $y_i = 1$, $y_i = 2$, dan $y_i = 3$ dengan rumus sebagai berikut:

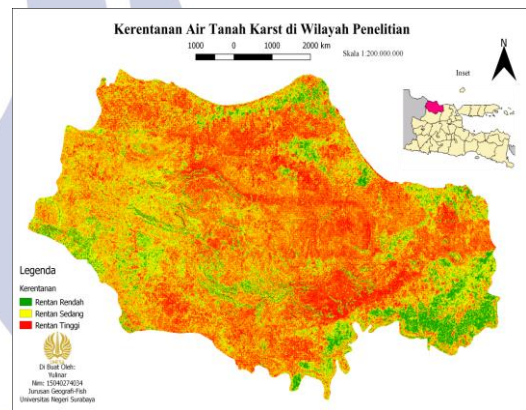
$$\text{ifelse}(\text{and}(g_1 > g_2, g_1 > g_3), 1, \text{ifelse}(\text{and}(g_2 > g_1, g_2 > g_3), g_2, g_3))$$

Keterangan:

- g1: Grid 1
- g2: Grid 2
- g3: Grid 3

Proses dari operasi logikal tersebut menghasilkan sebuah grid raster dengan nilai grid 1, 2, dan 3 pada tiap piksel citra sesuai dengan jarak nilai logit terhadap salah satu nilai y_i .

Berikut adalah hasil penilaian kerentanan air karst Rengel:



Gambar 6. Peta tingkat kerentanan pencemaran air tanah karst Rengel (sumber: analisis data dan perhitungan 2018)

Gambar 6 diatas menunjukkan bahwa area dengan kerentanan tinggi disimbolkan dengan warna merah, kerentanan sedang dengan warna kuning dan kerentanan rendah dengan warna hijau. Peta kerentanan wilayah karst Rengel tersebut menunjukkan pola persebaran dari masing-masing tingkat kerentanan yang ada di kawasan karst.

2. Validasi model penilaian kerentanan

a) Perhitungan Validasi Kerentanan

Perhitungan nilai z dilakukan dengan menggunakan persamaan z1 dan z2 untuk mendapatkan nilai regresi logistik pada kategori 1 dan 2. Kategori 3 adalah kategori referensi. Kategori kerentanan selanjutnya didasarkan pada hasil perhitungan nilai logit dari masing-masing z ke-i.

Berikut adalah tabel perhitungan validasi kerentanan:

Tabel 1. Perhitungan Validasi Kerentanan

Klarifikasi observasi di lapangan

	Kelas	1	2	3	Total
Klarifikasi	1	16	4	2	22
Hasil	2	1	1	0	2
Perhitungan	3	2	0	4	6
Total		19	5	6	30

$$21/30 \times 100\% = 70\%$$

(Sumber: Data primer yang diolah tahun 2018)

Tabel 1 diatas menunjukkan bahwa nilai perbandingan diatas menunjukkan akurasi perhitungan model terhadap kondisi di lapangan, semakin tinggi nilai akurasi yang dihasilkan oleh model berarti peluang kesalahan pendugaan menggunakan model semakin kecil. Piksel yang dapat dengan tepat diprediksi oleh model ditunjukkan pada sel diagonal dengan cetak tebal. Nilai akurasi total dihitung dari perbandingan jumlah piksel yang dapat diprediksi dengan tepat berbanding dengan piksel yang salah diprediksi.

Hasil perhitungan analisis tersebut yang dimana dengan jumlah sampel yang diambil yaitu 30, menunjukkan bahwa akurasi model regresi logistik yang dihasilkan dalam penelitian ini adalah sebesar 70%. Artinya nilai kerentanan kelas 1 di lapangan harus sama dengan kelas 1 yang ada di citra maka bisa dilihat keakurasian data tersebut.

Menurut Skidmore (dalam Budiyanto, 2018: 258) menyatakan bahwa akurasi penilaian bisa di terima jika hasil perhitungan lebih besar dari 60% sebagai model yang dapat diterima dan di aplikasikan, maka persamaan regresi logistik yang dihasilkan dalam penelitian ini dapat diturunkan sebagai model matematis.

b) Perhitungan Akurasi Wilayah Penelitian

Perhitungan nilai z dilakukan dengan menggunakan persamaan z1 dan z2 untuk mendapatkan nilai regresi logistik pada kategori 1 dan 2. Kategori 3 adalah kategori referensi. Kategori kerentanan selanjutnya didasarkan

pada hasil perhitungan nilai logit dari masing-masing z ke-i.

Berikut adalah perhitungan hasil akurasi wilayah penelitian.

Tabel 2. Perhitungan Akurasi Wilayah Penelitian

No	Lapangan / Interpretasi citra	Sawah	Ladang	Permukiman	Kebun	Total	Kesesuaian lahan	
1	Sawah	3	0	1	0	4	$\frac{3}{4} \times 100 = 75\%$	
2	Ladang		1	12	0	1	14	$\frac{12}{14} \times 100 = 87,7\%$
3	Permukiman		1	1	5	1	8	$\frac{4}{8} \times 100 = 50\%$
4	Kebun		0	1	1	2	4	$\frac{2}{4} \times 100 = 50\%$
		5	14	7	4	30	$\frac{22}{30} \times 100 = 73,3\%$	

(sumber: data primer yang diolah tahun 2018)

Tabel 2 di atas menunjukkan bahwa terdapat 30 titik pengambilan sampel di lapangan menghasilkan akurasi rata-rata keseluruhan sebesar 70%. Keseluruhan dihitung penjumlahan dari diagonal dibagi dengan total titik observasi $(3+12+5+2)/30 \times 100\% = 73,3\%$.

$$\text{Rumus } \frac{\sum}{4} = 7,5$$

Perhitungan 30 sampel di lapangan menunjukkan kesesuaian lahan pada wilayah penelitian 73,3% dari hasil perhitungan. Menurut Skidmore (dalam Budiyanto, 2018) menyatakan bahwa akurasi penilaian bisa di terima jika hasil perhitungan lebih besar dari 60%, maka kesesuaian lahan yang dihasilkan dalam penelitian ini dapat terima untuk penilaian kesesuaian wilayah penelitian.

PENUTUP

1. Kesimpulan

Penilaian kerentanan pencemaran airtanah merupakan salah satu alternatif dalam upaya melindungi kualitas airtanah. Penilaian kerentanan airtanah akan memberikan informasi tentang lokasi mana yang secara alamiah memiliki tingkat kepekaan tinggi terhadap perubahan dan aktivitas manusia di permukaan bumi.

Penggunaan data penginderaan jauh sangat bermanfaat dalam identifikasi sebaran sumber pencemar yang dilakukan melalui interpretasi penggunaan lahan yang terdapat pada lokasi tertentu, selanjutnya dengan melakukan proses pembobotan, penilaian, dan pemetaan dengan menggunakan

aplikasi SIG maka akan diperoleh informasi tentang lokasi mana yang memiliki kemungkinan pencemaran paling tinggi. Hasil penelitian rata-rata wilayah kawasan karst Rengel tergolong rentan terhadap pencemaran

2. Saran

Upaya konservasi pada lahan perbukitan karst Rengel sejalan dengan tingkat kerentanan dan pencemaran setempat. Hal ini ditujukan untuk membentuk ekosistem karst yang tidak rentan terhadap bahaya pencemaran air tanah.

Hasil yang diperoleh dari penilaian dan pemetaan tersebut maka dapat dilakukan tindakan-tindakan pencegahan seperti penyusunan rencana tata ruang yang tepat oleh pemerintah daerah dan peningkatan pemahaman dan kesadaran masyarakat karst dalam usaha menjaga keberlanjutan ekosistem karst sehingga mereka dapat menyesuaikan diri terhadap karakteristik lingkungan tempat hidup mereka.

Pemanfaatan Penginderaan jauh dan SIG maka dapat digunakan sebagai alat bantu khususnya dalam hal pemetaan sehingga dapat mengetahui penilaian kesesuaian lahan dan juga mengetahui kesalahan dalam penggunaan Penginderaan jauh di wilayah karst Rengel.

DAFTAR PUSTAKA

Budiyanto, Eko. 2018. *Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis untuk Penilaian Kerentanan dan Risiko Pencemaran Air Tanah Karst Gunungsewu di Kabupaten Gunungkidul*. Yogyakarta

Budiyanto, Eko. 2016. *Sistem Informasi Geografis Dengan Quantum Gis*. ANDI Yogyakarta

Danoedoro, P., 2012, *Pengantar Penginderaan Jauh Digital*, Yogyakarta: C.V Andi Offset

Indartin, 2015. *Penilaian Kerentanan Dan Risiko Pencemaran Airtanah di Wilayah Karst*

Widyastuti, M., dkk. 2012. *Kerentanan Airtanah Teriadap Pencemaran Daerah Imbuhan Ponor Di Karst Gunung Sewu (Studi Di Daerah Aliran Sungai Bawah Tanah Bribin*. Fakultas Geografi UGM Jurusan Geografi Lingkungan., Fakultas Geografi UGM Jurusan Teknik Geologi