

ANALISIS MULTI-CRITERIA MENGGUNAKAN ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS UNTUK MEMETAKAN KERAWANAN SINKHOLE DI GUNUNG KIDUL, YOGYAKARTA

MULTI-CRITERIA ANALYSIS USING ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS TO MAPPING SINKHOLE SUSCEPTIBILITY IN GUNUNG KIDUL, YOGYAKARTA

Bayu Pamungkas*, Johanes Timoty Jeremy Terok, dan Edward Wijaya

Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Teknologi Eksplorasi dan Produksi, Universitas Pertamina

* Email: bayu.p153@gmail.com

Abstract

The sinkhole incident has become a disaster that has had a serious impact on industry, economy, and the lives of the people of Gunung Kidul. The Gunung Kidul Regional Disaster Management Agency noted that there have been 32 sinkhole incidents since 2007 with an increasingly intensive pattern every year. Industrial activities that utilize groundwater have resulted in a decrease in the groundwater level, thereby increasing the risk of sinkholes. Therefore, it is necessary to review the use of land use in Gunung Kidul Regency. This study aims to evaluate the criteria for sinkhole vulnerability in Gunung Kidul Regency and to map the vulnerability zones. The initial stage of this research is to delineate the distribution of karst in the study area. Then, the controlling factors for sinkhole events are determined to be used as criteria in the evaluation stage. The criteria used are geological conditions, slope, land use, and hydrological conditions. These criteria were evaluated using the Analytical Hierarchy Process method. The sinkhole vulnerability map will be divided into three classes, namely low, medium and high vulnerability classes. If the high vulnerability class is mostly mapped in industrial, residential and agricultural areas, it is recommended that the area be moved to the nearest medium to low vulnerability class area. It is recommended that land uses with a high vulnerability class become industrial areas, housing, and agricultural land for conversion as karst geotourism areas.

Keywords: Sinkhole, Karst, Mitigation, Gunung Kidul.

Abstrak

Kejadian *sinkhole* telah menjadi bencana yang berdampak serius pada industri, ekonomi, dan kehidupan masyarakat Gunung Kidul. Badan Penanggulangan Bencana Daerah Gunung Kidul mencatat sudah terjadi 32 kali kejadian *sinkhole* sejak tahun 2007 dengan pola semakin intensif setiap tahunnya. Kegiatan industri yang memanfaatkan airtanah telah mengakibatkan penurunan level muka airtanah sehingga menaikkan risiko kejadian *sinkhole*. Oleh karena itu, perlu dilakukan kajian ulang terhadap penggunaan tata guna lahan di Kabupaten Gunung Kidul. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kriteria kerawanan *sinkhole* di Kabupaten Gunung Kidul serta memetakan zona kerawannya. Tahapan awal penelitian ini adalah mendelineasi persebaran karst pada daerah penelitian. Kemudian, faktor pengontrol kejadian *sinkhole* dideterminasi untuk dijadikan kriteria dalam tahapan evaluasi. Kriteria yang digunakan adalah kondisi geologi, kemiringan lereng, tata guna lahan, dan kondisi hidrologi. Kriteria tersebut dievaluasi menggunakan metode Analytical Hierarchy Process. Peta kerawanan *sinkhole* akan dibagi menjadi tiga kelas yaitu kelas kerawanan rendah, menengah, dan tinggi. Jika kelas kerawanan tinggi sebagian besar terpetakan di kawasan industri, perumahan, dan lahan pertanian maka kawasan tersebut direkomendasi untuk dipindahkan ke daerah dengan kelas kerawanan menengah hingga rendah terdekat. Tata guna lahan dengan kelas kerawanan tinggi yang menjadi kawasan industri, perumahan, dan lahan pertanian direkomendasi untuk dialihfungsikan sebagai kawasan geowisata karst.

Kata Kunci: Sinkhole, Karst, Mitigasi, Gunung Kidul.

PENDAHULUAN

Daerah dengan kondisi geologi berupa litologi batugamping yang tersingkap ke permukaan dan mengalami proses karstifikasi sangat rentan terhadap bahaya *sinkhole*. *Sinkhole* akan menghasilkan bentuk lahan dolina di permukaan. Peristiwa *sinkhole* dapat terjadi secara alamiah maupun dengan pengaruh aktivitas manusia. Proses alamiah yang menjadi pemicu *sinkhole* adalah proses pelarutan batuan berkomposisi mineral karbonatan (Allen, 1984). Aktivitas manusia baik kegiatan rumah tangga maupun aktivitas industri yang memanfaatkan air tanah di akuifer berlitologi endapan aluvial, fluvial, dan estuari dalam waktu yang lama dengan intensitas yang banyak dapat mempercepat terjadinya *sinkhole* (Foley, dkk, 2009). Kecepatan dan intensitas *sinkhole* dikontrol oleh litologi, iklim, vegetasi, waktu, proses pelarutan batuan, erosi mekanik bawah permukaan, kompaksi, aliran airtanah, dan penyusutan (Allen, 1984). Hasil dari proses tersebut mengontrol diameter, kedalaman, dan kemiringan *sinkhole* yang berbeda tiap kejadian.

Kejadian *sinkhole* tercatat telah terjadi sebanyak 17 kali di Kabupaten Gunung Kidul. Semakin hari bencana *sinkhole* semakin intensif seiring dengan tata guna lahan yang digunakan sebagai area industri. Kondisi geologi yang mendukung dengan litologi batuan karbonat yang sudah mengalami proses karstifikasi menjadikannya sangat rentan terhadap bahaya amblesan ini. Beberapa studi telah dilakukan untuk memetakan kerentanan *sinkhole* pada beberapa kecamatan di Kabupaten Gunung Kidul menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP), seperti Kecamatan Rongkop oleh Putra, dkk (2011) dan Kecamatan Semanu oleh Widyanigtyas (2014). Penelitian tersebut menggunakan parameter berupa kelurusan, jenis litologi, kelerangan, dan elevasi dengan pembobotan berdasarkan pembobotan dengan Analitical Hierarchy Processes (AHP).

Penelitian ini bertujuan memetakan kerentanan bahaya *Sinkhole* dengan menguji

parameter seperti penelitian tersebut dengan menggunakan pembobotan dari AHP di Kabupaten Gunung Kidul. Pemodelan berupa peta kerentanan *sinkhole* di Kabupaten Gunung Kidul ini diharapkan menjadi produk mitigasi nonstruktural untuk memberikan arahan dalam pengembangan wilayah berbasis bencana geologi yang tepat untuk wilayah ini.

GEOLOGI REGIONAL

Lokasi Gunung Kidul berada di Daerah Istimewa Yogyakarta yang terletak pada bagian selatan Pulau Jawa. Wilayah tersebut termasuk kedalam Zona Pegunungan Selatan yang terbentang dari provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta hingga ke pantai selatan Jawa Timur (Van Bemmelen, 1949). Aktivitas pertemuan lempeng indo-australia dengan lempeng Eurasia secara konvergen di bagian selatan pulau Jawa menyebabkan terbentuknya Zona Pegunungan Selatan. Pada bagian barat zona ini dibatasi oleh Yogyakarta, di bagian utara dibatasi oleh Surakarta, kemudian pada bagian timur dibatasi oleh Wonogiri, dan pada bagian selatan dibatasi oleh Samudra Hindia. Berdasarkan hasil penelitian startigrafi (Surono, 2009), periode pembentukan litostratigrafi Pegunungan Selatan dibagi menjadi 3 periode yaitu; periode pra-vulkanisme, periode vulkanisme, dan periode pasca-vulkanisme.

Pada periode pra-vulkanisme yang terjadi pada umur Paleocene membentuk lantai cekungan Pegunungan Selatan, hal ini ditandai oleh tersingkapnya batuan tertua Cekungan Pegunungan Selatan yang berada di Perbukitan Jiwo. Batuan tersebut termasuk kedalam satuan himpunan berbagai batuan malihan yang ditindih oleh batuan sedimen berumur Eosen. Kemudian periode berikutnya yaitu periode vulkanisme, terjadi pada umur Upper Eosen hingga Lower Miocene yang ditandai dengan keterdapatannya batuan vulkanik yang cukup tebal. Sebaran dari batuan vulkanik tersebut kemudian membentuk Pegunungan Baturagung. Lalu pada periode ketiga yaitu periode pasca vulkanik yang terjadi pada umur Middle Miocene yang ditandai oleh

banyaknya batuan karbonat yang terbentuk pada umur tersebut. Batuan karbonat ini membentuk perbukitan karst Gunung Sewu yang membentang dari Kabupaten Gunung Kidul, Wonogiri, hingga Pacitan.



Gambar 1. Peta Geologi Lembar Surakarta - Girintoro, Jawa Tengah (Surono dan Sudarno, 1992)

Secara regional terdapat tiga formasi dominal di Kabupaten Gunung Kidul yaitu Formasi Wonosari, Formasi Oyo, dan Formasi Kepek.

Formasi Oyo, Formasi ini tersusun oleh lapisan litologi berupa batugamping pasiran yang memiliki karakteristik struktur berlapis yang terdiri dari jenis litologi kalkarenit, batupasir gampingan, dan batupasir napalan-tukaan. Formasi ini memiliki umur berkisar Miosen Tengah. Hubungan antara Formasi Oyo dan Formasi Wonosari (batugamping terumbu) memiliki kontak pada salah satu bagian, sehingga sebagian Formasi Oyo berbentuk menjari dengan Formasi Wonosari.

Formasi Wonosari, juga tersusun dari lapisan batugamping yang berlapis satu sama lain yang terdiri dari batugamping masif, dan

batugamping terumbu. Ciri khusus pada formasi ini adalah didominasi oleh porositas sekunder berupa bentukan rongga-ronga hasil dari proses pelarutan. Formasi ini terkadang menunjukkan kontak hubungan yang selaras pada bagian atas Formasi Oyo, sedangkan di bagian yang lain hubungannya tidak selaras atau menjari.

Formasi Kepek, merupakan jenis formasi yang memiliki ciri litologi yang saling berselingan antara batu napal pasiran, batu lempeng, dan batugamping yang memiliki perlapisan. Formasi ini diperkirakan terendapkan pada lingkungan laut yang relatif dangkal dan memiliki umur berkisar Miosen akhir hingga Pliosen. Formasi Kepek dan Formasi Wonosari mempunyai kontak batuan yang selaras pada satu bagian daerah, dan memiliki kontak hubungan menjari pada banyak tempat. Sehingga Formasi Oyo, Formasi Kepek, dan Formasi Wonosari dianggap sebagai satu kelompok formasi batuan yang diberi nama dan disebut sebagai Kelompok Gunungsewu.

DATA

1. Kondisi Geologi

Jenis batuan dan struktur geologi pada wilayah Gunung Kidul menjadi salah satu parameter utama dalam penentuan daerah rawan *sinkhole*. Secara regional, jika diamati bahwa litologi batugamping menempati daerah yang dibatasi oleh Sungai Oyo pada bagian sebelah utara dan lokasi Samudera Hindia berada di sebelah selatan, sehingga stratigrafi batugamping di wilayah Kabupaten Gunung Kidul terfokuskan kepada tiga jenis formasi dominan yaitu Formasi Wonosari, Formasi Oyo, dan Formasi Kepek.

Ketiga jenis formasi batuan tersebut mencirikan karakteristik yang berbeda – beda dari setiap bentang alam batu gamping. Dari pengamatan data secara literatur dan pengamatan pada peta geologi dapat diambil kesimpulan bahwa seluruh daerah penelitian yang mencakup ke dalam daerah Formasi Wonosari. Apabila diamati dari aspek bentukan strukturnya, dapat disimpulkan bahwa jurus struktur retakan yang terdiri dari kekar, sesar, dan rekahan

pada daerah Gunungsewu memiliki arah yang dominan yaitu struktur sesar barat laut-tenggara dan timur laut-barat daya. struktur-struktur yang terbentuk tersebut kemudian menyebabkan adanya pembagian wilayah yang di tandai dengan blok-blok yang dibatasi oleh banyak sesar yang turut serta mempengaruhi sistem hidrogeologi karena terciptanya konfigurasi elevasi rendahan dan tinggian.

2. Kemiringan Lereng

Kabupaten Gunungkidul termasuk dalam wilayah dengan elevasi yang tinggi ketinggian pada wilayah Gunungkidul sendiri cukup bervariasi antara ketinggian 0 - 100 m diatas permukaan laut. Sebagian besar wilayah kawasan kabupaten Gunungkidul yaitu 1341 Ha atau 90% berada di ketinggian 100 - 500 mdpl. Sedangkan sisanya, 8% terletak pada ketinggian yang lebih rendah yaitu kurang dari 100 dan 2% yang terletak pada bagian elevasi yang lebih dari 500 - 1000 mdpl. Daerah dengan kemiringan lereng 0-8% dengan luas 5,57 km² atau 23,76 termasuk ke dalam daerah yang datar. Kemiringan lereng dengan persentase 8- 15% yang memiliki luas 11,53 km² atau 50,06% merupakan daerah yang memiliki kemiringan lereng yang cukup luas termasuk dalam kategori landai. Pada daerah landai ini biasanya digunakan sebagai tempat permukiman, tegalan, dan persawahan. Kemiringan lereng dengan persentase 15-25% yang memiliki luas 4,83 km² atau 20,99% masuk ke dalam daerah miring. Kemiringan lereng dengan persentase 25-40% dengan luas 0,85 km² atau 3,69% termasuk dalam kategori lereng agak terjal. Kemiringan lereng >40% dengan luas 0,35 km² atau 1,50% masuk dalam daerah dengan kategori yang terjal.

3. Tata Guna Lahan

Penggunaan lahan di wilayah Kabupaten Gunungkidul di pergunakan oleh masyarakat untuk berbagai kepentingan yaitu terdiri dari lahan persawahan seluas 7.865Ha, lahan yang di gunakan untuk pekarangan/bangunan seluas 25.419Ha, lahan yang di pergunakan untuk tegalan/ladang/kebun seluas

67.199Ha, lahan yang di pergunakan untuk pembuatan kolam/tambak seluas 103Ha, lahan perhutanan untuk rakyat memiliki luas 24.968Ha, dan lahan hutan milik negara memiliki luas 13.717Ha dan lahan-lahan yang belum difungsikan sebesar 9.265Ha. Penggunaan lahan di wilayah Gunungkidul yang paling mendominasi adalah lahan untuk tegalan/ladang/kebun. pemukiman warga mayoritas terletak di Kabupaten Gunungkidul bagian utara, terutama terletak di beberapa kecamatan yaitu Kecamatan Wonosari, Kecamatan Karangmojo, Kecamatan Playen, Kecamatan Nglipar dan Kecamatan Semanu.

4. Kondisi Hidrologi

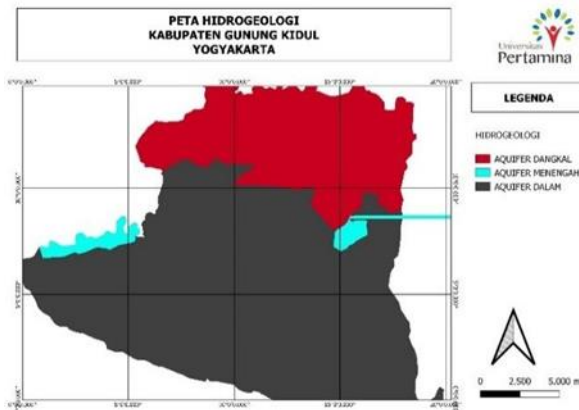
Perkembangan Karst Gunung Sewu didukung oleh beberapa hal yang mendukung perkembangan karst di suatu wilayah, seperti yang dikemukakan oleh Thornbury (1958). Sebuah wilayah karst dapat berkembang baik pada wilayah yang memiliki batugamping yang cukup tebal dan luas. Batugamping yang bersifat mudah larut dapat membentuk lubang dan retakan yang selanjutnya berkembang menjadi topografi karst. Batugamping yang berkembang di dasar laut dan mengalami pengangkatan lebih mudah terlarut dan membentuk lubang-lubang di kelas. Curah hujan tinggi di wilayah tropis sangat mendukung sebagai media pelarut yang paling efektif.

Wilayah karst yang telah berkembang memiliki karakteristik hidrologi yang berbeda dengan wilayah lain. Secara umum, wilayah karst yang berkembang dapat menjadi akuifer yang baik dan memiliki potensi airtanah yang dapat dimanfaatkan. Akuifer wilayah karst merupakan akuifer sekunder yang pada umumnya terdapat pada retakan-retakan batugamping, goa-goa atau sungai bawah tanah. Jaringan sungai bawah tanah dan goa- goa yang terbentuk merupakan hasil dari imbunan air di permukaan baik dari air hujan yang langsung masuk melalui lubang-lubang ponor atau aliran sungai permukaan yang masuk melalui goa. Sifat aliran airtanah di wilayah karst adalah anisotropis dimana air dapat mengalir ke segala arah dengan besaran yang tidak

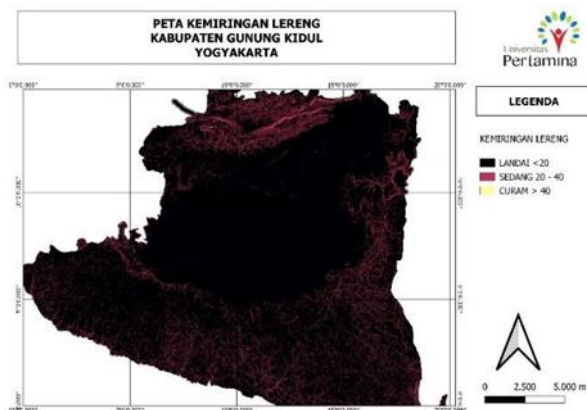
sama. Hal ini tergantung pada bentuk, ukuran, kemiringan, dan jaringan bawah tanah yang terbentuk.



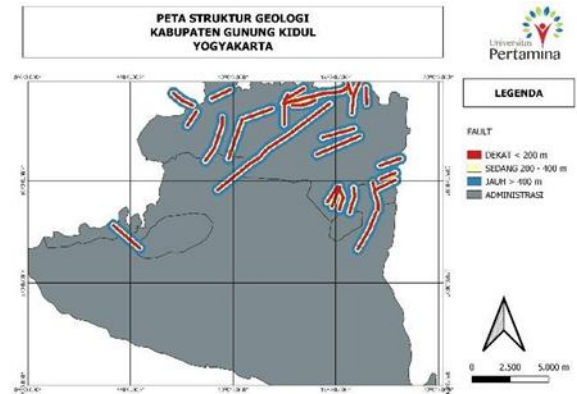
Gambar 2. Peta Pesebaran Litologi Kab. Gunung Kidul.



Gambar 3. Peta Kondisi Hidrogeologi Kab. Gunung Kidul



Gambar 4. Peta Kemiringan Lereng Geologi Kab. Gunung Kidul.



Gambar 5. Peta Struktur Geologi Kab. Gunung Kidul

METODE

Penelitian dilakukan dengan menganalisis pembobotan parameter prioritas menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process (AHP)*. Dengan AHP, dianalisis bobot pengaruh pada setiap parameter seperti morfologi, jenis litologi dan kelurusan geologi terhadap terjadinya *sinkhole*. Pada dasarnya metode AHP merupakan suatu pendekatan yang sifatnya multi-obyektif dan multi-kriteria dengan mencoba memanfaatkan matrik perbandingan. Pada pembuatan dan penentuan matrik perbandingan ini, setiap faktor diberi nilai berupa skala dengan kisaran relative angka 1-9, nilai ini tergantung pada nilai kepentingan yang di prioritaskan. Apabila suatu faktor pada suatu sumbu vertikal memiliki kepentingan yang lebih dari pada suatu sumbu horisontal, nilai faktor ini yang di berikan adalah nilai 1-9, sebaliknya apabila faktor pada suatu sumbu horizontal memiliki tingkat kepentingan yang lebih dari pada faktor pada sumbu vertikal maka nilainya akan berkisar antara $1/9 - 1$. Dengan menggunakan perhitungan matrik, maka nilai eigen yang paling besar akan memiliki perhitungan nilai eigenvector yang dapat mewakili bobot pada faktor tersebut. Nilai eigenvector yang telah di dapat ini kemudian akan dijumlahkan, dan pada akhirnya bobot-bobot faktor ini dapat diperoleh dengan membagi nilai eigenvector faktor dengan nilai total eigenvector. Proses pengerjaan penelitian ini pertama dengan menentukan bobot parameter/faktor pengontrol amblesan pada wilayah penelitian ditentukan terlebih

dahulu secara relatif arti kepentingannya dengan mengorelasikan keberadaan amblesan/*sinkhole* dengan klas/zona setiap parameter. Parameter yang dapat digunakan sebagai faktor pengontrol amblesan adalah Hidrogeologi, kemiringan lereng, litologi dan struktur geologi. Dari total 17 data lokasi amblesan/*sinkhole* yang tercatat dan didapatkan di lapangan, semua data yang didapat pada lokasi digunakan untuk penentuan nilai pembobotan, parameter dan informasi yang lain digunakan untuk proses validasi.

Untuk menentukan apakah bobot-bobot tersebut konsisten dan obyektif, perhitungan *Consistency Ratio* diperlukan. Nilai *Consistency Ratio* (CR) < 0.1 menunjukkan bahwa bobot-bobot tersebut sudah tepat (Saaty, 1977 dalam Dai, et al., 2001). Dimana CR ini dihitung menggunakan rumusan sebagai berikut:

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

Dimana:

- CI : Indeks konsistensi
- λ_{max} : Nilai eigenvalue maksimum n
- n : Jumlah parameter
- RI : Indeks random

Tabel 1. Nilai Pembobotan Elemen Berdasarkan Kepentingan (Saaty, 2008)

Tabel 2. Nilai Random Index dari Jumlah Elemen (Saaty, 2008).

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Random Index	0	0	0.25	0.89	1.11	1.25	1.35	1.4	1.45	1.49

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari pengolahan data yang telah dilakukan menggunakan metode AHP didapatkan hasil bahwa kondisi litologi mempunyai pengaruh yang paling besar dengan bobot 57%, kondisi hidrogeologi 24%, kondisi struktur 13% dan kondisi kemiringan lereng 6%. Setiap elemen memiliki sub-elemennya masing masing, wilayah Kabupaten Gunung Kidul terdiri atas litologi seperti Batugamping, batupasir, tuff, dan volcanic breccia. Pada elemen litologi dihasilkan bahwa litologi yang paling rentan terhadap *sinkhole* adalah batugamping dengan nilai 50%, kemudian batupasir 25%, tuff 15%, dan volcanic breccia 10%. Kondisi hidrogeologi di wilayah tersebut terbagi menjadi 3 yaitu: akuifer dangkal, akuifer menengah, dan akuifer dalam, hasil dari pembobotannya adalah akuifer dangkal 20%, akuifer menengah 30%, dan akuifer dalam 50%. Kemiringan lereng terbagi atas 3 kelas yaitu: landai (< 20°), sedang (20°-45°), dan curam (> 45°). Dengan hasil pembobotan pada lereng landai 45%, sedang 30%, dan curam 25%. Lalu elemen terakhir adalah kondisi struktur dengan klasifikasi jarak dekat (<200 m), menengah (200-400 m), jauh (>400 m) dengan hasil pembobotan jarak dekat 50%, menengah 30%, dan jauh 20%. Setelah mendapatkan nilai pembobotan dari setiap elemen, kemudian dilakukan processing data tiap layer menggunakan software GIS dengan menggunakan weighted overlay.

Tabel 3. Nilai elemen yang telah diberi pembobotan.

	LITOLOGI	HIDROGEOLOGI	KEMIRINGAN LERENG	STRUKTUR
LITOLOGI	1,00	3,00	7,00	5,00
HIDROGEOLOGI	0,33	1,00	5,00	2,00
KEMIRINGAN LERENG	0,14	0,20	1,00	0,33
STRUKTUR	0,20	0,50	3,00	1,00
JUMLAH	1,68	4,70	16,00	8,33

Tabel 4. Nilai elemen ternormalisasi

- CI : 0.03 λ_{max} : 4.11
- n : 4 RI : 0.89
- CR : 4%

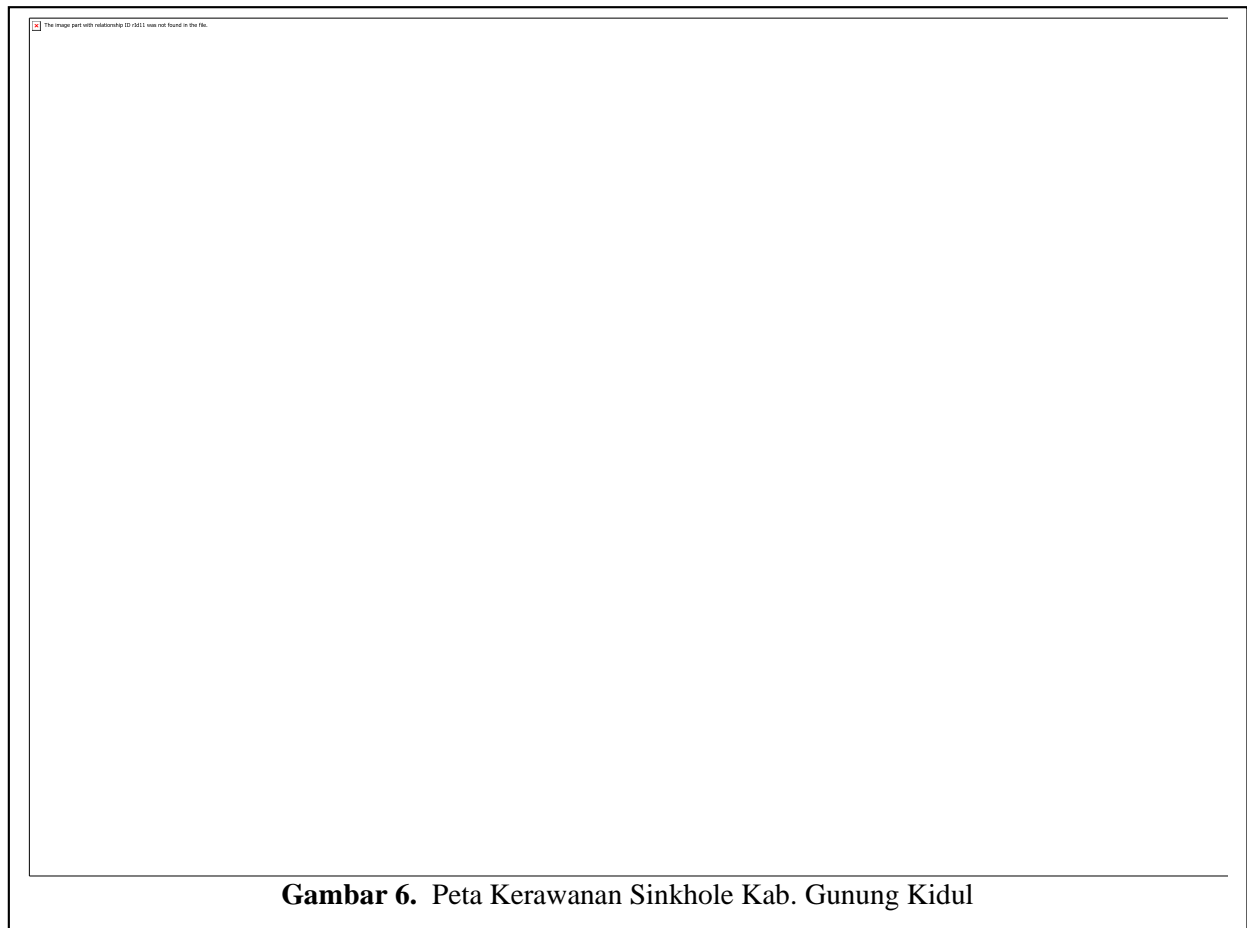
Peta tersebut telah divalidasi menggunakan data persebaran dari *sinkhole* yang ada di wilayah Kabupaten Gunung Kidul. Data *sinkhole* diambil dari penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, kemudian diberikan data tambahan berupa kejadian *sinkhole* yang ada di berita beserta lokasinya lalu di plot kedalam peta. Selain itu sebagai data pendukung lainnya kami melakukan pencarian fitur karst seperti goa menggunakan Google Earth, karena proses pembentukan goa relatif sama dengan proses terbentuknya *sinkhole* yang diakibatkan dari pelarutan.

Berdasarkan hasil perhitungan pengolahan data dengan metode AHP, didapatkan hasil $\lambda_{max} = 4.11$, $CI = 0.03$, dan $CR = 4\%$. Nilai CR (Consistency Ration) adalah nilai yang menunjukkan kekonsistensian dari pembobotan data yang telah digunakan dalam pengolahan data (Mirza et.al, 2019). Ketika nilai CR semakin kecil, maka pembobotan yang telah diberikan pada pengolahan data memiliki tingkat konsistensi

yang semakin tinggi. Apabila data tersebut memiliki nilai $CR < 10\%$ maka data tersebut dapat dikategorikan sebagai data yang valid dan dapat diterima (Misbahudin et.al, 2017).

Kelas Kerawanan Sangat Rendah

Kelas ini merupakan kelas dengan bahaya kebencanaan *sinkhole* yang sangat rendah. Wilayah dengan kelas ini terpetakan di bagian utara Kabupaten Gunung Kidul dan berasosiasi dengan pemukiman tidak padat penduduk. kelas kerawanan rendah berasosiasi dengan litologi breksi vulkanik, jarak dengan struktur >400 m, memiliki kemiringan lereng landai, dan kondisi hidrogeologi berupa akuifer dangkal. Belum pernah terjadi kejadian *sinkhole* di wilayah ini, sehingga potensi kejadian *sinkhole* memiliki probabilitas kecil. Probabilitas ini sangat didukung oleh litologi yang menyusun daerah ini yaitu batuan vulkanik breksia yang sangat sulit mengalami pelarutan. Daerah dengan kelas ini harus dimanfaatkan untuk pengembangan daerah kawasan evakuasi



Gambar 6. Peta Kerawanan Sinkhole Kab. Gunung Kidul

bencana *sinkhole*, dan utamanya untuk pusat pengembangan tata guna lahan dan strategi pengembangan wilayah. Semua jenis tata guna lahan dapat dimaksimalkan pembangunannya di daerah ini. Pemukiman yang berada di daerah kelas kerawanan tinggi sebaiknya diarahkan untuk dipindahkan di daerah dengan kelas kerawanan ini.

Kelas Kerawanan Rendah

Kelas ini merupakan kelas dengan bahaya kebencanaan *sinkhole* yang rendah. Wilayah dengan kelas ini terpetakan di bagian utara Kabupaten Gunung Kidul dan berasosiasi dengan pemukiman tidak padat penduduk. kelas kerawanan rendah terpetakan berasosiasi dengan litologi tuff dan batupasir, dengan jarak jauh dari struktur geologi, memiliki kemiringan lereng landai, dengan kondisi hidrogeologi akuifer dangkal. Belum pernah terjadi kejadian *sinkhole* di wilayah ini, sehingga potensi kejadian *sinkhole* memiliki probabilitas kecil juga. Kecenderungan ini didukung oleh kecuraman lereng yang landai. Meskipun begitu proses pelarutan akan tetap terjadi sehingga tidak boleh mengabaikan mitigasi *sinkhole* di wilayah ini. Seperti dengan kelas kerawanan sangat rendah, daerah ini baik untuk dijadikan lokasi pengembangan wilayah kecuali untuk bangunan-bangunan pemerintahan yang sangat membutuhkan daerah yang jauh dari bencana. Daerah ini bisa digunakan juga sebagai daerah evakuasi kejadian *sinkhole*. Daerah pemukiman di kelas kerawanan sedang hingga sangat tinggi bisa direlokasi ke tempat ini.

Kelas Kerawanan Sedang

Kelas ini merupakan kelas dengan bahaya Kelas ini merupakan kelas dengan bahaya kebencanaan *sinkhole* yang sedang. Kawasan ini menutupi 10% daerah penelitian. Wilayah dengan kelas ini terpetakan di bagian paling utara Kabupaten Gunung Kidul dan berasosiasi dengan pemukiman tidak padat penduduk. kelas kerawanan sedang terpetakan berasosiasi dengan batupasir, jarak dengan struktur sedang, memiliki kemiringan lereng landai, dan kondisi hidrogeologi dengan akuifer dangkal.

Dengan kondisi litologi batupasir yang dominan mengindikasikan proses pelarutan sedikit kemungkinan terjadi, sehingga daerah ini juga dapat dijadikan prioritas dalam pembangunan daerah, daerah evakuasi, dan pemukiman penduduk.

Kelas Kerawanan Tinggi

Kelas ini merupakan kelas dengan bahaya kebencanaan *sinkhole* yang tinggi. Wilayah dengan kelas ini terpetakan di bagian utara Kabupaten Gunung Kidul dan berasosiasi dengan pemukiman tidak padat penduduk. Kelas kerawanan tinggi terpetakan berasosiasi dengan litologi batugamping, dengan jarak struktur dekat, kemiringan lereng landai dan kondisi hidrogeologi akuifer dalam. Jarak yang dekat dari struktur geologi menjadikan daerah ini sangat rentan terhadap proses pelarutan batugamping, sehingga perlu mitigasi yang terarah supaya masyarakat bisa siaga terhadap kejadian *sinkhole*. Daerah ini direkomendasikan untuk diarahkan menjadi situs geowisata.

Kelas Kerawanan Sangat Tinggi

Kelas ini merupakan kelas dengan bahaya kebencanaan *sinkhole* yang sangat tinggi. Daerah ini menutupi 50% daerah penelitian. Wilayah dengan kelas ini terpetakan di bagian selatan Kabupaten Gunung Kidul dan berasosiasi dengan pemukiman padat penduduk serta daerah industri dan pariwisata. kelas kerawanan rendah terpetakan berasosiasi dengan litologi batugamping, dengan jarak jauh dari struktur, memiliki kemiringan lereng landai, dan kondisi hidrogeologi dengan akuifer dalam. Daerah ini telah mengalami

17 *sinkhole*. Kejadian-kejadian ini menjadi salah satu validasi bahwa daerah ini memerlukan mitigasi struktural dan nonstruktural yang tepat. Masyarakat harus benar-benar dimitigasi tentang kejadian *sinkhole* ini. Proses pelarutan sangat sulit untuk diantisipasi, namun mitigasi bisa dilakukan dengan mengurangi nyawa dan kerugian materil yang berada di daerah ini sehingga tata guna lahan seharusnya dipindahkan dari daerah ini. Pemanfaatan airtanah perlu dikaji lagi untuk dilakukan

strategi lain dalam penggunaannya. Daerah ini sangat berpotensi menghasilkan produk karstifikasi yang indah, sehingga direkomendasikan daerah ini dijadikan daerah geowisata dengan kajian-kajian mitigasi bencana.

KESIMPULAN

- Wilayah bagian selatan Kabupaten Gunung Kidul mempunyai potensi paling rawan terjadi *sinkhole*.
- Area pemukiman berada di area dengan potensi *sinkhole* sangat tinggi.
- Zona dengan tingkat kerawanan sangat tinggi berasosiasi dengan litologi batugamping, memiliki jarak jauh dari struktur, dengan kemiringan lereng landai, dan kondisi hidrogeologi akuifer dalam. Daerahnya berada di selatan Kabupaten Gunung Kidul. Direkomendasikan daerah ini dijadikan situs geowisata, dan daerah penduduk dipindahkan ke kelas kerawanan sangat rendah-sedang.
- Zona dengan tingkat kerawanan sangat rendah berasosiasi dengan litologi volc. breccia, memiliki jarak jauh dari struktur > 400 m, dengan kemiringan lereng landai, dan kondisi hidrogeologi dengan akuifer dangkal.
- Nilai CR (Consistency Ratio) dari hasil perhitungan pembobotan metode AHP memiliki nilai 4% (dapat diterima).

DAFTAR PUSTAKA

Allen, A.S., 1984. Types of Land Subsidence, in: Poland, J.F., (ed.), Guidebook to Studies of Land Subsidence due to Groundwater Withdrawal, Studies and Report in Hydrology, UNESCO, p.133-141.

CP Widyaningtyas, C. P., & Doni Prakasa Eka Putra, D. P. E. P. 2014. Pemetaan Bahaya Amblesan di Daerah Karst Kecamatan Semanu, Kabupaten Gunung Kidul, Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. In PROSIDING SEMINAR NASIONA

KEBUMIHAN KE-7 Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, 30-31 Oktober 2014. Jurusan Teknik Geologi.

- Foley, D., McKenzie, G.D., dan Utgard, R.O., 2009. Investigations in Environmental Geology, 3rd ed, Pearson Prentice-Hall, New Jersey.
- Misbahudin, Abdullah Husna, Rusdi Toriq, A.M. 2017. Analisis Kerentanan Longsoran Menggunakan Proses Hirarki Analitik di Daerah Sukatani dan Sekitarnya, Kabupaten Purwakarta, Jawa Barat, (692), 19-30.
- Mirza, Tunggul., Saviska., Satrio, Yan., & Misbahudin. 2019. Pemetaan Risiko Likuifaksi dengan Metode Analytical Hierarchy Process di Padang dan Sekitarnya, Sumatera Barat. Universitas Pertamina.
- Putra, D.P.E., Setianto, A., Keokhampui, K., dan Fukuoka, H., 2011. Land Subsidence Risk Assessment in Karst Region, Case Study: Rongkop, Gunung Kidul, Yogyakarta-Indonesia, Mittelungen zur Ingenieurgeologie und Hydrogeologie, Heft 104, Lehrstuhl fuer Ingenieurgeologie und Hydrogeologie RWTH Aachen, p.39-49.
- Sari, F. 2017. *Sinkhole* Susceptibility Analysis For Karapinar/Konya Via Multi Criteria Decision. ISPRS Ann. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., IV-4/W4, 339-343.
- Saaty, T. L. 2008. Decision making with the analytic hierarchy process. International Journal of Services Sciences, 1(1), 83.
- Saaty, T.L., 1980. The Analytic Hierarchy Process, McGraw-Hill, New York.

Surono. 2009. Litosratigrafi Pegunungan Selatan Bagian Timur Daerah Istimewa Yogyakarta Dan Jawa Tengah. Pusat Survey Geologi. JSDG Vol.19.