



GEOWISATA PULAU MANADO TUA, PULAU BUNAKEN DAN PULAU SILADEN DI KAWASAN TAMAN NASIONAL BUNAKEN, KOTA MANADO, PROVINSI SULAWESI UTARA

Andika Eko Prasetyo Djaya ¹⁾, Febryanto Masulili ¹⁾

1) Universitas Prisma/ Departemen Geologi/ Geofisika/ Jl. Pomorouw No. 113, Kel. Tikala Baru, Kec. Tikala, Manado, Sulawesi Utara

2) Pusat Kajian Bencana dan Pengembangan Sumber Daya Alam (PKBPSDA) Universitas Prisma Manado, Jl. Pomorouw No. 113, Kel. Tikala Baru, Kec. Tikala, Manado, Sulawesi Utara

Corresponding author: andikadjaya@gmail.com

ABSTRAK

Geowisata merupakan wisata alam untuk mengajak wisatawan melihat fenomena geologi serta mengetahui bagaimana fenomena tersebut terjadi disekitar kita. Dikemas dengan beberapa aspek lainnya, seperti: keberagaman geologi, keragaman hayati dan keragaman budaya, sehingga geowisata memiliki potensi pengembangan terbaik dalam mendukung pariwisata dengan mengutamakan asas perlindungan (konservasi) alam demi keberlanjutan ekosistem. Penelitian ini dilakukan dengan tiga metode, yaitu tahap studi pustaka, tahap penelitian lapangan, dan tahap inventarisasi *geosite* dan *geodiversity site* berdasarkan petunjuk teknis asesmen sumberdaya warisan geologi dimana metode skoring tersebut dikemukakan oleh J, Brilha (2016). Parameter yang digunakan adalah asesmen nilai-nilai sains, nilai-nilai edukasi, nilai-nilai pariwisata, dan resiko degradasi serta nilai tambah yang dimiliki oleh suatu *geosite*. Dari hasil penelitian di ketiga pulau tersebut didapati 4 *geosite* dan *geodiversity site*, yaitu, Tebing Piroklastik Bunaken, Tebing Piroklastik Kontak dengan Batugamping Bunaken, Aliran Lava Manado Tua, dan Tebing Batugamping Terumbu Bunaken. Selain *geosite* tersebut, goa, pantai lain yang dapat menjadi potensi *geodiversity site*. Dengan demikian Kawasan Taman Nasional Bunaken memiliki potensi menjadi objek geowisata dengan aspek penilaian didasarkan pada nilai kuantitatif berbagai keindahan alam dan proses geologi yang mengontrol terbentuknya objek geowisata tersebut. Untuk meningkatkan potensi geowisata, pembuatan infrastruktur dan perencanaan promosi yang baik sangat diperlukan agar dapat menjadi lokasi wisata unggulan di Kota Manado.

Kata kunci : geowisata, situs geologi, gunung api purba.

ABSTRACT: *Geotourism is nature tourism to invite tourists to see geological phenomena and find out how these phenomena occur around us. Packed with several other aspects, such as: geological diversity, biological diversity and cultural diversity, so that geotourism has the best development potential in supporting tourism by prioritizing the principle of protection (conservation) of nature for the sustainability of the ecosystem. This research was conducted with three methods, namely the literature study stage, the field research stage, and the geosite and geodiversity site inventory stage based on the technical guidelines for the assessment of geological heritage resources where the scoring method was proposed by J, Brilha (2016). The parameters used are the assessment of scientific values, educational values, tourism values, and the risk of degradation and added value owned by a geosite. From the results of research on the three islands, 4 geosites and geodiversity sites were found, namely, Bunaken Pyroclastic Cliffs, Contact Pyroclastic Cliffs with Bunaken Limestone, Old Manado Lava Flow, and Bunaken Reef Limestone Cliffs. In addition to these geosites, caves, other beaches that can be potential geodiversity sites. Thus the Bunaken National Park area has the potential to become a geotourism object with assessment aspects based on the quantitative value of various natural beauties and geological processes that control the formation of the geotourism object. To increase the potential of geotourism, infrastructure development and good promotional planning are needed so that it can become a leading tourist location in Manado City.*

Keywords: *geotourism, geosite, ancient volcano.*

PENDAHULUAN

Kegiatan geowisata merupakan bentuk wisata khusus yang fokus pada pengamatan *geosite*. *Geosite* adalah kenampakan bentang alam, bentuk lahan, singkapan batuan, keberadaan fosil dan lainnya yang berhubungan dengan fenomena geologi. Pulau Bunaken memiliki pantai dan tanjung yang eksotis, mulai dari batuan gamping terumbu yang terangkat akibat proses *up-lifting*, hingga tanjung yang tersusun dari perselingan batuan piroklastik dari yang berlapis di desa Alung Banua hasil erupsi Gunungapi tipe maar di bagian barat Pulau Bunaken hingga aliran lava Gunungapi pada Pulau Manado Tua. Hal ini menjadikan kawasan tersebut menarik dari kondisi geologinya dan catatan sejarah dari proses geologi yang kompleks. Daya tarik estetika kawasan Taman Nasional Bunaken juga menjadikannya tujuan wisata bahari yang populer bagi turis lokal hingga mancanegara. Namun, belum ada upaya pengembangan atau pengelolaan untuk mengubah kawasan ini menjadi kawasan wisata terbaik, terutama sebagai geowisata. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menginventarisasi beberapa lokasi yang dinilai memiliki potensi *geosite* sehingga dapat memberikan rekomendasi arah pengembangan kawasan tersebut bukan sekedar menjadi kawasan wisata bahari, namun juga menjadi kawasan wisata berdasarkan objek geologi.

GEOLOGI REGIONAL

Berdasarkan struktur litotektonik, Sulawesi dan pulau-pulau sekitarnya dibagi menjadi empat, yaitu; Mandala Barat (West & North Sulawesi Volcano-Plutonic Arc) sebagai jalur magmatik yang merupakan bagian ujung timur Paparan Sunda, Mandala tengah (Central Sulawesi Metamorphic Belt) berupa batuan malihan yang ditumpangi batuan bancuh sebagai bagian dari blok Australia, Mandala timur (East Sulawesi Ophiolite Belt) berupa ofiolit yang merupakan segmen dari kerak samudera berimbrikasi dan batuan sedimen berumur Trias-Miosen dan yang keempat adalah Fragmen Benua Banggai-Sula-Tukang Besi, kepulauan paling timur dan tenggara Sulawesi yang merupakan pecahan benua yang berpindah ke arah barat karena

strike-slip faults dari New Guinea (Sompotan, 2012).

Evolusi dari Busur Sulawesi Utara dibagi menjadi dua tahap, yaitu subduksi di bagian barat Sulawesi di awal masa Miosen (22 – 16 Jt) dan pasca tumbukan dan pengangkatan busur Sulawesi serta permulaan subduksi sepanjang palung Sulawesi Utara selama akhir Miosen sampai dengan Kuartar (9 Jt). Batuan vulkanik busur Sangihe yang berusia Pliosen- Kuartar, menyimpan banyak geologi daerah sekitar Manado di masa awal Miosen. Singkapan-singkapan kecil berupa andesit dan diorite di bawah batuan vulkanik Kuartar yang menutupi kepulauan Sangihe dan bagian utara Manado, menunjukkan bahwa busur vulkanik yang lebih tua berada di sepanjang pantai bahkan mungkin sampai ke Mindanao yang membentuk basement busur Sangihe saat ini. Adapun busur Neogen yang merupakan busur batuan gunung api tidak berada di antara Tolitoli dan Palu di sekitar leher pulau Sulawesi, hal ini disebabkan karena pengangkatan tingkat tinggi dan erosi dalam, dimana batuan granit lower Miosen tidak diketahui, dan bukti bahwa busur Sulawesi di masa awal Miosen meluas ke arah leher pulau Sulawesi sangat sedikit. Meskipun demikian, masih bisa disimpulkan bahwa zona Benioff di awal Miosen berada sepanjang leher pulau Sulawesi ke arah selatan menuju sesar Paleo Palu-Matano (Sompotan, 2012).

Geologi daerah penelitian terletak di Pulau Manado Tua, Pulau Bunaken, dan Pulau Siladen, Provinsi Sulawesi Utara. Berdasarkan Peta Geologi Lembar Manado skala 1:250.000 oleh (A.C. Effendi dan S.S Bawono, 1997), penyebaran batuan di lokasi penelitian terdiri dari 3 satuan batuan daerah penelitian ini yaitu;

- a. (Qv) : Satuan batuan Gunung Api Muda, di daerah penelitian terbentuk sekitar zaman kuartar pada kala plistosen sampai holosen yang diperkirakan berumur $\pm 1,8$ juta tahun sampai saat ini. Terdiri dari lava, bom, lapili dan abu; membentuk gunungapi strato muda antara lain G. Sopotan, G. Mahawu, G. Lokon, G. Klabat, G. Tangkoko.
- b. (Ql) : Satuan batuan Batugamping Terumbu Koral, terbentuk sekitar zaman

kuarter pada kala plistosen yang diperkirakan berumur $\pm 1,8$ juta tahun sampai saat ini. Kebanyakan terdapat di antara daerah pasang naik dan pasang surut. Di barat Amurang dan di Pulau Siladen, batuan ini telah sedikit terangkat (Koperberg, 1928 dalam Peta Geologi Lembar Manado oleh Effendi, A.C. dan Bawono S.S, 1997).

- C. (Qal) : Satuan Aluvium, terbentuk sekitar zaman kuartar pada kala holosen dan diperkirakan berumur $\pm 0,01$ juta tahun sampai saat ini. Terdiri dari bongkah, kerakal, kerikil, pasir dan lumpur.

LOKASI DAN METODE

Studi ini berada di kawasan Taman Nasional Bunaken (TNB) merupakan kawasan pelestarian alam berbasis lautan yang dikelola oleh pemerintah dan ditetapkan berdasarkan SK. Menteri Kehutanan No.730/Kpts-II/1991 dengan luas 89.065 Ha. Adapun wilayah TNB meliputi kawasan pulau-pulau yakni Pulau Bunaken, Pulau Manado Tua, Pulau Siladen, Pulau Mantehage, dan Pulau Nain, serta Pesisir Tongkaina, Tiwoho, Arakan-Wawontulap. Namun, batasan lokasi penelitian ini hanya dilakukan pada 3 pulau saja, yaitu Pulau Bunaken, Pulau Manado Tua, dan Pulau Siladen, Kota Manado, Sulawesi Utara. Metode yang digunakan dalam studi ini dibagi menjadi 3 tahap berupa tahap pra-pemetaan, validasi lapangan, dan diakhiri dengan pasca pemetaan untuk menyempurnakan produk akhir. Berikut dibawah ini dijabarkan ketiga tahapan tersebut:

a. Pra-pemetaan

Tahap ini dilakukan berupa studi literatur, ssspenentuan lokasi studi, pengurusan administrasi, persiapan alat dan bahan serta interpretasi awal lokasi penelitian berdasarkan data Digital Elevation Model (DEM) di skala 1:25.000 menggunakan gabungan dataset dari data DEMNAS, Google Earth Pro, ESRI dan Yandex.

b. Validasi Lapangan

Pada tahap ini dilakukan observasi geomorfologi, observasi dan deskripsi singkapan, pengambilan sampel batuan dan pengumpulan data lapangan seperti data litologi *geosite*, dan persebaran *geosite*, kondisi *geosite*, kondisi fasilitas

umum yang menunjang kondisi akses menuju lokasi, pengambilan koordinat *geosite* dan dokumentasi lapangan.

C. Pasca-pemetaan

Pada tahap ini dilakukan analisis geowisata dan pengolahan data yang sudah diperoleh dari lapangan. Selanjutnya dibuatkan hasil luaran penelitian berupa peta-peta tematik, website dan poster geowisata.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penilaian terhadap tiga *geosite* yang berpotensi untuk dikembangkan sebagai kawasan geowisata secara umum memberikan hasil yang cukup baik berdasarkan hasil inventarisasi dari parameter metode J. Brilha (2016). Informasi mengenai empat *geosite* yang diteliti adalah sebagai berikut:

a. Tebing Piroklastik

● Lokasi dan Aksesibilitas

Lokasi tebing piroklastik terletak di Desa Alung Banua, Kecamatan Bunaken Kepulauan, Kota Manado dengan koordinat UTM 51N 0694470 0179115. Lokasi situs geologi ini dapat ditempuh dari Pusat Kota Manado dengan menggunakan perahu motor dalam waktu 45 menit ke dermaga Desa Alung Banua, Pulau Bunaken. Selanjutnya untuk menuju ke situs *geosite* ini dapat dengan berjalan kaki dengan waktu kurang dari 5 menit ke arah timur pesisir pantai Alung Banua. Sedangkan dari dermaga Pantai Liang atau Desa Bunaken dapat ditempuh dengan waktu 10-15 menit menggunakan kendaraan roda dua menuju ke dermaga Desa Alung Banua.

● Kondisi Geologi

Lokasi tebing piroklastik terletak di Desa Alung Banua, Kecamatan Bunaken Kepulauan, Kota Manado dengan koordinat UTM 51N 0694470 0179115. Lokasi situs geologi ini dapat ditempuh dari Pusat Kota Manado dengan menggunakan perahu motor dalam waktu 45 menit ke dermaga Desa Alung Banua, Pulau Bunaken. Selanjutnya untuk menuju ke situs *geosite* ini dapat dengan berjalan kaki dengan waktu kurang dari 5 menit ke arah timur pesisir pantai Alung Banua. Sedangkan dari dermaga Pantai Liang atau Desa Bunaken dapat ditempuh dengan

waktu 10-15 menit menggunakan kendaraan roda dua menuju ke dermaga Desa Alung Banua.

- Daya Tarik Wisata

1. Lokasi situs geosite yang berada di pesisir pantai, pada bagian atas tebing dikelilingi oleh pepohonan lebat yang masih terjaga keasriannya sehingga memberikan suasana sejuk dan panorama bentang alam yang indah. Jika wisatawan hendak mengunjungi tempat ini disarankan pada waktu siang hari di saat air laut sedang surut agar dapat mengakses situs tersebut.

2. Pada sore hari wisatawan dapat melakukan aktivitas snorkling di sekitar dermaga Desa Alung Banua yang tidak jauh dari situs geosite atau sekedar melihat pemandangan matahari terbenam di belakang Gunungapi Manado Tua.

3. Beraneka ragam flora dan fauna berada di sekitar situs merupakan bagian dari Kawasan Taman Nasional Bunaken, sehingga memberikan pengalaman perjalanan wisata yang menyenangkan.

- b. Tebing Piroklastik Kontak dengan Batugamping Bunaken

- Lokasi tebing ini terletak di Desa Alung Banua, Kecamatan Bunaken Kepulauan, Kota Manado dengan koordinat UTM 51N 0694421 0180297. Lokasi situs geologi ini dapat ditempuh dari Pusat Kota Manado dengan menggunakan perahu motor dalam waktu 45 menit ke dermaga Desa Alung Banua, Pulau Bunaken. Selanjutnya untuk menuju ke situs geosite ini dapat dengan kendaraan roda dua atau dengan berjalan kaki ke arah pemukiman Desa Alung Banua, kemudian dilanjutkan dengan berjalan kaki menelusuri jalan setapak perkebunan dengan waktu tempuh 20-40 menit hingga ke pesisir pantai bagian utara Pulau Bunaken dimana situs geosite berada. Sedangkan dari dermaga Pantai Liang atau Desa Bunaken dapat ditempuh dengan waktu tempuh 10-15 menit menggunakan kendaraan roda dua menuju ke dermaga Desa Alung Banua terlebih dahulu.

- Kondisi Geologi

Merupakan tebing yang tersusun dari endapan piroklastik dengan kontak

batugamping terumbu pada bagian bawah. Endapan piroklastik terbentuk dari hasil erupsi gunungapi purba tipe maar di bagian barat Pulau Bunaken yang menutupi batugamping dibawahnya. Tebing ini memiliki diameter panjang 5 meter dan tinggi 4 meter dengan kenampakan batuan berwarna coklat terang sampai gelap, putih keabu-abuan hingga hitam yang mengindikasikan adanya jenis lapisan yang berbeda. Tebing ini menghadap ke arah utara dengan batas selatan berupa tebing terjal, batas barat berupa hutan rawa bakau dan batas timur berupa kelurusan tebing

- Daya Tarik Wisata

1. Lokasi situs geosite yang berada di pesisir pantai, namun jarang dikunjungi karena akses yang jauh. Disekitar tebing dikelilingi oleh pepohonan lebat serta hutan bakau pada pesisir pantai yang masih terjaga keasriannya sehingga memberikan suasana sejuk dan panorama bentang alam yang indah. Jika wisatawan hendak mengunjungi tempat ini disarankan pada waktu siang hari di saat air laut sedang surut agar dapat mengakses situs tersebut.

2. Beraneka ragam flora dan fauna berada di sekitar situs merupakan bagian dari Kawasan Taman Nasional Bunaken, sehingga memberikan pengalaman perjalanan wisata yang menyenangkan.

- C. Aliran Lava Manado Tua

- Lokasi dan Aksesibilitas

Lokasi singkapan aliran lava di Desa Pangalingan, Kecamatan Bunaken Kepulauan dengan koordinat UTM 51N 0689789 0182198. Lokasi situs geologi ini dapat ditempuh dari Pusat Kota Manado dengan menggunakan perahu motor dalam waktu 60-70 menit ke dermaga Desa Pangalingan, Pulau Manado Tua. Selanjutnya untuk menuju ke situs geosite ini dapat dengan berjalan kaki dengan waktu tempuh 10-15 menit ke pesisir pantai bagian utara Pulau Manado Tua dimana situs geosite berada.

- Kondisi Geologi

Singkapan ini memiliki dimensi panjang 9 meter dan tinggi 1 meter dengan kenampakan singkapan berwarna abu-abu hingga hitam, memiliki tekstur vesikuler. Arah dominan orientasi aliran lava pada

singkapan ini adalah timur laut-barat daya. Singkapan ini menghadap ke arah utara dengan batas selatan berupa lereng kaki Gunung Manado Tua, batas timur berupa pinggir pantai dan batas barat berupa pesisir pantai.

- Daya Tarik Wisata

1. Lokasi situs geosite yang berada di pesisir pantai, menawarkan panorama keindahan laut dan pulau-pulau di sekitarnya. Jika wisatawan hendak mengunjungi tempat ini disarankan pada waktu siang hari di saat air laut sedang surut agar dapat mengakses situs tersebut.

2. Pada sore atau pagi hari wisatawan dapat melakukan aktivitas snorkling di sekitar dermaga Desa Pangalingan yang tidak jauh dari situs geosite atau sekedar melihat pemandangan matahari terbit dari arah timur.

3. Beraneka ragam flora dan fauna berada di sekitar situs merupakan bagian dari Kawasan Taman Nasional Bunaken Bunaken, sehingga memberikan pengalaman perjalanan wisata yang menyenangkan.

- d. Tebing Batugamping Terumbu Bunaken

- Lokasi dan Aksesibilitas

Lokasi singkapan batugamping terumbu di Desa Tanjung Parigi, Kecamatan Bunaken Kepulauan, Kota Manado dengan koordinat UTM 51N 1.626968, 124.767374. Lokasi situs geologi ini dapat ditempuh dari Pusat Kota Manado dengan menggunakan perahu motor dalam waktu 45 menit ke dermaga pantai Liang, Pulau Bunaken. Selanjutnya untuk menuju ke situs geosite ini dapat dengan kendaraan roda dua atau dengan berjalan kaki ke arah pemukiman Desa Tanjung Parigi, dengan waktu tempuh 15-25 menit hingga ke pesisir pantai bagian utara Pulau Bunaken dimana situs geosite berada disekitar dermaga Desa Tanjung Parigi. Sedangkan dari dermaga Desa Bunaken dapat ditempuh dengan waktu tempuh 10-15 menit menggunakan kendaraan roda dua menuju ke Desa Tanjung Parigi terlebih dahulu, kemudian dilanjutkan dengan berjalan kaki selama 10-15 menit ke bagian utara dermaga Desa Tanjung Parigi.

- Kondisi Geologi

Singkapan ini memiliki dimensi tinggi rata-rata 4-7 meter dan membentuk morfologi tidal notch serta sea cave serta marine terrace yang terangkat berulang-ulang karena pengangkatan laut dangkal (up-lifthing) akibat proses tektonik. Lokasi singkapan berada di pesisir pantai yang merupakan daerah pasang surut air laut.

- Daya Tarik Wisata

1. Lokasi situs geosite yang berada di pesisir pantai pasir panjang, Desa Tanjung Parigi menawarkan panorama keindahan laut yang jernih dan pulau-pulau di sekitarnya yang memanjakan mata. Jika wisatawan hendak mengunjungi tempat ini disarankan pada waktu siang hari di saat air laut sedang surut agar dapat mengakses situs tersebut.

2. Pada sore atau pagi hari wisatawan dapat melakukan aktivitas snorkling di sekitar dermaga Desa Pangalingan yang tidak jauh dari situs geosite atau sekedar melihat pemandangan tebing-tebing batugamping terumbu yang membentuk bentang alam goa laut yang diakses untuk keperluan dokumentasi dan rekreasi.

3. Beraneka ragam flora dan fauna berada di sekitar situs merupakan bagian dari Kawasan Taman Nasional Bunaken Bunaken, sehingga memberikan pengalaman perjalanan wisata yang menyenangkan.

Perhitungan rinci menggunakan parameter J, Brilha (2016) untuk 4 geosite dilakukan dengan mempertimbangkan nilai ilmiah, nilai pendidikan, nilai wisata, dan resiko degradasi setiap situs dapat dilihat pada Tabel 1. Hasil akhir dari perhitungan dengan metode ini disajikan pada tabel di bawah ini.

Tabel 1. Hasil perhitungan nilai *geosite* dengan parameter dari Brilha (2016)

<i>Geosite Code</i>	<i>Result</i>			
	SV	EV	TV	DR
G1	66,25	65	68,75	76,25
G2	66,25	58,75	58,75	46,25
G3	62,5	68,75	71,25	67,5
G4	62,5	63,75	68,75	62,5

Berdasarkan hasil di atas, keempat *geosite* layak diprioritaskan untuk dikembangkan menjadi kawasan geowisata adalah. Hal ini dikarenakan keempat *geosite* tersebut

memenuhi kriteria lebih dari >50 pada parameter nilai ilmiah (SV) J, Brilha (2016).

Pembahasan hasil penilaian dengan menggunakan parameter J, Brilha (2016) adalah sebagai berikut:

a. G1

Nilai unsur ilmiah (scientific value) pada geosite G1 adalah 66,25. Nilai ini merupakan nilai tertinggi dibandingkan dengan geosite lainnya. Hal ini dikarenakan situs ini memiliki keunikan yang jarang ditemukan yaitu berupa perlapisan batuan yang masih jelas pada tebing dan tidak rusak serta terlihat jelas fitur geologi dan geomorfologi yang dikaji sehingga sangat baik untuk dijadikan sebagai lokasi studi geologi. Lokasi yang mewakili situs G1 sangat ideal sehingga memberikan nilai unsur pendidikan (educational value) sebesar 65 dan nilai unsur pariwisata (touristic value) sebesar 68,7%. Namun dari resiko degradasi (degradation risk) mendapatkan nilai sebesar 76,25, tertinggi dari situs yang lain sehingga situs G1 direkomendasikan untuk dibuatnya perlindungan pada situs ini mengingat tingginya nilai potensi degradasi. Akan tetapi situs ini diklasifikasikan sebagai layak untuk diprioritaskan sebagai situs geosite.

b. G2

Nilai unsur ilmiah (scientific value) pada geosite G2 adalah 66,25. Nilai ini merupakan nilai tertinggi dibandingkan dengan geosite lainnya. Hal ini dikarenakan situs ini cukup memiliki fitur geologi dan geomorfologi yang bagus. Lokasi yang mewakili situs G2 sangat ideal sehingga memberikan nilai unsur pendidikan (educational value) sebesar 58,75 dan nilai unsur pariwisata (touristic value) sebesar 58,75 merupakan nilai terkecil diantaranya karena akses menuju lokasi situs yang terbilang jauh. Namun dari resiko degradasi (degradation risk) mendapatkan nilai sebesar 46,25, nilai ini merupakan nilai terendah dibandingkan situs geosite yang lain. Akan tetapi situs ini diklasifikasikan sebagai layak untuk diprioritaskan sebagai situs geosite.

c. G3

Nilai unsur (scientific value) pada geosite G3 adalah 62,5. Nilai ini merupakan nilai menengah dibandingkan dengan geosite lainnya. Nilai geologi dari situs ini cukup baik namun banyaknya situs serupa di daerah penelitian menurunkan nilai asesmen dari situs ini. Lokasi yang mewakili situs G3 sangat ideal sehingga memberikan nilai unsur pendidikan (educational value) sebesar 68,75 dan nilai unsur pariwisata (touristic value) sebesar 71,25. Namun dari resiko degradasi (degradation risk) mendapatkan nilai sebesar 67,5 sehingga situs G3 direkomendasikan untuk dibuatnya perlindungan pada situs ini mengingat tingginya nilai potensi degradasi. Akan tetapi situs ini diklasifikasikan sebagai layak untuk diprioritaskan sebagai situs geosite.

d. Nilai unsur (scientific value) pada geosite G4 adalah 62,5. Nilai ini merupakan nilai menengah dibandingkan dengan geosite lainnya. Nilai geologi dari situs ini cukup baik namun banyaknya situs serupa di daerah penelitian menurunkan nilai asesmen dari situs ini. Lokasi yang mewakili situs G4 sangat ideal sehingga memberikan nilai unsur pendidikan (educational value) sebesar 63,75 dan nilai unsur pariwisata (touristic value) sebesar 68,75. Namun dari resiko degradasi (degradation risk) mendapatkan nilai sebesar 62,5 sehingga situs G4 direkomendasikan untuk dibuatnya perlindungan pada situs ini mengingat tingginya nilai potensi degradasi. Akan tetapi situs ini diklasifikasikan sebagai layak untuk diprioritaskan sebagai situs geosite.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengamatan dan pengolahan data lapangan yang dilakukan pada tiga *geosite* di Kawasan Taman Nasional Bunaken yang tersebar di P. Manado Tua, P. Bunaken, dan P. Siladen, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

a. Penilaian dengan menggunakan parameter J, Brilha (2016) pada situs geosite dengan kode G1, G2, G3 dan G4 menemukan bahwa empat situs geosite yang dikaji memenuhi syarat dari nilai unsur ilmiah,

nilai unsur pendidikan, dan nilai unsur pariwisata untuk diprioritaskan sebagai kawasan geowisata.

- b. Situs G1 menunjukkan nilai tertinggi dari penilaian resiko degradasi sehingga direkomendasikan untuk dilakukan perlindungan serta konservasi pada situs tersebut agar supaya dampak resiko degradasi yang muncul dapat diminimalisir.
- c. Situs G1, G2, G3 dan G4 memiliki berpotensi dikembangkan sebagai kawasan geowisata dengan memaksimalkan aspek penyediaan jasa pemandu wisata, pembuatan panel informasi, mengembangkan infrastruktur pariwisata, dan melakukan promosi wisata.

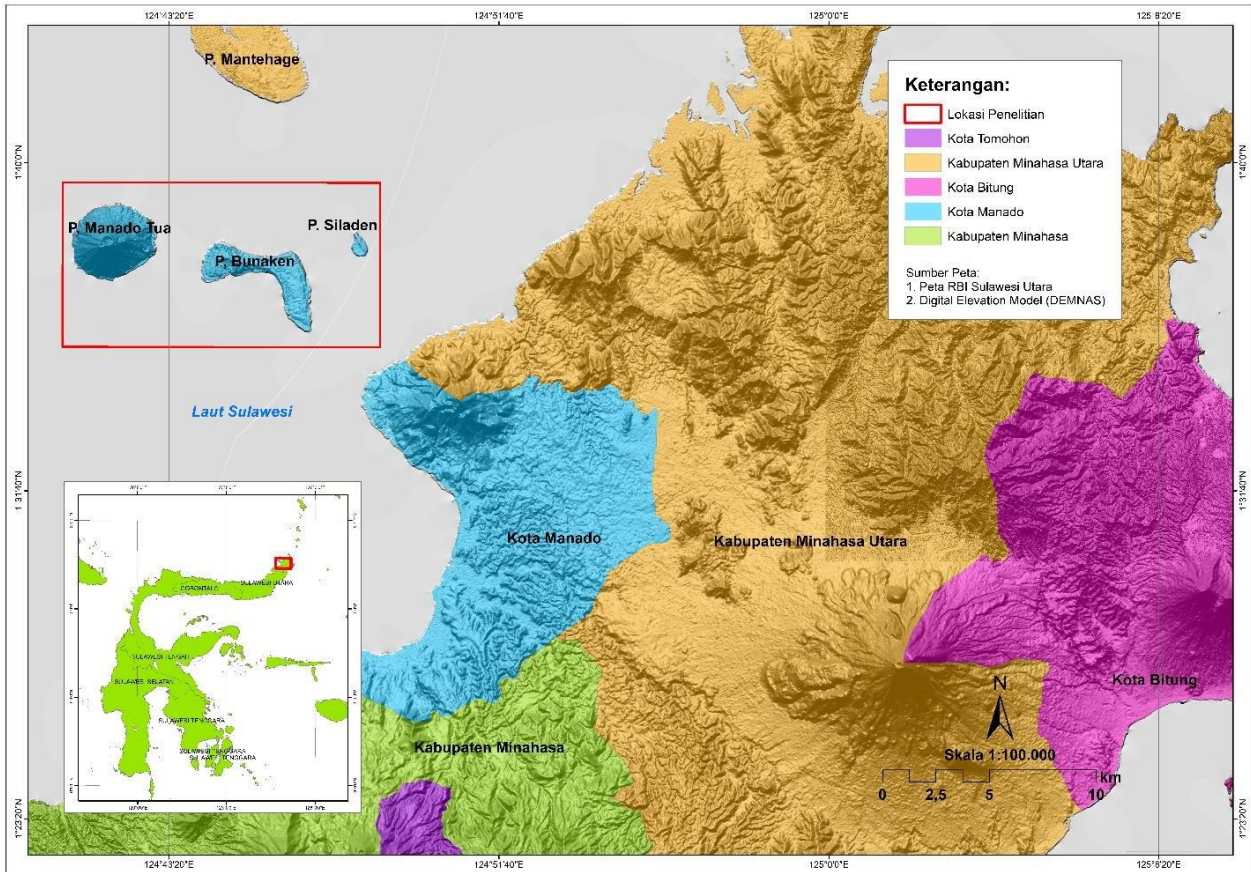
Oleh karena itu, tujuan dari penelitian yang dilakukan penulis telah tercapai dengan baik dibuktikan dengan diperolehnya empat *geosite* yang memenuhi syarat sebagai kawasan geowisata.

DAFTAR PUSTAKA

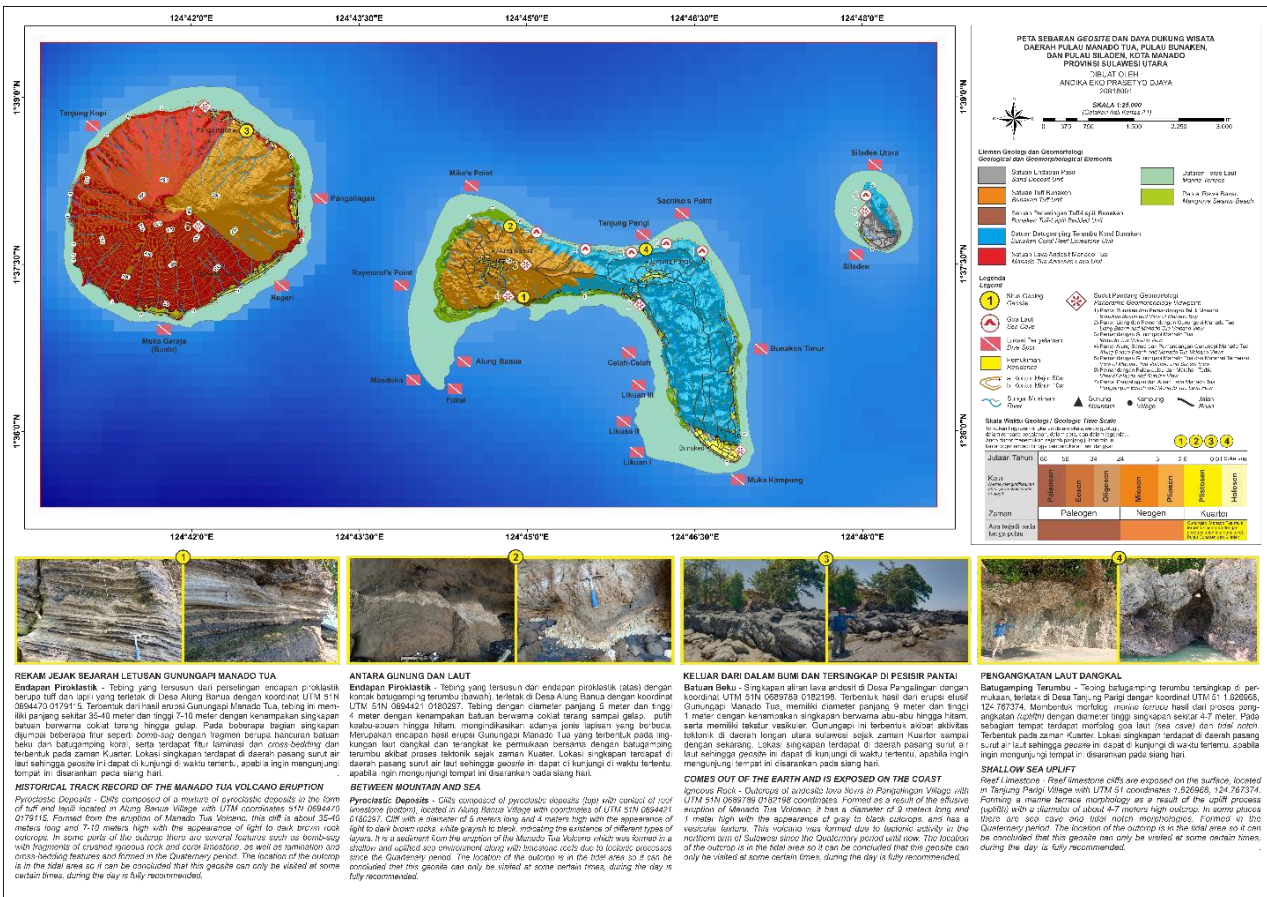
- Angela L.C. 2010. *Geological Field Techniques*. United Kingdom: Blackwell Publishing Ltd.
- Bhattacharya, A.R. 2022. *Structural Geology*. Switzerland: Springer Nature Switzerland AG.
- Brilha, J. 2018. *Geoheritage; assessment, protection, and management*. United Kingdom: Elsevier Inc.
- Brilha, J. 2016. *Inventory and Quantitative Assessment of Geosites and Geodiversity Sites: a Review*. Portugal: The European Association for Conservation of the Geological Heritage.
- Boggs, S. 2012. *Principles of Sedimentology & Stratigraphy, Fifth Edition*. USA: Pearson Prentice Hall.
- Effendi, A.C. dan Bawono, S.S. 1997. *Peta Geologi Lembar Manado, Sulawesi Utara, Skala 1:250.000, edisi ke-2*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Gustavsson, M. et al. 2006. *A new symbol-and- GIS based detailed geomorphological mapping system: Renewal of a scientific discipline for understanding landscape development*. United Kingdom: Elsevier B.V.

- Gustavsson, M. et al. 2008. *Structure and contents of a new geomorphological GIS database linked to a geomorphological map – With an example from Liden, central Sweden*. United Kingdom: Elsevier B.V.
- Gutiérrez, F & Gutiérrez, M. 2016. *Landforms of the Earth An Illustrated Guide*. Switzerland: Springer International Publishing Switzerland.
- Le Maitre, R.W. et al. 2002. *Igneous Rocks a Classification and Glossary of Terms*. New York: United States by Cambridge University Press.
- Le Bass, M.J. & Streckeisen, A.L. 1991. *The IUGS of Igneous Rock*. London: Journal of the Geological Society London. 148(1991).
- MacKenzie, W.S. et al. 2017. *Rocks and Mineral in Thin Section. Second Edition*. London, UK: Taylor & Francis Group.
- Stow, A.V. Dorrik. 2005. *Sedimentary Rocks in the Field A Colour Guide*. London: Manson Publishing Ltd.

Lampiran



Gambar 1. Peta lokasi penelitian



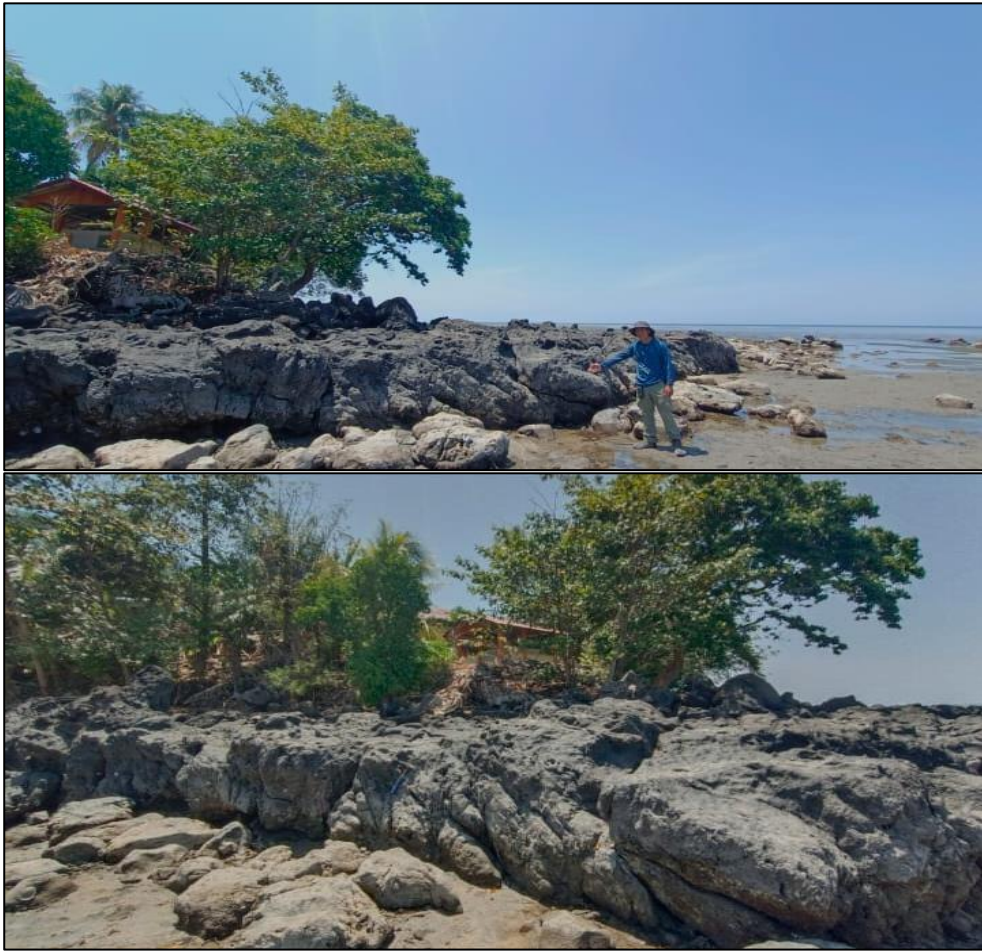
Gambar 2. Peta sebaran geosite



Gambar 3. Tebing pirroklastik bunaken



Gambar 4. Tebing kontak batuan piroklastik dan batugamping bunaken



Gambar 5. Aliran lava manado tua



Gambar 6. Batugamping terumbu bunaken

Tabel 2. Data hasil analisis skoring Nilai Ilmiah (Scientific values), Nilai Pendidikan (Educational values), Nilai Pariwisata (Touristic values, dan Resiko Degrasi (Degradation Risk).

Scientific values	Rules values	Site 1	Site 2	Site 3	Site 4
Keterwakilan	Geosite tersebut merupakan contoh terbaik di wilayah studi untuk mengilustrasikan elemen atau proses, terkait dengan kerangka geologi yang sedang dipertimbangkan (jika ada) (4)	4	4	4	4
	Geosite tersebut merupakan contoh yang baik di wilayah studi untuk mengilustrasikan elemen atau proses, terkait dengan kerangka geologi yang sedang dipertimbangkan (jika ada) (2)				
	Geosite tersebut cukup menggambarkan elemen atau proses di wilayah studi, terkait dengan kerangka geologi yang sedang dipertimbangkan (jika ada) (1)				
Lokasi kunci penelitian	Geosite diakui sebagai GSSP atau ASSP oleh IUGS atau merupakan situs referensi IMA (4)	1	1	1	1
	Geosite digunakan oleh ilmu pengetahuan internasional, yang secara langsung berkaitan dengan kerangka kerja geologi yang sedang dipertimbangkan (jika ada) (2)				
	Geosite digunakan oleh ilmu pengetahuan nasional, yang secara langsung berkaitan dengan kerangka kerja geologi yang sedang dipertimbangkan (jika ada) (1)				
Pemahaman keilmuan	Ada makalah dalam jurnal ilmiah internasional tentang geosite ini, yang terkait langsung dengan kerangka geologi yang sedang dipertimbangkan (jika ada) (4)	2	2	2	2
	Ada makalah dalam publikasi ilmiah nasional tentang geosite ini, yang terkait langsung dengan kerangka geologi yang sedang dipertimbangkan (bila ada) (2)				
	Ada abstrak yang dipresentasikan dalam acara ilmiah internasional tentang geosite ini, yang terkait langsung dengan kerangka geologi yang sedang dipertimbangkan (bila ada) (1)				
Kondisi lokasi/situs geologi	Elemen geologi utama (terkait dengan kerangka geologi yang sedang dipertimbangkan, jika ada) terpelihara dengan sangat baik (4)	4	4	4	4
	Geosite tidak begitu terpelihara dengan baik, tetapi elemen geologi utama (terkait dengan kerangka geologi yang sedang dipertimbangkan, bila ada) masih terpelihara (2)				
	Geosite dengan masalah pelestarian dan dengan elemen geologi utama (terkait dengan kerangka geologi yang sedang dipertimbangkan, jika ada) cukup diubah atau dimodifikasi (1)				
Keragaman geologi	Geosite dengan lebih dari tiga jenis fitur geologi yang berbeda dengan relevansi ilmiah (4)	1	1	1	1
	Geosite dengan tiga jenis fitur geologi yang berbeda dengan relevansi ilmiah (2)				

Geosite dengan dua jenis fitur geologi yang berbeda dengan relevansi ilmiah (1)					
Keberadaan situs warisan geologi dalam satu wilayah	Geosite tersebut merupakan satu-satunya kejadian jenis ini di wilayah studi (mewakili kerangka geologi yang sedang dipertimbangkan, jika ada) (4)	2	2	1	1
	Di wilayah studi, terdapat dua hingga tiga contoh geosite yang serupa (mewakili kerangka geologi yang sedang dipertimbangkan, jika ada) (2)				
	Di wilayah studi, terdapat empat hingga lima contoh geosite serupa (mewakili kerangka geologi yang sedang dipertimbangkan, jika ada) (1)				
Hambatan penggunaan lokasi	Geosite tidak memiliki batasan (izin hukum, hambatan fisik, dll) untuk pengambilan sampel atau kerja lapangan (4)	2	2	2	2
	Pengambilan sampel dan kerja lapangan dapat dilakukan setelah mengatasi keterbatasan yang ada (2)				
	Pengambilan sampel dan kerja lapangan sangat sulit dilakukan karena keterbatasan yang sulit diatasi (izin hukum, hambatan fisik, dll) (1)				
Total		66,25%	66,25%	62,5%	62,5%

Scientific Values						
	Kriteria	Bobot%	site 1	site 2	site 3	site 4
a	Keterwakilan	30	30	30	30	30
b	Lokasi kunci penelitian	20	5	5	5	5
c	Pemahaman keilmuan	5	2,5	2,5	2,5	2,5
d	Kondisi lokasi/situs geologi	15	15	15	15	15
e	Keragaman geologi	5	1,25	1,25	1,25	1,25
f	Keberadaan situs warisan geologi dalam satu wilayah	15	7,5	7,5	3,75	3,75
g	Hambatan penggunaan lokasi	10	5	5	5	5

	total	100	66,25	66,25	62,5	62,5
--	--------------	------------	--------------	--------------	-------------	-------------

Educational values	Rules values	Site 1	Site 2	Site 3	Site 4
Kerentanan	Elemen geologi di lokasi situs warisan geologi tidak memperlihatkan kemungkinan kerusakan akibat aktivitas manusia (4)	3	3	3	4
	Terdapat kemungkinan kerusakan pada elemen geologi sekunder di lokasi situs warisan geologi sebagai akibat aktivitas manusia (3)				
	Terdapat kemungkinan kerusakan pada elemen geologi utama di lokasi situs warisan geologi sebagai akibat aktivitas manusia (2)				
	Terdapat kemungkinan kerusakan pada semua elemen geologi di lokasi situs warisan geologi sebagai akibat aktivitas manusia (1)				
Pencapaian lokasi	Lokasi situs warisan geologi terletak kurang dari 100 m dari jalan desa dan tempat parkir bus (4)	4	2	4	3
	Lokasi situs warisan geologi terletak kurang dari 500 m dari jalan desa (3)				
	Lokasi situs warisan geologi dapat diakses dengan bus, tetapi melewati jalan kerikil (2)				
	Lokasi situs warisan geologi tidak memiliki akses langsung, terletak kurang dari 1 km dari jalan yang bisa di akses menggunakan bus (1)				
Hambatan pemanfaatan lokasi	Tidak ada hambatan pada lokasi situs warisan geologi untuk digunakan oleh pelajar dan turis (4)	2	2	2	2
	Lokasi situs warisan geologi dapat digunakan oleh pelajar dan turis, hanya dalam waktu tertentu (3)				
	Lokasi situs warisan geologi dapat digunakan oleh pelajar dan turis setelah mengatasi hambatan (perijinan, hambatan fisik, pasang, banjir, dll) (2)				
	Penggunaan oleh pelajar dan turis sangat sulit dilakukan karena hambatan yang sulit diatasi (perijinan, hambatan fisik, pasang, banjir, dll) (1)				
Fasilitas keamanan	Lokasi situs warisan geologi memiliki fasilitas keamanan (pagar, tangga, pegangan, dll), masuk dalam jangkauan sinyal telepon, serta kurang dari 5 km dari instalasi gawat darurat (4)	2	2	2	2
	Lokasi situs warisan geologi memiliki fasilitas keamanan (pagar, tangga, pegangan, dll), masuk dalam jangkauan sinyal telepon, serta kurang dari 25 km dari instalasi gawat darurat (3)				
	Lokasi situs warisan geologi tidak memiliki fasilitas keamanan (pagar, tangga, pegangan, dll), tetapi masuk dalam jangkauan sinyal telepon, serta kurang dari 50 km dari instalasi gawat darurat (2)				
	Lokasi situs warisan geologi tidak memiliki fasilitas keamanan (pagar, tangga, pegangan, dll), tidak masuk dalam jangkauan sinyal telepon, serta lebih dari 50 km dari instalasi gawat darurat (1)				

Sarana pendukung	Penginapan dan restoran untuk rombongan 50 orang berjarak kurang dari 15 km dari lokasi situs warisan geologi (4)	4	4	4	4
	Penginapan dan restoran untuk rombongan 50 orang berjarak kurang dari 50 km dari lokasi situs warisan geologi (3)				
	Penginapan dan restoran untuk rombongan 50 orang berjarak kurang dari 100 km dari lokasi situs warisan geologi (2)				
	Penginapan dan restoran untuk rombongan kurang dari 25 orang berjarak kurang dari 50 km dari lokasi situs warisan geologi (1)				
Kepadatan penduduk	Lokasi situs warisan geologi terdapat pada kabupaten/kota dengan kepadatan penduduk lebih dari 1000 jiwa/km ² (4)	4	4	4	4
	Lokasi situs warisan geologi terdapat pada kabupaten/kota dengan kepadatan penduduk 250 - 1000 jiwa/km ² (3)				
	Lokasi situs warisan geologi terdapat pada kabupaten/kota dengan kepadatan penduduk 100 - 250 jiwa/km ² (2)				
	Lokasi situs warisan geologi terdapat pada kabupaten/kota dengan kepadatan penduduk kurang dari 100 jiwa/km ² (1)				
Hubungan dengan nilai lainnya	Keterdapatannya beberapa nilai ekologi dan budaya kurang dari 5 km dari lokasi situs warisan geologi (4)	4	4	4	4
	Keterdapatannya beberapa nilai ekologi dan budaya kurang dari 10 km dari lokasi situs warisan geologi (3)				
	Keterdapatannya satu nilai ekologi dan satu nilai budaya kurang dari 10 km dari lokasi situs warisan geologi (2)				
	Keterdapatannya satu nilai ekologi dan/atau nilai budaya kurang dari 10 km dari lokasi situs warisan geologi (1)				
Status lokasi	Lokasi situs warisan geologi digunakan sebagai tujuan wisata nasional (4)	2	2	2	2
	Lokasi situs warisan geologi terkadang digunakan sebagai tujuan wisata nasional (3)				
	Lokasi situs warisan geologi digunakan sebagai tujuan wisata lokal (2)				
	Lokasi situs warisan geologi terkadang digunakan sebagai tujuan wisata lokal (1)				
Kekhasan	Lokasi situs warisan geologi menunjukkan fitur yang unik dan jarang dijumpai di negara ini dan negara tetangga (4)	2	1	1	1
	Lokasi situs warisan geologi menunjukkan fitur yang unik dan jarang dijumpai di negara ini (3)				
	Lokasi situs warisan geologi menunjukkan fitur yang cukup umum hadir pada wilayah ini, tetapi jarang dijumpai di wilayah lain di negara ini (2)				
	Lokasi situs warisan geologi merupakan lokasi yang umum dijumpai di seluruh wilayah negara ini (1)				
Kondisi pada pengamatan unsur geologi	Semua fitur geologi dapat diamati dalam kondisi baik (4)	4	4	4	4
	Terdapat beberapa penghalang yang menyulitkan pengamatan pada beberapa fitur geologi (3)				
	Terdapat beberapa penghalang yang menyulitkan pengamatan pada fitur geologi utama (2)				
	Terdapat beberapa penghalang yang hampir mengganggu pengamatan pada fitur geologi utama (1)				
Potensi informasi pendidikan/penelitian	Lokasi situs warisan geologi ini menampilkan fitur geologi yang diajarkan di semua level (4)	1	1	2	1
	Lokasi situs warisan geologi ini menampilkan fitur geologi yang diajarkan di sekolah tingkat dasar (3)				
	Lokasi situs warisan geologi ini menampilkan fitur geologi yang diajarkan di sekolah tingkat menengah (2)				

	Lokasi situs warisan geologi ini menampilkan fitur geologi yang diajarkan di tingkat universitas (1)				
Keragaman geologi	Lokasi situs warisan geologi memiliki lebih dari 3 fitur keragaman geologi (mineralogi, paleontologi, geomorfologi) (4)	2	2	2	2
	Lokasi situs warisan geologi memiliki 3 fitur keragaman geologi (3)				
	Lokasi situs warisan geologi memiliki 2 fitur keragaman geologi (2)				
	Lokasi situs warisan geologi hanya memiliki 1 fitur keragaman geologi (1)				
Total		65%	58,75%	68,75%	63%

Educational Values						
	Kriteria	Bobot (%)	Site1	site 2	site 3	site 4
A.	Kerentanan	10	7,5	7,5	7,5	10
B.	Pencapaian lokasi	10	10	2,5	10	7,5
C.	Hambatan pemanfaatan lokasi	5	2,5	2,5	2,5	2,5
D.	Fasilitas keamanan	10	5	5	5	5
E.	Sarana pendukung	5	5	5	5	5
F.	Kepadatan penduduk	5	5	5	5	5
G.	Hubungan dengan nilai lainnya	5	5	5	5	5
H.	Status lokasi	5	2,5	2,5	2,5	2,5
I.	Kekhasan	5	2,5	1,25	1,25	1,25
J.	Kondisi pada pengamatan unsur geologi	10	10	10	10	10
K.	Potensi informasi pendidikan/penelitian	20	5	5	10	5
L.	Keanekaragaman geologi	10	5	5	5	5
	Total	100	65	58,75	68,75	63,75

Touristic values	Rules values	Site 1	Site 2	Site 3	Site 4
Kerentanan	Fitur geologi di lokasi situs warisan geologi tidak memperlihatkan kemungkinan kerusakan akibat aktivitas manusia (4)	2	2	3	4
	Terdapat kemungkinan kerusakan pada fitur geologi sekunder di lokasi situs warisan geologi sebagai akibat aktivitas manusia (3)				
	Terdapat kemungkinan kerusakan pada fitur geologi utama di lokasi situs warisan geologi sebagai akibat aktivitas manusia (2)				
	Terdapat kemungkinan kerusakan pada semua fitur geologi di lokasi situs warisan geologi sebagai akibat aktivitas manusia (1)				
Pencapaian lokasi	Lokasi situs warisan geologi terletak kurang dari 100 m dari jalan desa dan tempat parkir bus (4)	4	1	4	3
	Lokasi situs warisan geologi terletak kurang dari 500 m dari jalan desa (3)				
	Lokasi situs warisan geologi dapat diakses dengan bus, tetapi melewati jalan kerikil (2)				
	Lokasi situs warisan geologi tidak memiliki akses langsung, terletak kurang dari 1 km dari jalan yang bisa di akses menggunakan bus (1)				
Hambatan pemanfaatan lokasi	Tidak ada hambatan pada lokasi situs warisan geologi untuk digunakan oleh pelajar dan turis (4)	2	2	2	2
	Lokasi situs warisan geologi dapat digunakan oleh pelajar dan turis, hanya dalam waktu tertentu (3)				
	Lokasi situs warisan geologi dapat digunakan oleh pelajar dan turis setelah mengatasi hambatan (perijinan, hambatan fisik, pasang, banjir, dll) (2)				
	Penggunaan oleh pelajar dan turis sangat sulit dilakukan karena hambatan yang sulit diatasi (perijinan, hambatan fisik, pasang, banjir, dll) (1)				
Fasilitas keamanan	Lokasi situs warisan geologi memiliki fasilitas keamanan (pagar, tangga, pegangan, dll), masuk dalam jangkauan sinyal telepon, serta kurang dari 5 km dari instalasi gawat darurat (4)	2	2	2	2
	Lokasi situs warisan geologi memiliki fasilitas keamanan (pagar, tangga, pegangan, dll), masuk dalam jangkauan sinyal telepon, serta kurang dari 25 km dari instalasi gawat darurat (3)				
	Lokasi situs warisan geologi tidak memiliki fasilitas keamanan (pagar, tangga, pegangan, dll), tetapi masuk dalam jangkauan sinyal telepon, serta kurang dari 50 km dari instalasi gawat darurat (2)				

	Lokasi situs warisan geologi tidak memiliki fasilitas keamanan (pagar, tangga, pegangan, dll), tidak masuk dalam jangkauan sinyal telepon, serta lebih dari 50 km dari instalasi gawat darurat (1)				
Sarana pendukung	Penginapan dan restoran untuk rombongan 50 orang berjarak kurang dari 15 km dari lokasi situs warisan geologi (4)	4	4	4	4
	Penginapan dan restoran untuk rombongan 50 orang berjarak kurang dari 50 km dari lokasi situs warisan geologi (3)				
	Penginapan dan restoran untuk rombongan 50 orang berjarak kurang dari 100 km dari lokasi situs warisan geologi (2)				
	Penginapan dan restoran untuk rombongan kurang dari 25 orang berjarak kurang dari 50 km dari lokasi situs warisan geologi (1)				
Kepadatan penduduk	Lokasi situs warisan geologi terdapat pada kabupaten/kota dengan kepadatan penduduk lebih dari 1000 jiwa/km ² (4)	4	4	4	4
	Lokasi situs warisan geologi terdapat pada kabupaten/kota dengan kepadatan penduduk 250 - 1000 jiwa/km ² (3)				
	Lokasi situs warisan geologi terdapat pada kabupaten/kota dengan kepadatan penduduk 100 - 250 jiwa/km ² (2)				
	Lokasi situs warisan geologi terdapat pada kabupaten/kota dengan kepadatan penduduk kurang dari 100 jiwa/km ² (1)				
Hubungan dengan nilai lainnya	Keterdapatannya beberapa nilai ekologi dan budaya kurang dari 5 km dari lokasi situs warisan geologi (4)	4	4	4	4
	Keterdapatannya beberapa nilai ekologi dan budaya kurang dari 10 km dari lokasi situs warisan geologi (3)				
	Keterdapatannya satu nilai ekologi dan satu nilai budaya kurang dari 10 km dari lokasi situs warisan geologi (2)				
	Keterdapatannya satu nilai ekologi dan/atau nilai budaya kurang dari 10 km dari lokasi situs warisan geologi (1)				
Status lokasi	Lokasi situs warisan geologi digunakan sebagai tujuan wisata nasional (4)	2	2	2	2
	Lokasi situs warisan geologi terkadang digunakan sebagai tujuan wisata nasional (3)				
	Lokasi situs warisan geologi digunakan sebagai tujuan wisata lokal (2)				
	Lokasi situs warisan geologi terkadang digunakan sebagai tujuan wisata lokal (1)				
Kekhasan	Lokasi situs warisan geologi menunjukkan fitur yang unik dan langka dijumpai di negara ini dan negara tetangga (4)	2	1	1	1
	Lokasi situs warisan geologi menunjukkan fitur yang unik dan langka dijumpai di negara ini (3)				
	Lokasi situs warisan geologi menunjukkan fitur yang cukup umum hadir pada wilayah ini, tetapi langka dijumpai di wilayah lain di negara ini (2)				
	Lokasi situs warisan geologi merupakan lokasi yang umum dijumpai di seluruh wilayah negara ini (1)				
Kondisi pada pengamatan fitur geologi	Semua fitur geologi dapat diamati dalam kondisi baik (4)	3	3	3	3
	Terdapat beberapa penghalang yang menyulitkan pengamatan pada beberapa fitur geologi (3)				
	Terdapat beberapa penghalang yang menyulitkan pengamatan pada fitur geologi utama (2)				
	Terdapat beberapa penghalang yang hampir mengganggu pengamatan pada fitur geologi utama (1)				
Proses interpretatif	Lokasi situs warisan geologi menyajikan fitur geologi dengan cara yang sangat jelas dan ekspresif ke semua jenis masyarakat (4)	3	3	4	3

	Masyarakat butuh beberapa pengetahuan geologi untuk dapat mengerti fitur geologi dalam suatu situs warisan geologi (3)				
	Masyarakat butuh pengetahuan geologi lebih dalam untuk dapat mengerti fitur geologi dalam suatu situs warisan geologi (2)				
	Lokasi situs warisan geologi menyajikan fitur geologi yang hanya dapat dimengerti oleh ahli geologi (1)				
Tingkat ekonomi	Lokasi situs warisan geologi yang terletak di kota dengan pendapatan rumah tangga dua kali lipat dari rata – rata nasional (4)	2	2	2	2
	Lokasi situs warisan geologi yang berada di kota dengan pendapatan rumah tangga lebih tinggi dari rata – rata nasional (3)				
	Lokasi situs warisan geologi yang berada di kota dengan pendapatan rumah tangga serupa dengan rata – rata nasional (2)				
	Lokasi situs warisan geologi yang berada di kota dengan pendapatan rumah tangga lebih rendah dari rata – rata nasional (1)				
Dekat dengan area rekreasi	Lokasi situs warisan geologi yang terletak kurang dari 5 km dari area rekreasi atau objek wisata (4)	4	4	4	4
	Lokasi situs warisan geologi yang terletak kurang dari 10 km dari area rekreasi atau objek wisata (3)				
	Lokasi situs warisan geologi yang terletak kurang dari 15 km dari area rekreasi atau objek wisata (2)				
	Lokasi situs warisan geologi yang terletak kurang dari 20 km dari area rekreasi atau objek wisata (1)				
Total		68,75 %	58,75 %	71,25 %	68,75 %

Touristic Value						
	Kriteria	Bobot (%)	Site1	site 2	site 3	site 4
A.	Kerentanan	10	5	5	7,5	10
B.	Pencapaian lokasi	10	10	2,5	10	7,5
C.	Hambatan pemanfaatan lokasi	5	2,5	2,5	2,5	2,5
D.	Fasilitas keamanan	10	5	5	5	5
E.	Sarana pendukung	5	5	5	5	5
F.	Kepadatan penduduk	5	5	5	5	5
G.	Hubungan dengan nilai lainnya	5	5	5	5	5
H.	Status lokasi	15	7,5	7,5	7,5	7,5

I.	Kekhasan	10	5	2,5	2,5	2,5
J.	Kondisi pada pengamatan fitur geologi	5	3,75	3,75	3,75	3,75
K.	Potensi interpretatif	10	7,5	7,5	10	7,5
L.	Tingkat ekonomi	5	2,5	2,5	2,5	2,5
M.	Dekat dengan area rekreasi	5	5	5	5	5
	Total	100	68,75	58,75	71,25	68,75

Degradation Risk	Rules values	Site 1	Site 2	Site 3	Site 4
Kerusakan terhadap unsur geologi	Kemungkinan terjadinya kerusakan terhadap seluruh fitur geologi (4)	3	3	2	3
	Kemungkinan terjadinya kerusakan terhadap fitur geologi utama (3)				
	Kemungkinan terjadinya kerusakan terhadap fitur geologi sekunder (2)				
	Kemungkinan kecil terjadinya kerusakan terhadap fitur geologi sekunder (1)				
Berdekatan dengan daerah/aktifitas yang berpotensi menyebabkan degradasi	Titik lokasi berada kurang dari 50 m dengan daerah/aktifitas yang menyebabkan degradasi (4)	4	1	4	2
	Titik lokasi berada kurang dari 200 m dengan daerah/aktifitas yang menyebabkan degradasi (3)				
	Titik lokasi berada kurang dari 500 m dengan daerah/aktifitas yang menyebabkan degradasi (2)				
	Titik lokasi berada kurang dari 1 km dengan daerah/aktifitas yang menyebabkan degradasi (1)				
Perlindungan hukum	Titik lokasi yang terletak di suatu area yang tidak memiliki perlindungan hukum dan tidak memiliki akses kontrol (4)	1	1	1	1
	Titik lokasi yang terletak di suatu area yang tidak memiliki perlindungan hukum tetapi memiliki akses kontrol (3)				
	Titik lokasi yang terletak di suatu area yang memiliki perlindungan hukum tetapi tidak memiliki akses kontrol (2)				
	Titik lokasi yang terletak di suatu area yang memiliki perlindungan hukum dan memiliki akses kontrol (1)				
Aksesibilitas	Titik lokasi yang terletak kurang dari 100m dari jalan raya dan terdapat tempat parkir bus (4)	4	0	4	3
	Titik lokasi yang terletak kurang dari 500 m dari jalan beraspal (3)				
	Titik lokasi dapat diakses dengan bus melalui jalan kerikil (2)				

	Titik lokasi tanpa akses langsung melalui jalan darat tetapi terletak kurang dari 1 km dari jalan yang dapat diakses dengan bus (1)				
Kepadatan populasi	Titik lokasi yang berada di kota dengan kepadatan penduduk lebih dari 1000 penduduk/km2 (4)	4	4	4	4
	Titik lokasi yang berada di kota dengan kepadatan penduduk antara 250 -1000 penduduk/km2 (3)				
	Titik lokasi yang berada di kota dengan kepadatan penduduk antara 100-250 penduduk/km2 (2)				
	Titik lokasi yang berada di kota dengan kepadatan penduduk kurang dari 100 penduduk/km2 (1).				
Total		76,25 %	46,25 %	67,5 %	62,5%

Degradation Risk						
	Kriteria	Bobot (%)	Site1	site 2	site 3	site 4
A.	Kerusakan terhadap unsur geologi	35	26,25	26,25	17,5	26,25
B.	Berdekatan dengan daerah/aktifitas yang berpotensi menyebabkan degradasi	20	20	5	20	10
C.	Perlindungan hukum	20	5	5	5	5
D.	Aksesibilitas	15	15	0	15	11,25
E.	Kepadatan populasi	10	10	10	10	10
Total		100	76,25	46,25	67,5	62,5