



Analisis Geologi dan Geomorfologi Kuantitatif Daerah Vulkanik Menggunakan Citra Landsat 8 dan TerraSAR-X (Studi Kasus Gunungapi Ungaran) *Geological and Quantitative Geomorphological Analysis of Volcanic Region Using Landsat 8 and TerraSAR-X Imagery (Case Study Ungaran Volcano)*

Muhammad Luthfi Faturrahman¹, Nela P. Rattyana², Sonia Rijani³ dan Sigit Maryanto³

¹Program Pasca Sarjana Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran, Jatinangor Bandung

²Program Studi Magister Perencanaan Wilayah dan Kota, Institut Teknologi Bandung, Jl Ganesa 10 Bandung

³Pusat Survei Geologi, Jalan Diponegoro No. 57 Bandung

e-mail : muhammad21317@mail.unpad.ac.id

Naskah diterima: 11 Januari 2022, Revisi terakhir: 07 April 2022, Disetujui: 11 April 2022, Online: 11 April 2022

DOI: <http://dx.doi.org/10.33332/jgsm.geologi.v23.1.53-60>

Abstrak - Gunungapi Ungaran yang terletak di Kabupaten Semarang, Provinsi Jawa Tengah, merupakan salah satu gunungapi aktif di Indonesia. Analisis geomorfologi kuantitatif menggunakan citra indera jauh dan pengamatan lapangan dapat membantu untuk mengetahui kondisi tatanan geologi di Gunungapi Ungaran. Interpretasi indera jauh berupa rona, tekstur, bentuk dan pola aliran pada citra Landsat 8 dengan kombinasi kanal 5, 6, 7 dan TerraSAR-X, dikombinasikan dengan hasil pengamatan lapangan. Tujuan studi ini untuk mengetahui kondisi geologi di sekitar Gunungapi Ungaran, khususnya sebaran batuan vulkanik dan struktur geologi. Analisis geomorfologi kuantitatif sinusitas muka gunung serta rasio dasar dan tinggi lembah digunakan untuk mengetahui kondisi tektonik. Berdasarkan hasil analisis citra satelit dan pemetaan geologi diketahui bahwa Gunungapi Ungaran terbagi menjadi 11 satuan batuan yang didominasi oleh batuan vulkanik dan batuan beku. Analisis geomorfologi kuantitatif menunjukkan Gunungapi Ungaran memiliki nilai lat 3 dan termasuk daerah dengan derajat tektonik rendah.

Katakunci: Geomorfologi, Gunungapi Ungaran, indera jauh, kuantitatif.

Abstract - Ungaran volcano that located in Semarang district, Middle Java Province is one of many active volcano in Indonesia. Quantitative geomorphological analysis using remote sensing imagery and field observation can help to understanding the geological setting in Ungaran Volcano. Remote sensing interpretation based on tone, texture, shape and drainage patterns using Landsat 8 with 5, 6, 7 band combination and TerraSAR-X imagery combined with field mapping. The purpose of this study is to find out the geological conditions of the Ungaran Volcano area, especially to map volcanic rocks spread and geological structure. Quantitative geomorphological analysis of the mountain front sinuosity and valley floor to width ratio used to know the tectonic activity. Based on remote sensing analysis and geological mapping it can be deduced that Mount Ungaran is divided into 11 lithological members and dominated by volcanic and igneous rocks. Quantitative geomorphological analysis shows that Ungaran Volcano lat value is 3 and come under a low tectonic activity region.

Keywords: Geomorphology, Ungaran Volcano, remote sensing, quantitative.

PENDAHULUAN

Indonesia yang berada pada zona tumbukan antar lempeng mengakibatkan terbentuknya rangkaian lajur gunungapi aktif yang memanjang mulai dari Sumatera hingga Sulawesi (Mulyaningsih, 2018). Total gunungapi aktif di Indonesia berjumlah 127 gunung menduduki peringkat pertama di dunia (PVMBG, 2021). Gunungapi-gunungapi tersebut dapat memberikan potensi bencana alam geologi seperti hujan abu, leleran lava ataupun jatuhnya material piroklastik, dimana bencana gunungapi menempati urutan tinggi dibandingkan bencana geologi lain di negara-negara dengan kondisi vulkanisme aktif (Tjandra, 2017). Penilaian terhadap bencana tersebut menjadi isu utama dalam manajemen lingkungan dan tata ruang wilayah yang bertujuan untuk mencegah atau meminimalkan efek bencana erupsi gunungapi (Howard dan Dickinson, 1978; Lestiana dkk., 2010; Mulyaningsih, 2018).

Gunungapi Ungaran yang terletak di Kabupaten Semarang merupakan gunungapi tipe B, dimana gunungapi tersebut memiliki catatan sejarah pernah mengalami letusan sebelum tahun 1600 (PVMBG, 2021). Mengingat potensi Gunungapi Ungaran sebagai daerah pariwisata dan pemukiman masyarakat perlu dilakukan studi lanjut. Tujuan studi ini untuk mengetahui kondisi geologi daerah sekitar Gunungapi Ungaran, khususnya sebaran batuan dan struktur geologi, sehingga dapat dijadikan acuan dalam penyusunan peta mitigasi bencana geologi. Analisis geomorfologi kuantitatif sinusitas muka

gunung serta rasio dasar dan tinggi lembah bertujuan untuk mengetahui kondisi tektonik.

Lokasi kegiatan terletak di area Gunungapi Ungaran, Kabupaten Semarang, Provinsi Jawa Tengah, secara geografis terletak pada koordinat $110^{\circ} 17' 4,5''$ - $110^{\circ} 24' 35''$ BT dan $7^{\circ} 13' 40''$ - $7^{\circ} 5' 6''$ LS (Gambar 1). Daerah ini tercakup pada Peta Geologi Lembar Magelang dan Semarang (Thanden dkk., 1996). Batuan di daerah ini tersusun oleh batuan vulkanik Kuartar berupa breksi vulkanik, lava dan tuf dengan beberapa batuan yang sudah berubah, terutama yang terletak di sekitar fumarol dan mata air panas Candi Gedongsongo. Keberadaan fumarol dan mata air panas tersebut menjadi salah satu indikasi keberadaan sistem panas bumi di Gunungapi Ungaran dengan potensi sebesar 2.25 Mwe (Sari, 2018), dan suhu reservoir berkisar $700-200^{\circ}\text{C}$ (Indarto dkk., 2006).

Citra yang digunakan dalam studi ini terdiri atas 2 jenis, yaitu citra optis Landsat-8 dan citra radar Terrasar-X. Misi Landsat-8 membawa 2 jenis instrumen, yaitu *Operational Land Imager* (OLI) dan *Thermal Infrared Sensor* (TIRS) (Reuter dkk., 2011). TerraSAR-X diluncurkan pada bulan Juni 2015 dan merupakan satelit radar pertama milik Jerman. Satelit ini memiliki fitur gelombang X resolusi tinggi dengan teknologi susunan bertahap (*phased array*) sehingga dapat dioperasikan dalam mode *spotlight*, *stripmap* dan *scanSAR* menggunakan 2 polarisasi dalam berbagai kombinasi (Weninghaus dkk., 2010). Hal tersebut membuat citra yang dihasilkan memiliki resolusi tinggi dan cakupan pengamatan luas.



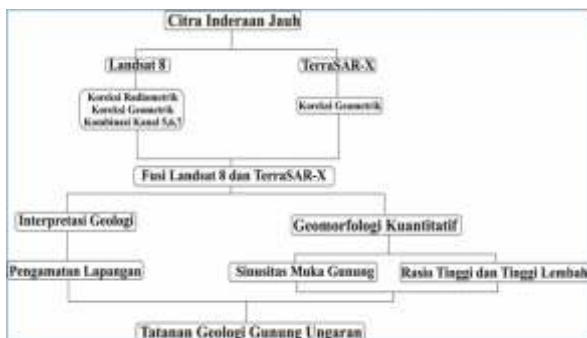
Gambar 1. Peta lokasi daerah sekitar Gunungapi Ungaran.

METODOLOGI

Metode studi ini terbagi menjadi 3 tahapan, yaitu pra-lapangan, lapangan dan paska-lapangan. Pada tahap pra-lapangan dilakukan penyiapan citra indera jauh yang akan digunakan, studi pustaka dan pembuatan *basemap* untuk kegiatan pengambilan data lapangan (Gambar 2).

Citra Landsat-8 diolah dengan kombinasi kanal 5, 6 dan 7 dalam susunan kanal merah, hijau dan biru sehingga menghasilkan citra komposit dengan warna semu (*pseudocolor*). Citra Terra-SAR-X yang digunakan adalah Citra TerraSAR-X *Orto Rectified Radar Image* (ORRI) dan Citra Terra-SAR-X *Digital Elevation Model* (DEM). Pada Citra TerraSAR-X DEM dilakukan proses *sun shading* untuk memperlihatkan bentukan morfologi daerah ini. Citra TerraSAR-X ORRI digabungkan (fusi) dengan citra Landsat-8 untuk menghasilkan tampilan citra yang memunculkan penampakan geologi, struktur geologi dan geomorfologi yang lebih informatif (Mawardi dkk., 2019). Pengolahan citra dilakukan menggunakan perangkat lunak Envi, Global Mapper dan Arcmap.

Kegiatan lapangan mencakup pengambilan data singkapan batuan yang tersebar di area studi, pengambilan contoh batuan, pengamatan bentukan morfologi dan pembuatan rekaman data lapangan. Pengambilan data lapangan menggunakan aplikasi Avenza Map versi 3.15.1 pada gawai Android. Adapun struktur data yang diambil telah disesuaikan dengan format standar di Pusat Survei Geologi. Penggunaan perangkat android dalam kegiatan pemetaan memegang peranan penting karena mempunyai kemampuan perekaman data secara digital dan dilengkapi dengan sensor yang dapat membantu kegiatan pemetaan (Yeon, 2021).



Gambar 2. Diagram alur metode kegiatan studi.

Kegiatan paska-lapangan mencakup pengolahan data yang didapat selama kegiatan lapangan, digabung dengan analisis studio. Analisis studio yang dilakukan meliputi deliniasi satuan batuan untuk mengetahui sebaran batuan vulkanik di permukaan dan studi morfotektonik untuk mengetahui kondisi bentuk lahan dan struktur geologi yang berkembang di daerah studi. Indek geomorfik yang digunakan dalam studi ini adalah sinusitas muka gunung (Smf) dan rasio dasar tinggi lembah (Vf).

Sinusitas muka gunung (Smf) adalah indeks geomorfik yang mencerminkan perbandingan antara tingkat erosi dan tektonik yang berkembang di suatu daerah (Verrios dkk., 2004). Parameter ini menunjukkan perbandingan antara pengangkatan tektonik (akan menghasilkan bentukan muka gunung yang lurus) dan erosi sungai (yang berperan dalam membentuk muka gunung yang tidak beraturan), seperti yang telah dikemukakan oleh Buczek dan G?rnik (2019). Sinusitas muka gunung dapat diketahui menggunakan persamaan:

$$Smf = Lmf/Ls \dots\dots\dots (1)$$

Dimana Lmf adalah panjang muka gunung dan Ls adalah panjang muka yang proyeksikan pada garis lurus. Hasil perhitungan sinusitas muka gunung tersebut, kemudian dibagi menjadi beberapa kelas, yaitu tinggi, menengah dan rendah. Nilai Smf semakin rendah menunjukkan bahwa derajat aktivitas tektonik di daerah tersebut semakin tinggi (El-Hamdouni dkk., 2008).

Rasio dasar dan tinggi lembah (Vf) adalah indeks geomorfik yang membandingkan tinggi dari dasar lembah dan tinggi lembah-lembah lain di sekitarnya. Indeks geomorfik ini dapat mencerminkan tingkat pengangkatan akibat tektonik dan korelasinya dengan torehan pada dasar lembah akibat erosi. Nilai Vf yang tinggi menandakan tingginya erosi lateral yang diakibatkan tingkat aktivitas tektonik rendah (Buczek dan G?rnik, 2019). Rasio dasar dan tinggi lembah dapat diketahui menggunakan persamaan:

$$Vf = 2Vfw / [(Eld - Esc) + ((Erd - Esc))] \dots\dots\dots (2)$$

Dimana Vfw adalah lebar dasar lembah, Eld dan Erd adalah elevasi lembah di kiri dan kanan, dan Esc adalah elevasi dasar lembah (Keller dan Pinter, 2002). Hasil perhitungan rasio dasar dan tinggi lembah tersebut kemudian dibagi menjadi beberapa kelas, yaitu tinggi, menengah dan rendah. Nilai Vf semakin rendah menunjukkan bahwa derajat aktivitas tektonik di daerah tersebut semakin tinggi (El-Hamdouni dkk., 2008).

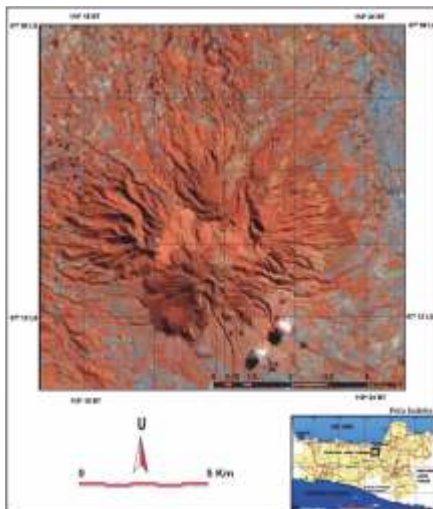
HASIL KEGIATAN

Pengolahan Data Citra

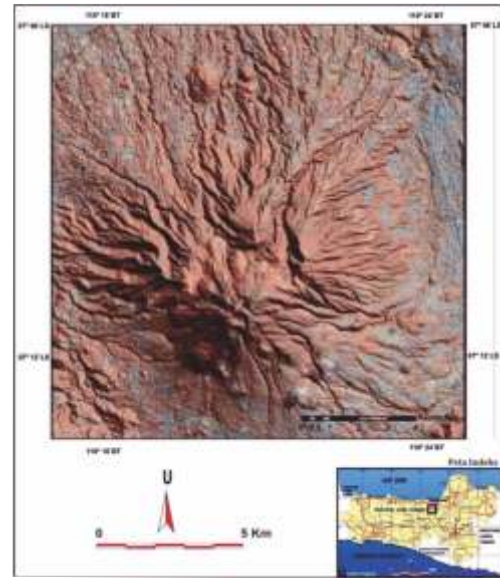
Data Landsat-8 yang digunakan didapat dari situs <https://earthexplorer.usgs.gov/> yang diakses pada tanggal 17 Agustus 2021. Koreksi geometrik dan radiometrik citra landsat tersebut dilakukan menggunakan perangkat lunak Envi dan Arcmap. Setelah dilakukan koreksi, dilakukan penggabungan komposit dari kanal 5, kanal 6 dan kanal 7 untuk menghasilkan peta citra Landsat RGB 5, 6 dan 7 (Gambar 3). Peta citra tersebut kemudian digabungkan dengan peta *digital surface model* (DSM) yang didapat dari hasil pemrosesan data TerraSAR-X, sehingga menjadi Peta Fusi Landsat+TerraSAR-X (Gambar 4). Peta tersebut dapat menampilkan kenampakan geologi, geomorfologi dan struktur geologi yang lebih informatif. Peta Fusi tersebut kemudian digunakan sebagai acuan dalam proses interpretasi geologi dan pengambilan data lapangan.

Interpretasi Geologi dan Data Lapangan

Kegiatan pengambilan data lapangan telah dilakukan berhasil memetakan 38 lokasi singkapan geologi di sekitar kaki Gunungapi Ungaran. Hasil pengamatan pada lokasi singkapan tersebut kemudian diplot ke dalam basis data pemetaan geologi yang mencakup 15 poin pengamatan, untuk selanjutnya digunakan sebagai acuan dalam penggambaran batas satuan batuan, analisis stratigrafi dan analisis struktur geologi. Citra satelit digunakan untuk memetakan litologi di kawasan puncak gunungapi Ungaran yang tidak dapat dipetakan dengan menggunakan metode konvensional.



Gambar 3. Citra komposit Landsat-8 pada kanal 5, kanal 6, dan kanal 7.



Gambar 4. Fusi Landsat 8 + TerraSAR-X.

Pembagian satuan stratigrafi masih menggunakan satuan stratigrafi tidak resmi litostratigrafi. Satuan vulkanostratigrafi belum dipakai pada pemetaan ini karena satuan batuan yang dijumpai termasuk juga batuan sedimen klastika yang berumur Neogen.

Berdasarkan hasil kegiatan pemetaan tersebut satuan batuan di sekitar Gunungapi Ungaran dapat terbagi menjadi 11 Satuan batuan, yang terdiri dari 6 satuan batuan vulkanik, 1 satuan kipas aluvial, 1 satuan batuan sedimen dan 3 satuan batuan terobosan (Gambar 5) dengan rincian sebagai berikut:

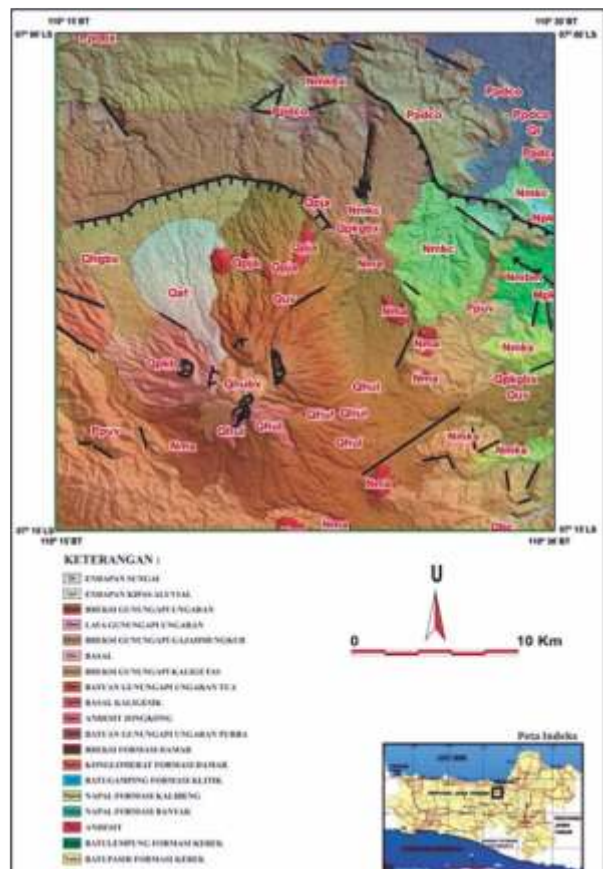
- Satuan Kipas Aluvial (Qaf). Satuan ini terletak di sebelah barat laut Gunungapi Ungaran, tersusun oleh rombakan batuan sedimen klastik dan batuan vulkanik yang berumur lebih tua. Pada citra dicirikan dengan bentuk khas seperti kipas yang diakibatkan proses pengendapan akibat aliran gravitasi runtunan.
- Breksi Gunungapi Ungaran (Qhubx). Satuan ini terletak di puncak Gunungapi Ungaraan tersusun oleh litologi breksi gunungapi dengan komponen batuan beku andesit-basalt dalam matriks batupasir tufan berwarna kecoklatan. Satuan ini merupakan produk erupsi paling muda Gunungapi Ungaran dan pada citra dicirikan oleh tekstur kasar, pola aliran radial dengan bentuk lembah tajam.
- Lava Gunungapi Ungaran (Qhul). Satuan ini terletak di puncak Gunungapi Ungaran, tersusun oleh litologi lava andesit-basalt dengan tekstuk porfiri afanitik, pada beberapa lokasi menunjukkan struktur vesikuler dan aliran. Pada citra satuan ini dicirikan dengan tekstur halus, adanya bentuk khas aliran lava dan adanya jejak kawah purba.

- Breksi Gunungapi Gajahmungkur (Qhgbx). Satuan ini tersusun oleh litologi breksi laharik dengan komponen dominan andesit. Pada citra satuan ini dicirikan dengan tekstur kasar, pola aliran radial dengan bentuk lembah tajam.
- Breksi Gunungapi Kaligetas (Qpkgbx). Satuan ini tersusun oleh breksi dengan komponen batuan beku beraneka ragam berukuran 5-100 cm, tersortasi sangat buruk dalam matriks batupasir tufan. Pada citra satuan ini dicirikan dengan tekstur kasar, rona cerah, pola aliran dendritik dan bentuk lembah landai.
- Batuan Gunungapi Ungaran Tua (Quvbx). Satuan ini terletak di lereng utara – timur Gunungapi Ungaran dan merupakan produk erupsi pra-Ungaran pada kala Plistosen, yang tersusun oleh breksi gunungapi dan lava andesit-basalt. Pada citra satuan ini dicirikan dengan tekstur kasar, pola aliran aliran radial, rona gelap dan adanya jejak kawah purba.
- Basalt Kaligesik (Qpkb). Satuan ini terletak pada lereng barat Gunungapi Ungaran dan tersusun oleh lava basal berwarna abu-abu kehitaman, tekstur afanitik dan menunjukkan adanya struktur kekar kolom. Pada citra satuan ini dicirikan dengan tekstur halus – sedang, pola aliran radial, rona gelap dan adanya jejak kawah purba.
- Andesit Jongkong (Qpja). Satuan ini tersusun oleh andesit berwarna abu-abu gelap dan bertekstur porfiri afanitik, satuan ini kemungkinan merupakan batuan sub-vulkanik. Pada citra satuan ini dicirikan dengan bentukan morfologi khas kubah intrusi dengan tekstur halus – sedang yang tersebar pada bagian utara kaki Gunungapi Ungaran.
- Batuan Gunungapi Ungaran Purba (Npuv). Satuan ini merupakan satuan batuan gunungapi tua yang terbentuk pada kala Pliosen - Plistosen, tersusun oleh breksi gunungapi dan lava andesit basalt yang telah mengalami deformasi cukup kuat. Pada citra satuan ini dicirikan dengan tekstur sedang – kasar, pola aliran aliran paralel, bentuk lembah curam dan terdapat beberapa kelurusan punggungan.
- Andesit (Nma). Satuan ini tersusun oleh andesit berwarna abu-abu cerah dengan tekstur afanitik dan beberapa menunjukkan adanya struktur kekar kolom. Pada citra satuan ini dicirikan oleh bentukan morfologi khas kubah intrusi dengan tekstur halus – sedang.
- Batulempung dan Batupasir Formasi Kerek (Nmkc

dan Nmks). Satuan ini tersingkap terbatas pada bagian timur laut dan tersusun oleh litologi batulempung berwarna abu-abu, terkekarkan intensif dengan beberapa sisipan batupasir halus. Pada citra satuan ini dicirikan oleh tekstur halus -sedang, pola aliran dendritik dan bentuk lembah landai.

Geomorfologi Kuantitatif

Pembagian satuan geomorfologi di daerah sekitar Gunungapi Ungaran telah dilakukan oleh Marin dkk. (2015; Gambar 6). Pembagian satuan geomorfologi ini tidak jauh berbeda dengan pembagian satuan litostratigrafi yang telah dilakukan penulis, baik nama dan sebaran satuan batuan. Satuan geomorfologi tersebut tidak membahas batuan yang berumur Neogen (Miosen hingga Pliosen). Menurut penulis ini, geomorfologi vulkanik Gunungapi Ungaran diklasifikasikan menjadi enam satuan utama, yaitu kubah dan aliran lava Ungaran Tua, aliran piroklastik Ungaran Tua, kerucut sentral Ungaran Muda, aliran lava Ungaran Muda, aliran piroklastik Ungaran Muda, dan endapan vulkaniklastik. Beberapa pola kelurusan diperkirakan sebagai akibat pengaruh arah tegasan utama gaya tektonik regional dan pembebanan tubuh gunungapi yang pada umumnya berada di utara gunungapi (Widiatma, 2020).



sumber: disederhanakan dari Faturrahman dkk., (2020)

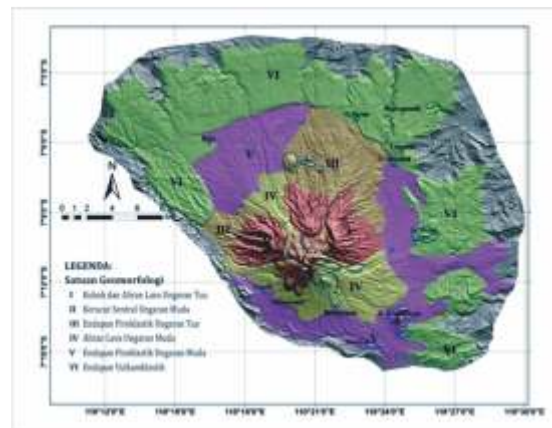
Gambar 5. Peta geologi daerah sekitar Gunungapi Ungaran.

Pengukuran parameter geomorfologi kuantitatif di daerah sekitar Gunungapi Ungaran dibagi menjadi beberapa kelas yang mengacu pada El Hamdaoui dkk. (2007; Tabel 1). Berdasarkan klasifikasi tersebut indeks sinusitas muka gunung dibagi menjadi 3 kelas yaitu, kelas 1 ($Smf < 1,1$), kelas 2 ($1,1 < Smf < 1,5$) dan kelas 3 ($Smf > 1,5$). Berdasarkan klasifikasi tersebut daerah penyelidikan memiliki nilai rata-rata 2,356 dan termasuk ke dalam kelas 3. Rasio dasar dan tinggi lembah dibagi menjadi 3 kelas yaitu, kelas 1 ($Vf < 0,5$), kelas 2 ($0,5 < Vf < 1,0$) dan kelas 3 ($Vf > 1,0$). Berdasarkan klasifikasi tersebut daerah ini memiliki nilai rata-rata 1,3272 dan termasuk ke dalam kelas 3. Hasil pengukuran parameter indeks geomorfik tersebut kemudian dirata-ratakan untuk mengevaluasi aktivitas tektonik relatif di Gunungapi Ungaran. Nilai rata-rata indeks (lat) ini terbagi menjadi empat kelas yang mendefinisikan kondisi aktivitas tektonik yaitu, kelas 1 – sangat tinggi ($1,0 \leq lat < 1,5$), kelas 2 – tinggi ($1,5 \leq lat < 2,0$), kelas 3 – menengah ($2,0 \leq lat < 2,5$) dan kelas 4 – rendah ($2,5 \leq lat$). Berdasarkan klasifikasi tersebut daerah Gunungapi Ungaran memiliki nilai lat 3 dan termasuk ke dalam daerah dengan klasifikasi tektonik rendah.

DISKUSI

Berdasarkan kegiatan pemetaan lapangan dan analisis data citra satelit, daerah Gunungapi Ungaran terdiri atas berbagai jenis batuan, yaitu batuan gunungapi, sedimen dan beku (Faturrahman dkk., 2020). Sejarah geologi di Gunungapi Ungaran dimulai dengan pembentukan Satuan Batulempung Kerek (Nmkc) yang merupakan satuan tertua di daerah ini, terbentuk pada kala Miosen Awal, di lingkungan laut dalam. Bersamaan dengan terbentuknya satuan Nmkc terjadi aktivitas vulkanisme yang membentuk satuan Andesit (Nma). Setelahnya, terjadi proses susut laut dan lingkungan pengendapan sebagian besar berubah menjadi daratan. Pada kala Pliosen, kegiatan gunungapi aktif berlangsung dan membentuk Satuan Gunungapi Ungaran Purba (Npuv). Kegiatan gunungapi tersebut semakin intensif pada kala Plistosen dengan membentuk Satuan Gunungapi Ungaran Tua (Quvbx), Breksi Gunungapi Kaligetax (Qpkgbx), Basalt Kaligesik (Qpkb) dan Andesit Jongkong (Qpja). Pada kala Holosen kegiatan gunungapi mencapai puncaknya dengan terbentuknya beberapa satuan batuan gunungapi, yaitu Lava Ungaran (Qhul), Breksi Gunungapi Ungaran (Qhubx), Breksi Gunungapi Gajahmungkur (Qhgbx), dan Batuan Terobosan Basalt (Qbc). Sejarah geologi Gunungapi Ungaran ini tidak terlalu berbeda dengan apa yang telah dikemukakan oleh (Indarto dkk., 2007; Marin dkk., 2015)

Hasil analisis morfotektonik yang menunjukkan bahwa daerah Gunungapi Ungaran memiliki derajat aktivitas tektonik rendah, dimana pengangkatan akibat tektonik lebih rendah dibandingkan erosi akibat aliran sungai. Erosi tersebut membentuk muka gunung tidak beraturan dan bentuk lembah landai. Hal tersebut ditunjukkan dengan nilai Smf dan Vf yang tinggi, yaitu 2,6024 dan 1,3272. Sejalan dengan hasil analisis geomorfologi kuantitatif, pengamatan lapangan juga tidak menemukan adanya indikasi keberadaan struktur geologi di daerah Gunungapi Ungaran. Kemungkinan aktivitas tektonik berkembang lebih ke arah utara dimana pada daerah tersebut terdapat sesar normal Boja dan sesar mendatar Kaligarang (Poedjoprajitno dkk., 2008). Kehadiran sesar-sesar tersebut telah diidentifikasi oleh Widiatma (2020) bahwasanya terjadinya sesar turun akibat erupsi samping Gunungapi Ungaran. Poses terjadinya sesar geser Kaligarang berlangsung sebelum Batuan Gunungapi Ungaran Purba terbentuk dan terendapkan (Santoso dan Kusumadinata, 1999; Fahrudin dan Winarno, 2012).



sumber: Marin dkk., (2015)

Gambar 6. Kondisi geomorfologi Gunungapi Ungaran.

Tabel 1. Nilai sinusitas muka gunung (Smf) dan rasio dasar dan tinggi lembah (Vf)

| No | Smf | Vf |
|----|-------|-------|
| 1 | 3.007 | 1.12 |
| 2 | 2.85 | 1.63 |
| 3 | 4.09 | 1.66 |
| 4 | 1.3 | 1.669 |
| 5 | 1.765 | 1.63 |
| 6 | 2.218 | 1.02 |
| 7 | 2.264 | 1.16 |
| 8 | 2.48 | 0.956 |
| 9 | 1.231 | 1.1 |

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis citra satelit dan pengambilan data lapangan diketahui bahwa di daerah sekitar Gunungapi Ungaran tersusun oleh 11 satuan batuan, yang terdiri atas berbagai macam litologi mulai dari batuan beku, sedimen dan batuan gunungapi. Analisis morfotektonik yang dilakukan menunjukkan bahwa daerah Gunungapi Ungaran relatif stabil dengan derajat aktivitas tektonik yang rendah. Struktur geologi pada kawasan Gunungapi Ungaran hanya

ditemukan di bagian utara Gunungapi Ungaran, berupa sesar turun akibat erupsi samping.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyampaikan terimakasih kepada pimpinan dan staf Pemetaan Geologi Sistematis, Pusat Survei Geologi atas bantuannya dalam pengambilan data lapangan dan kepada Ibu Emi Sukiyah dari Fakultas Teknik Geologi Universitas Padjadjaran atas masukan dan diskusinya selama pembuatan tulisan ini.

ACUAN

- Buczek, K. and G?rnik, M., 2020. Evaluation of Tectonic Activity using Morphometric Indices: Case Study of the Tatra Mts. (Western Carpathians, Poland). *Environmental Earth Sciences*, 79: 176(1-13).
- El-Hamdouni, R., Irigaray, C., Fernandez, T., Chacon, J., and Keller, E.A., 2008. Assessment of Relative Active Tectonics, Southwest Border of the Sierra Nevada. *Geomorphology*, 96: 150-173.
- Faturrahman, M.L., Rijani, S., Rattyananda, N.P. dan Maryanto, S., 2020. Pemetaan Geologi Skala 1:50.000 Daerah Ungaran dan Sekitarnya, Kabupaten Semarang, Provinsi Jawa Tengah. Laporan Teknis Intern (tidak terbit).
- Fahrudin dan Winarno, T., 2012. Model Deformasi Getas di Zona Sesar Kaligarang, Semarang. *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral*, 22(2): 89-100.
- Howard, A.D. and Dickinson, W.R., 1978. Volcanic Environments. In: Howard, A.D., and Remson. (Eds), *Geology in Environmental Planning*. McGraw-Hill Book Company, New York, 246-273.
- Indarto, S., Widarto, D.S., Zulkarnain, E.G., dan Setiawan, I., 2007. Studi Batuan Vulkanik dan Batuan Ubahan pada Lapangan Panasbumi Gedongsongo, Kompleks Gunungapi Ungaran, Jawa Tengah. *Riset - Geologi dan Pertambangan*, 16(1): 30-43.
- Keller, E.A. and Pinter, N., 2002. *Active Tectonics : Earthquake, Uplift, and Landscape*, 2nd edition. Prentice Hall, Upper Saddle River, 359p.
- Lestiana, H., Mulyadi, D., Igna Hadi, S., dan Bakti, H., 2010. Karakteristik Bencana Geologi dalam Penyusunan Tata Ruang Wilayah Garut Selatan. *Prosiding Pemaparan Hasil Penelitian Puslit-Geoteknologi LIPI*.
- Marin, J., Harijoko, A., Pramuwijoyo, S., dan Humaida, H., 2015. Sudi Geomorfologi Gunungapi dan Petrogenesis Batuan untuk Memahami Evolusi Vulkanotektonik pada Gunung Ungaran, Jawa Tengah. *Proceeding Seminar Nasional Kebumihan ke-8, 15-16 Oktober 2015, Ghra Sabha Pramana*, Yogyakarta.
- Mawardi, S., Sukiyah, E., dan Haryanto, I., 2019. Karakteristik Morfotektonik Daerah Aliran Sungai Cisdane Berdasarkan Analisis Citra Satelit. *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral*, 20(3): 175-186.
- Mulyaningsih, S., 2018. *Pengantar Geologi Lingkungan*, Edisi 3. AKPRIND ress, Yogyakarta, 262 h.
- Poedjoprajitno, S., Wahyudiono, J., dan Cita, A., 2008. Reaktivasi Sesar Kali Garang, Semarang. *Jurnal Geologi Indonesia*, 3(3): 129-138.
- Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG), 2021. Kunjungi PVMBG, Menteri ESDM Kembali Minta Peralatan Pemantauan Dimutakhirkan. <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/>.
- Reuter, D.C., Lunsford, A.W., Montanaro, M., and Irons, J., 2011. The Operational Land Imager (OLI) and the Thermal Infrared Sensor (TIRS) on the Landsat Data Continuity Mission (LDCM). *Proceeding of SPIE - the International Society for Optical Engineering 8048*. DOI: 10.1117/12.885963.
- Santoso dan Kusumadinata, R.M.S., 1999. *Peta Geomorfologi Lembar Semarang dan Bagian Uraea Ungaran, Jawa, Skala 1:100.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Sari, R.J., 2018. Potensi Panas Bumi Gedongsongo Lereng Selatan Gunung Ungaran Jawa Tengah Berdasarkan Analisis Geosains. *Jurnal OFFSHORE*, 2(1): 34-42.
-

-
- Thanden, R.E., Sumardiredja, H., Richards, P.W., Sutisna, K. dan Amin, T.C., 1996. *Peta Geologi Lembar Magelang dan Semarang, Jawa Tengah*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Tjandra, K., 2017. *Empat Bencana Geologi yang Paling Mematikan*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta. ISBN. 978-602-386-251-1.
- Verrios, S., Zygouri, V., and Kokkalas, S., 2004. Morphotectonic Analysis in The Eliki Fault Zone (Gulf of Corinth, Greece). *Bulletin of the Geological Society of Greece*, 36(4): 1706-1715.
- Weninghaus, R. dan Buckreuss, S., 2010. The TerraSAR-X Mission and System Design. *Geoscience and Remote Sensing*, 48: 606-614.
- Widiatma, A.J., 2020. Hancurnya Tubuh Gunung Api Ungaran di Semarang Akibat Erupsi Samping. <https://kumparan.com/angga-jati-widiatama/hancurnya-tubuh-gunung-api-ungaran-di-semarang-akibat-erupsi-samping-1t10WQXe4Qi>. <20-03-2022>
- Yeon, Y.K., 2021. Kmapper: A Field Geological Survey System. *ISPRS International Journal Of Geo-information*, 10: 405-415.
-