

ANALISIS MORFOLOGI DETIL UNTUK MEMETAKAN KARAKTERISTIK SATUAN BATUAN PERMUKAAN

DETAIL MORPHOLOGICAL ANALYSIS TO MAPPING SURFACE LITOLOGICAL CHARACTERISTIC UNIT

F. Maritimo^{1*}, W. Budianta¹, A. Setianto¹

¹Department of Geological Engineering, Universitas Gadjah Mada
Jl. Grafika No. 2 Kampus UGM, Yogyakarta 55281

*Email corresponding: febrimaritimo@mail.ugm.ac.id

Email: wbudianta@ugm.ac.id

Email: agung_setianto@ugm.ac.id

Cara sitasi: F. Maritimo, W. Budianta, and A. Setianto, "Analisis Morfologi Detil untuk Memetakan Karakteristik Satuan Batuan Permukaan", *Kurvatek*, vol. 10, no. 1, pp. 99-110, April 2025. doi: [10.33579/krvtk.v10i1.5740](https://doi.org/10.33579/krvtk.v10i1.5740) [Online].

Abstrak — Perencanaan tata ruang wilayah memerlukan data-data yang akurat sesuai dengan skala perencanaannya. Salah satu kendala yang ditemui dalam analisis rencana tata ruang di Indonesia adalah belum tersedianya beberapa data dasar yang memiliki tingkat kedetilan sesuai dengan kebutuhan perencanaan, termasuk data geologi. Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten mensyaratkan semua peta yang dihasilkan berada pada tingkat kedetilan Skala 1:50.000, sedangkan ketersediaan Peta Geologi Skala 1:50.000 dari Kementerian ESDM masih sangat terbatas. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan data distribusi geologi permukaan beserta karakteristiknya yang dibutuhkan dalam perencanaan tata ruang dengan pendekatan analisis morfologi. Analisis morfologi detil dilakukan dengan mengolah data *Digital Elevation Model* dengan resolusi spasial 8 meter. Pendetilan klasifikasi morfologi dilakukan pada klasifikasi Bentuk Muka Bumi. Interpretasi morfologi dilakukan secara bertahap dengan membagi permukaan lahan dari general menuju detil menghasilkan kelas perbukitan tinggi berigir memanjang, perbukitan rendah berigir memanjang, lembah bergelombang antar perbukitan dan dataran. Interpretasi *landform* dilakukan dengan menambahkan data struktur geologi dan jenis batuan dalam analisis menghasilkan kelas *landform* perbukitan tinggi memanjang zona sesar, perbukitan rendah memanjang zona sesar, lembah bergelombang antar perbukitan zona sesar, dan dataran alluvial. Satuan *Landform* perbukitan memanjang zona sesar dapat didetilkan berdasarkan pola relief serta kemiringan lerengnya menjadi igir, lereng curam, dan lereng landai. Perbukitan rendah memanjang zona sesar dapat dibagi menjadi igir dan lereng landai. Sedangkan lembah bergelombang antar perbukitan zona sesar dan dataran alluvium tidak menunjukkan adanya variasi lebih lanjut. Satuan batuan breksi andesit merupakan litologi pembentuk morfologi perbukitan berigir memanjang, lembah bergelombang antar perbukitan terbentuk dari satuan batuan koluvium breksi andesit, sedangkan dataran alluvial terbentuk dari satuan batuan alluvium. Pembagian morfologi detil pada perbukitan mencerminkan perbedaan karakteristik derajat pelapukan batuan serta karakteristik material pelapukan. Satuan batuan breksi andesit pada igir mengalami pelapukan kuat dan menghasilkan material tanah insitu yang banyak. Batuan dasar breksi andesit yang tersingkap di lereng curam mengalami pelapukan tahap awal dengan endapan tanah yang tipis di atasnya serta memiliki beberapa bongkah andesit yang terendapkan di tekuk-tekuk lerengnya. Lereng landai memiliki satuan batuan permukaan yang didominasi oleh material kolluvium. Satuan ini terdiri dari bongkah-bongkah breksi andesit yang tersebar di permukaan bercampur dengan material tanah lapuk hasil pelapukan dari igir dan/atau lereng curam. Lembah bergelombang antar perbukitan juga memiliki karakteristik satuan batuan permukaan yang terdiri dari bongkah-bongkah breksi andesit di permukaan lahan dengan tanah yang tebal hasil akumulasi tanah pelapukan dari perbukitan. Satuan batuan alluvium pada dataran alluvial tidak mencerminkan variasi yang berarti.

Kata kunci: Morfologi detil, Satuan Batuan Permukaan.

Abstract — Regional spatial planning requires accurate data according to the planning scale. One of the problems encountered in the analysis of spatial planning in Indonesia is the unavailability of some basic data that have a level of detail according to planning needs, including geological data. RTRWK requires a map at a scale of 1:50,000, while the availability of a Geological Map at a Scale of 1:50,000 from the Ministry of Energy and Mineral Resources is still very limited. This study aims to produce surface geological distribution data and its characteristics needed in spatial planning with a morphological analysis approach. Detailed morphological analysis is carried out by processing Digital Elevation Model data with a spatial resolution of

8 meters. Detailing of the morphological classification is carried out on the BMB classification. Morphological interpretation is carried out in stages by dividing the land surface from general to detailed, producing classes of high ridged hills, low ridged hills, undulating valleys between hills and plains. Landform interpretation is carried out by adding geological structure data and rock types in the analysis, producing landform classes of high hills elongated fault zones, low hills elongated fault zones, undulating valleys between hills in fault zones, and alluvial plains. Landform units of elongated hills of fault zones can be detailed based on the relief pattern and slope gradient into ridge, steep slope, and gentle slope. Low hills elongated fault zones can be divided into ridge and gentle slope. Meanwhile, the undulating valleys between the hills of the fault zone and the alluvial plains do not show any further variations. The andesite breccia rock unit is the lithology that forms the morphology of elongated ridged hills, the undulating valleys between the hills are formed from andesite breccia colluvium rock units, while the alluvial plains are formed from alluvium rock units. The division of detailed morphology in the hills reflects the differences in the characteristics of the degree of weathering of the rocks and the weathering materials. The andesite breccia rock unit on the ridge experiences strong weathering and produces a lot of in-situ soil material. The andesite breccia bedrock exposed on steep slopes experiences early weathering with thin soil deposits on top and has several andesite boulders deposited in the bends of the slopes. Gentle slopes have surface rock units dominated by colluvium material. This unit consists of andesite breccia boulders scattered on the surface mixed with weathered soil material from ridge and/or steep slopes. The undulating valleys between hills also have characteristics of surface rock units consisting of andesite breccia boulders on the land surface with thick soil resulting from the accumulation of weathered soil from the hills. Alluvial rock units on alluvial plains do not reflect significant variations.

Keywords: Detailed Morphology, Surface Lithological Unit

I. PENDAHULUAN

Perencanaan pengembangan dan pembangunan suatu wilayah dalam konteks tata ruang wilayah harus mempertimbangkan kondisi fisik lahan sebagai dasar analisis kemampuan lahan [1]. Data-data geologi adalah bagian dari data fisik lahan yang dibutuhkan dalam analisis kondisi fisik dalam perencanaan tata ruang. Dalam peraturan tersebut disebutkan data-data kegeologian yang dibutuhkan dalam analisis rencana tata ruang adalah data morfologi, tingkat kekerasan batuan, kestabilan lereng, kestabilan batuan dasar, kelolosan air/drainase, pelapukan batuan, dan bencana geologi.

Salah satu hambatan yang terjadi dalam perencanaan tata ruang wilayah di Indonesia adalah terbatasnya ketersediaan data-data spasial yang dibutuhkan untuk keperluan analisis [2]. Ketersediaan data-data geologi yang bersumber dari pemerintah masih terbatas pada data dengan skala menengah dan kecil. Peta Geologi Regional yang dibuat oleh Badan Geologi, Kementerian ESDM memiliki skala 1:50.000 untuk cakupan yang sangat terbatas, skala 1:100.000 untuk cakupan Pulau Jawa dan skala yang lebih kecil untuk luar Pulau Jawa. Ketersediaan data geologi yang bersumber resmi dari pemerintah belum mencukupi kebutuhan analisis di tingkat semi detil hingga detil. Keperluan pembuatan peta-peta RTRW Kabupaten berada pada data-data spasial dengan skala minimal 1:50.000, sedangkan ketersediaan Peta Geologi Skala 1:50.000 belum tersedia secara menyeluruh untuk wilayah Indonesia. Data-data analisis turunan geologi yang dibutuhkan dalam analisis perencanaan tata ruang skala 1:50.000 juga belum tersedia.

Morfologi, tingkat kekerasan batuan, kestabilan lereng, kelolosan air/drainase, dan pelapukan batuan adalah data-data yang termasuk dalam karakteristik geologi permukaan yang dibutuhkan untuk analisis rencana tata ruang. Data-data tersebut berfokus pada karakteristik batuan permukaan yang akan dimanfaatkan dalam tata ruang. Karakteristik batuan permukaan berhubungan erat dengan bentuk muka permukaan bumi. Hal ini dikarenakan bentuk permukaan bumi yang ada saat ini merupakan hasil dari interaksi jenis batuan dengan tenaga geologi yang bekerja padanya. Jenis tenaga tersebut adalah kombinasi antara tenaga endogen yang bersifat membangun dan tenaga eksogen yang cenderung merusak. Terdapatnya bentukan sebuah perbukitan dipengaruhi oleh jenis batuan pembentuknya yang menyebabkannya tetap resisten, tenaga endogen yang membentuknya menjadi sebuah tinggian, serta tenaga eksogen yang menyebabkan proses pengikisan pada tubuh perbukitan tersebut. Dengan demikian maka morfologi permukaan bumi dapat dijadikan acuan dalam memetakan distribusi satuan-satuan batuan permukaan serta petunjuk untuk menginterpretasi karakteristiknya.

Morfologi adalah salah satu aspek dari geomorfologi. Morfologi berfokus pada kajian bentuk permukaan bumi. Klasifikasi bentuk permukaan bumi dilakukan baik secara kualitatif maupun kuantitatif. Klasifikasi morfologi yang didasarkan aspek-aspek kuantitatif telah banyak dilakukan oleh peneliti dengan memanfaatkan data *Digital Elevation Model* dikenal dengan istilah morfometri. Nilai ketinggian pada setiap *cell* dapat dijadikan data dasar untuk melakukan analisis morfometri. Analisis morfometri yang kerap dilakukan adalah *slope*, *curvature*, dan *hillshade*. Jasiewicz. J (2012) melakukan pengolahan

data DEM untuk memodelkan bentuk-bentuk dasar permukaan bumi yang dia sebut dengan istilah *geomorphons* [3]. Petra dkk. (2020) dan Abhista .A. A (2023) menggunakan data *Lidar* untuk menginterpretasi secara visual unit geologi teknik suatu lokasi [4] [5]. Unit geologi teknik yang dihasilkan antara lain adalah sedimen alluvium, kolluvium longoran, serta talus. Unit-unit tersebut dapat diinterpretasi dengan menganalisis pola bentuk muka buminya.

Karakteristik batuan permukaan yang berhubungan dengan pola morfologi permukaan antara lain adalah derajat pelapukan dan tingkat kekerasan batuan. Budel (1968) dalam Guiterrez (2013) menyebutkan bahwa bentuk lahan dipengaruhi oleh resistensi batuan terhadap proses pelapukan dan erosi [6]. Derajat pelapukan batuan mencerminkan tingkat pelapukan yang terjadi pada batuan. Material batuan yang terpapar karena tersingkap di permukaan akan mengalami disintegrasi secara mekanik maupun dekomposisi mineral yang menyusunnya. Proses pelapukan pada material batuan seringkali terjadi secara gradual dari dalam massa batuan hingga ke bagian luar dan membentuk tanah residu atau tanah hasil proses pelapukan. Semakin tinggi derajat pelapukan batuan yang terjadi maka semakin rendah tingkat kekerasan batumannya. Semakin tinggi derajat pelapukan batumannya maka potensi proses erosi juga akan semakin besar. Proses erosi yang intensif di permukaan lahan akan tercermin pada torehan-torehan yang terjadi di permukaan lereng. Torehan yang terjadi di permukaan lahan akan berpengaruh pada kekasaran lahan, sehingga tingkat kekasaran lahan dapat dijadikan sebagai salah satu acuan dalam menginterpretasi derajat pelapukan satuan batuan.

Penelitian ini bertujuan untuk memetakan distribusi satuan-satuan batuan yang ada di permukaan lahan beserta dengan karakteristiknya dengan menggunakan data DEM Terrasar yang memiliki resolusi spasial 8 meter dengan melakukan analisis morfologi secara detail.

II. METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian terdapat di Desa Kamal Kecamatan Bulu Kabupaten Sukoharjo. Secara umum terdapat dua satuan batuan di lokasi penelitian, yaitu Qa dan Ommbx (**Gambar 1**). Qa merupakan satuan batuan alluvium yang terdiri dari kerikil hingga pasir dan lempung. Satuan batuan Qa ini menumpang di atas satuan batuan yang lebih tua yaitu Ommbx yaitu Satuan Breksi Andesit Formasi Mandalika. Satuan batuan Ommbx ini terdiri dari breksi andesit dengan sisipan lava andesit, breksi batuapung dan breksi polimik serta retas diorit/mikrodiorit hornblenda.

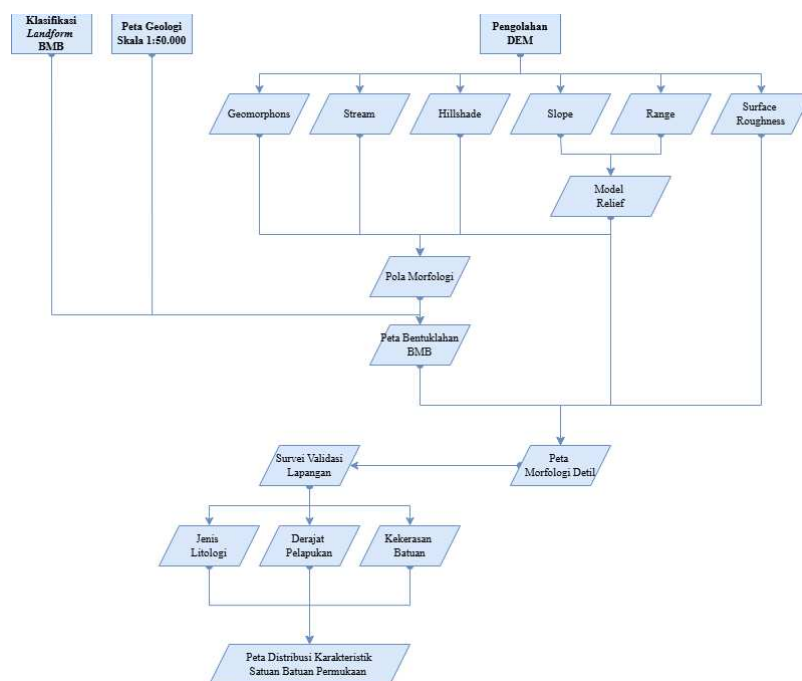


Gambar 1. Lokasi penelitian dalam Peta Geologi Skala 1:50.000 oleh I. W. Warmada, D. Novita, A. D. Titisari, A. Setianto, J. Setyowiyoto dikeluarkan oleh Pusat Survei Geologi-Badan Geologi-Kementerian ESDM tahun 2024

Penelitian ini dilakukan dengan melakukan beberapa *digital terrain analysis* pada data DEM Terrasar dengan resolusi spasial 8 meter. Analisis data DEM diolah menjadi beberapa model turunan untuk melakukan interpretasi morfologi permukaan, yaitu *geomorphons*, *streams*, *hillshade*, *slope*, *range* serta perhitungan *surface roughness*.

Interpretasi morfologi permukaan dilakukan dengan menganalisis pola bentukan dari model *geomorphons* [3], *stream*, *hillshade* dan *model relief* [7]. Kemudian kelas-kelas morfologi dianalisis dengan tambahan data sekunder Peta Geologi skala 1:50.000 untuk mengetahui jenis satuan batuan penyusunnya serta struktur geologi yang bekerja dalam pembentukan morfologinya. Peta bentuklahan sesuai dengan klasifikasi *landform* Bentuk Muka Bumi (BMB) [8] kemudian didetilkan kembali aspek morfologinya dengan menggunakan data *model relief* dan *surface roughness*. Pendetilan dilakukan secara bertahap dengan menganalisis kombinasi pola relief dominan, ada tidaknya kelas kemiringan lereng yang berbeda secara kontras, serta kekasaran permukaannya.

Peta morfologi detil digunakan sebagai dasar untuk melakukan kegiatan survei lapangan. Survei lapangan dilakukan dengan cara melakukan identifikasi jenis litologi, derajat pelapukan, serta kekerasan batuan di setiap unit morfologi detil. Pengumpulan data lapangan bertujuan untuk melakukan validasi peta tentatif yang telah dihasilkan sebelumnya. Hasil dari validasi lapangan adalah berupa tiga peta, yaitu Peta Distribusi Satuan Batuan Permukaan, Peta Derajat Pelapukan Batuan, dan Peta Tingkat Kekerasan Batuan. Diagram alir penelitian secara lengkap tersaji pada **Gambar 2**.



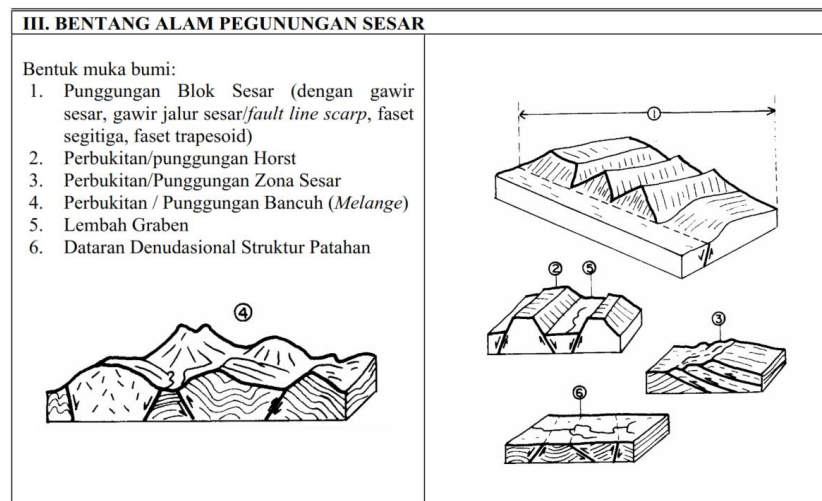
Gambar 2. Diagram alir penelitian

A. Klasifikasi *Landform* Bentuk Muka Bumi (BMB)

Klasifikasi *landform* BMB dibuat untuk tujuan pemetaan geomorfologi di skala 1:25.000. Klasifikasi ini disusun dengan mendasarkan variasi morfologi yang ada di permukaan bumi yang dibentuk oleh tenaga endogen dan eksogen. Sistem klasifikasi BMB dirasa sesuai dengan lingkup klasifikasi morfologi pada penelitian ini. Kelas-kelas morfologi digunakan sebagai jembatan dalam menginterpretasi batas-batas satuan batuan beserta dengan karakteristiknya.

Klasifikasi morfologi yang diacu pada penelitian ini khusus pada bentangalam pegunungan sesar (**Gambar 3**). Hal ini dikarenakan lokasi penelitian memiliki bentuk perbukitan yang berasosiasi dengan garis sesar [9] yang memanjang sejajar dengan igir perbukitan yang berorientasi arah baratlaut-tenggara. Kesejajaran igir dengan garis sesar mengindikasikan genesa pembentukan perbukitan tersebut sangat berkaitan dengan proses struktural yang menghasilkan zona sesar. Pegunungan tersebut terbentuk dari satuan batuan Breksi Andesit Formasi Mandalika (Ommbx) yang berasal dari aktivitas vulkanisme yang terjadi pada kala Oligosen Akhir hingga awal Miosen Tengah yang kemungkinan berasal dari Gunungapi purba Gajahmungkur dengan pusat erupsi di Gunung Tenong Selogiri [10] yang berada di sebelah timur lokasi penelitian. Saat ini, morfologi kerucut tubuh gunungapi purba tersebut sudah tidak terlihat. Gunungapi purba Gajahmungkur diperkirakan telah mengalami fase destruktif sehingga menghancurkan sebagian besar tubuh gunungapinya, dan saat ini hanya menyisakan sebagian dari sisa tubuhnya yang menyerupai bentuk kaldera yang terbuka ke arah utara. Lokasi penelitian merupakan bagian dari lereng bagian barat dari gunungapi purba Gajahmungkur, dengan ditemukannya perselingan breksi andesit dan

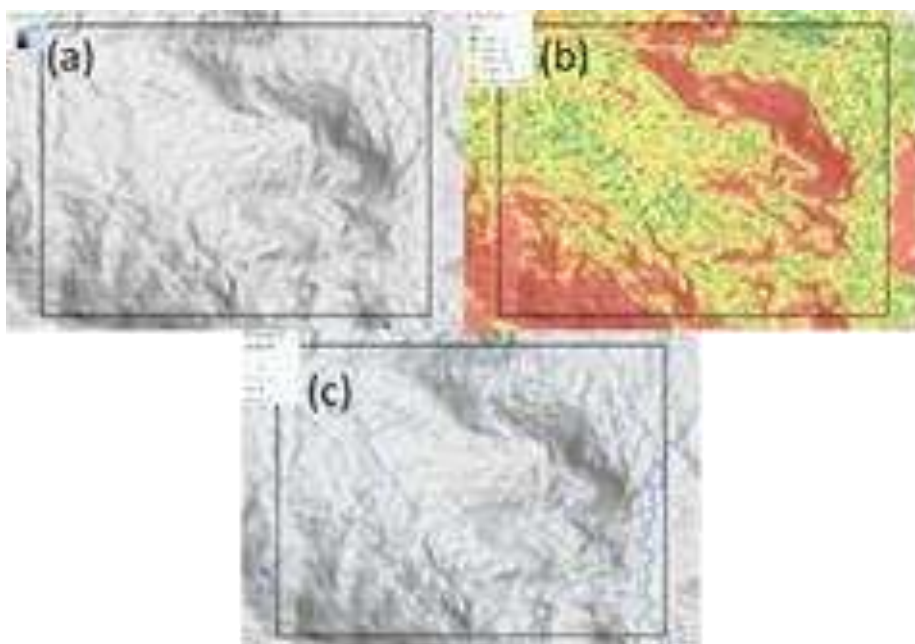
lava andesit yang tersingkap di lereng sisi utara. Morfologi kerucut gunungapi telah mengalami penghancuran dan sudah tidak mencerminkan bentuklahan gunungapi lagi menjadikan dasar klasifikasi bentuklahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah bentangalam pegunungan sesar yang terbentuk pada pegunungan dengan material gunung api.



Gambar 3. Acuan klasifikasi Bentuk Muka Bumi pada bentang alam pegunungan sesar [8]

B. Digital Terrain Analysis

Analisis terrain secara digital menggunakan data DEM sebagai data dasar. Alat pengolah yang digunakan adalah perangkat lunak pengolah data spasial atau GIS. Analisis terrain berkaitan dengan analisis morfologi, sehingga beberapa data turunan dari DEM dapat dibuat untuk menganalisis bentuk permukaan bumi. Pengolahan dasar untuk menganalisis morfologi atau bentuk permukaan bumi yang dapat dilakukan secara visual antara lain adalah *hillshade*, *slope* dan *stream line* (**Gambar 4**). Interpretasi morfologi secara visual mensyaratkan data dengan kenampakan mendekati tiga dimensional. Dengan kenampakan visual menyerupai tiga dimensi maka bentukan-bentukan dasar permukaan bumi seperti tinggian, dataran ataupun lembah dapat diinterpretasi. Melalui *tools spatial analyst* dan *3D analyst* yang tersedia pada perangkat pengolah data spasial atau GIS maka *hillshade*, *slope* dan *stream line* dapat diolah menggunakan data DEM. Kualitas dan skala hasil pengolahan yang didapatkan akan sangat bergantung pada kualitas dan resolusi spasial data DEM yang digunakan.



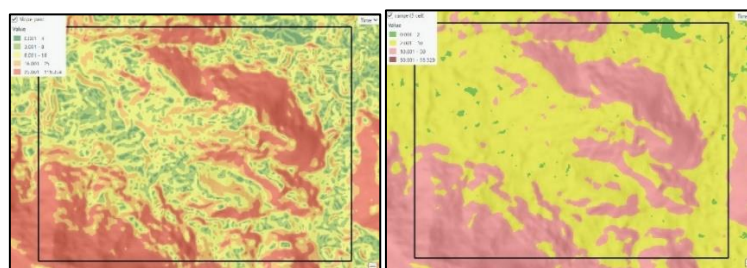
Gambar 4. Pengolahan DEM menjadi (a) *hillshade* (b) *slope* dan (c) *stream line*

C. Model Relief

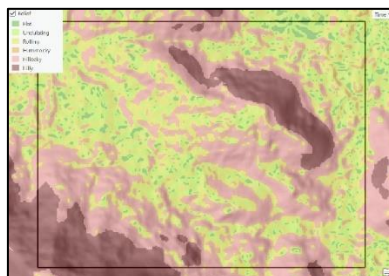
Model relief dibuat berdasarkan klasifikasi relief yang diajukan oleh Dessauett (1977) dalam bukunya *Catalogue of Landform for Indonesia*. Kelas relief digunakan untuk menginterpretasi bentukan permukaan bumi atau morfologi sebelum dilakukan analisis lebih lanjut untuk menentukan genesa suatu bentuklahan. Klasifikasi relief dibuat berdasarkan kelas kelerengan dan beda tinggi (**Gambar 5**) sesuai dengan yang tercantum dalam **Table 1**. Data DEM diolah kemiringan lerengnya dengan menggunakan *tools slope* pada perangkat lunak GIS, sedangkan beda tinggi diolah dengan menggunakan *tools focal statistic range*. *Slope* dan *range* kemudian dikombinasikan dengan *tools raster calculator* untuk mendapatkan hasil model reliefnya (**Gambar 6**).

Tabel 1. Klasifikasi morfologi permukaan bumi berdasarkan Desauettes (1977) [7]

No.	Kelas Morfologi	Kelerengan (%)	Beda Tinggi (m)
1	<i>Flat</i>	0-3	<10
2	<i>Undulating</i>	03-Aug	<10
3	<i>Rolling</i>	Aug-16	<10
4	<i>Hummocky</i>	>16	<10
5	<i>Hillocky</i>	>16	Oct-50
6	<i>Hilly</i>	>16	50-300
7	<i>Mountainous</i>	>16	>300



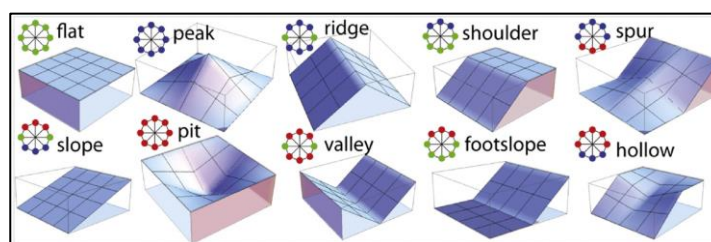
Gambar 5. Pengolahan DEM menjadi *slope* (kiri) dan *range* (kanan) atau beda tinggi



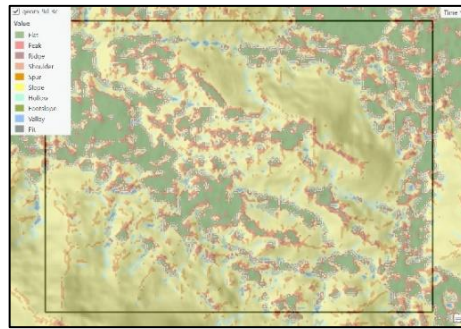
Gambar 6. Model relief hasil pengolahan kombinasi *slope* dan *range*

D. Geomorphons

Geomorphons merupakan salah satu *tools* dalam perangkat pengolah GIS yang tersedia dalam Geomorphons adalah istilah yang digunakan untuk merepresentasikan landscape permukaan bumi. Geomorphons diidentifikasi berdasarkan perbedaan ketinggian antara satu titik di lokasi tertentu dengan beberapa titik lain disekitarnya. Jasiewics (2012) mengklasifikasikan *geomorphons* kedalam 10 jenis pola landform, yaitu *flat*, *peak*, *ridge*, *shoulder*, *spur*, *slope*, *hollow*, *footslope*, *valley* dan *pit* [3] dengan ilustrasi masing-masing pola terlihat pada **Gambar 7**. Hasil pengolahan *geomorphons* dengan menggunakan *moving windows* selebar 3 *cells* terlihat pada **Gambar 8**.

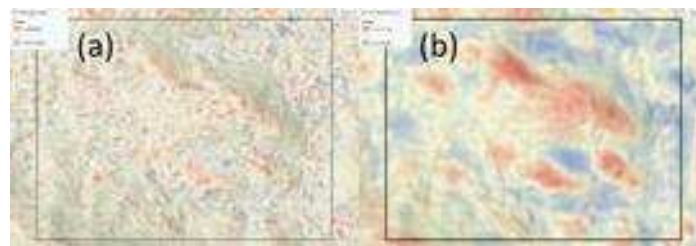
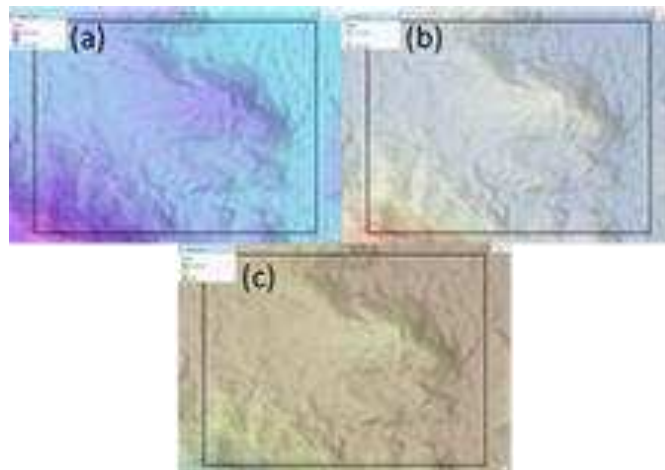


Gambar 7. Representasi 3D sepuluh jenis landform menurut Jasiewics (2012) [3]



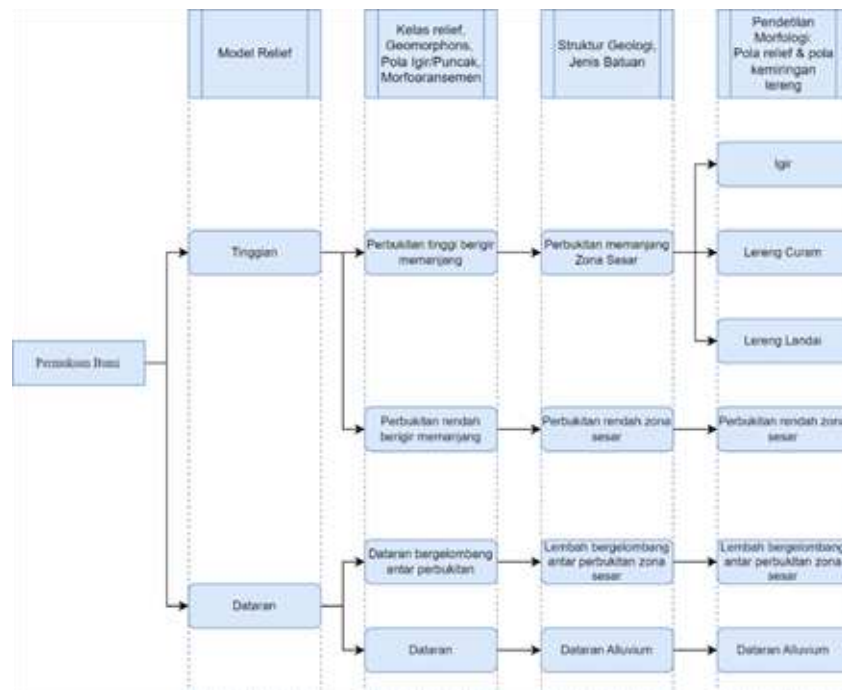
E. Surface Roughness

Kekasaran permukaan lahan digunakan untuk menginterpretasi tingkat torehan yang terjadi di permukaan lahan. Tingkat kekasaran diperoleh dengan mencari perbandingan antara selisih perbedaan ketinggian rata-rata - ketinggian minimum dengan selisih ketinggian maksimum – ketinggian minimum [11]. Konsep ini dapat dimodelkan dengan data DEM menggunakan perangkat pengolah GIS melalui *tools focal statistic* dengan memilih parameter *mean*, *maximum* dan *minimum*. Masing-masing hasil pengolahan *focal statistic* tersebut kemudian dieksekusi dengan *tools raster calculator*. Kemudian untuk menganalisis pola pengelompokan yang terjadi secara spasial, maka hasil dari *surface roughness* tersebut dicari nilai rata-ratanya pada *moving windows* yang lebih luas.



III. HASIL DAN DISKUSI

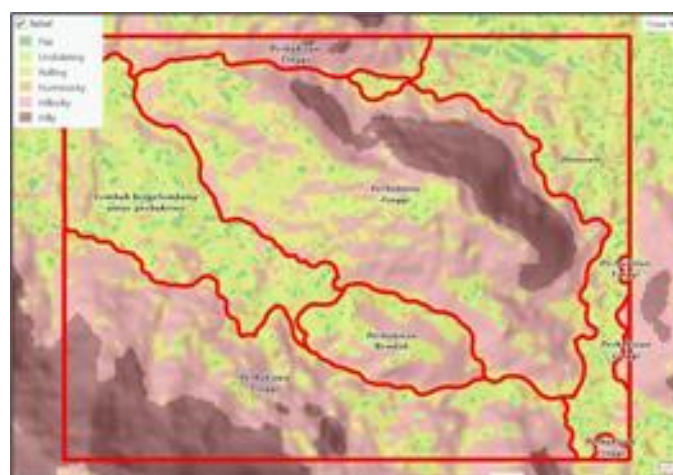
Penelitian ini menghasilkan beberapa hasil pengolahan data DEM dari analisis terrain digital yang kemudian digunakan untuk melakukan interpretasi morfologi permukaan, bentuklahan berdasarkan klasifikasi BMB, mendetilkkan morfologi pada beberapa bentuklahan yang bervariasi dan melakukan interpretasi distribusi karakteristik geologi derajat pelapukan batuan. Alur tahapan pendetilan morfologi yang dilakukan pada penelitian ini tergambar pada **Gambar 11** di bawah ini.



Gambar 11. Alur pendetilan morfologi pada lokasi penelitian

A. Interpretasi Morfologi Permukaan

Morfologi permukaan diinterpretasi secara bertahap dengan menggunakan model relief yang di tumpang susun dengan data-data dasar lain yaitu *hillshade* dan *stream line* menghasilkan morfologi general yang dapat membagi permukaan bumi menjadi tinggian dan dataran. Kemudian interpretasi lebih lanjut dilakukan dengan menganalisis pola-pola bentuk dari tinggian tersebut berdasarkan perbedaan tinggi dan pola igit atau puncaknya. Hasilnya adalah kelas tinggian diketahui memiliki pola igit yang memanjang dan sebagian memiliki relief *hilly* atau perbukitan tinggi dan sebagian memiliki relief *hillocky* atau perbukitan rendah. Daerah dataran berdasarkan relief diketahui ada yang memiliki relief bergelombang (*rolling* hingga *hummocky*) dan terdapat dataran yang memiliki relief lebih rendah (*flat* hingga *rolling*). Dataran bergelombang tersebut secara morfoaransemen terletak tepat di antara dua perbukitan, sehingga morfologi dataran tersebut dapat diklasifikasikan sebagai lembah bergelombang antar perbukitan. Distribusi delineasi batas morfologi terlihat pada **Gambar 12** di bawah ini.

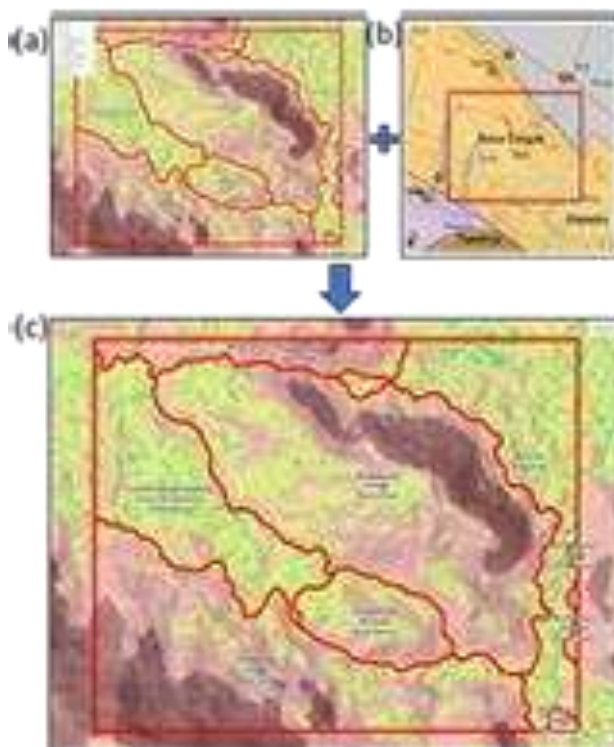


Gambar 12. Hasil deliniasi batas-batas morfologi

B. Interpretasi Bentuklahan

Analisis bentuklahan membutuhkan informasi yang lebih holistik dibanding hanya menginterpretasi morfologi [12] [13] [14]. Setelah melakukan interpretasi morfologi atau bentuk permukaan bumi maka

setiap morfologi dapat dianalisis lebih lanjut berdasarkan genesa pembentukannya. Analisis genesa pembentukan menggunakan data-data geologi. Data geologi yang digunakan adalah informasi jenis satuan batuan dan struktur geologi yang didapat dari Peta Geologi Skala 1:50.000 lembar Wonogiri [9] (**Gambar 13**). Diketahui bahwa morfologi perbukitan memanjang di lokasi penelitian berasosiasi dengan struktur sesar yang memanjang searah baratlaut-tenggara. Terdapat dua sistem sesar yang berpengaruh pembentukan perbukitan di lokasi penelitian, keduanya adalah sesar turun. Sesar tersebut memiliki pola yang sama dengan lereng perbukitan, memanjang dengan arah baratlaut-tenggara. Dengan dasar tersebut maka kompleks perbukitan di lokasi penelitian termasuk kelas perbukitan memanjang zona sesar pada sistem klasifikasi *landform* BMB. Dari peta geologi yang sama diketahui pula bahwa satuan batuan pembentuk perbukitan tersebut adalah Satuan Breksi Andesit Formasi Mandalika (Ommbx). Perbukitan memanjang zona sesar tersebut terbentuk dari sisa tubuh gunungapi purba Gajahmungkur yang telah mengalami fase destruktif sehingga saat ini hanya menyisakan bentukan deretan perbukitan yang menyerupai kaldera bekas tubuh gunungapi dengan bukaan ke utara [10]. Satuan batuan ini pula yang menjadi material pembentuk lembah antar perbukitan. Morfologi dataran di sebelah utara perbukitan memiliki material penyusun satuan batuan Alluvium yang berasal dari proses pengendapan sungai, sehingga bentuklah dataran tersebut adalah dataran alluvium.

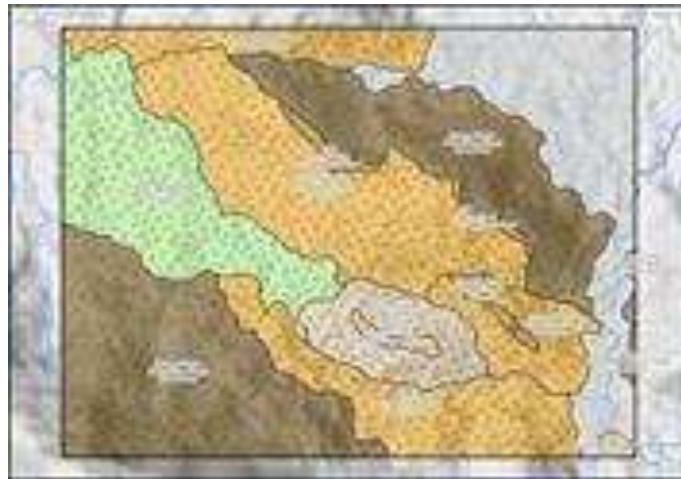


Gambar 13. Proses Interpretasi bentuklahan dimulai dengan menganalisis morfologi (a), kemudian analisis genesa dilakukan dengan memanfaatkan informasi struktur geologi dan satuan batuan pada Peta Geologi (b), sehingga dihasilkan satuan-satuan bentuklahan di daerah penelitian (c)

C. Pendetilan Morfologi

Kelas bentuklahan yang dapat diinterpretasi memiliki variasi yang lebih tinggi dibanding dengan jenis satuan batuan [15]. Hal ini dikarenakan dalam pemetaan geologi, satuan batuan yang diidentifikasi adalah batuan dasar, sedangkan dalam proses perkembangan bentuklahan, batuan dasar yang tersingkap ke permukaan terus mengalami proses-proses geologi baik endogenik maupun eksogenik. Perbedaan bentuk muka bumi pada satu jenis satuan batuan yang seragam dipengaruhi oleh tenaga endogen baik itu patahan, lipatan maupun proses gunungapi. Kompleks perbukitan lokasi penelitian merupakan bagian dari sisa tubuh gunungapi purba Gajahmungkur yang kemudian mengalami proses patahan sehingga menghasilkan bentukan deretan perbukitan zona sesar yang saat ini terlihat. Proses eksogen menjadi proses yang dominan merubah bentuk permukaan bumi hingga masa ini. Proses inilah yang menyebabkan terbentuknya banyak variasi bentuk permukaan bumi walaupun memiliki satuan batuan yang seragam. Namun bila dibandingkan secara skala terjadinya, maka proses endogen memiliki skala perubahan yang dapat jauh lebih besar dibanding dengan proses eksogen. Bentuk permukaan bumi dari proses patahan

akan menghasilkan tinggian yang jauh lebih besar dibanding dengan torehan erosi lereng yang terjadi akibat proses eksogen. Perbedaan morfologi yang lebih detil akibat dari proses endogen dan eksogen tersebut masih dapat diidentifikasi menggunakan data DEM. Dalam sebuah bentuklahan perbukitan memanjang zona sesar, morfologinya masih dapat dibagi menjadi igir, lereng curam dan lereng landai. Igir merupakan area yang relatif datar yang memanjang di posisi paling atas sebuah perbukitan. Lereng curam dan landai diidentifikasi dari perbedaan relief dan kelas kemiringan lerengnya. Hasil pendetilan morfologi tersaji pada **Gambar 14**.



Gambar 14. Pendetilan morfologi pada bentuklahan Perbukitan Memanjang Zona Sesar

D. Interpretasi Karakteristik Geologi

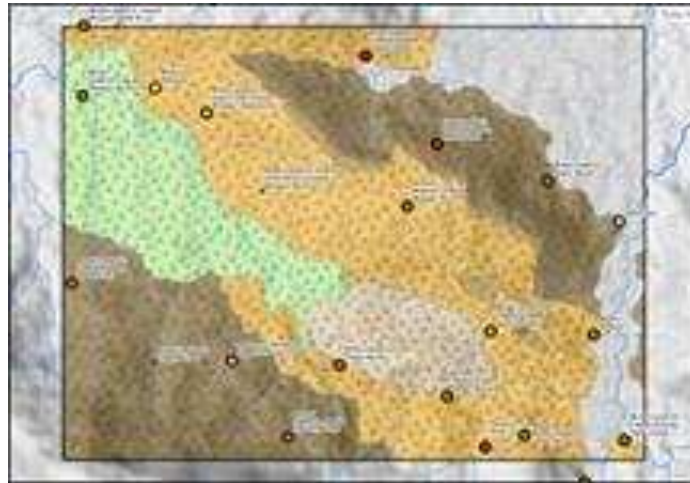
Morfologi detil dari bentuklahan perbukitan memanjang zona sesar berkaitan dengan perkembangan proses geomorfologinya. Proses geomorfologi yang disebabkan oleh tenaga eksogen mempengaruhi karakteristik batuan yang ada di permukaan [16]. Proses pelapukan batuan adalah proses yang pertama terjadi pada batuan yang terkena tenaga eksogen. Pelapukan menyebabkan batuan terpecah-pecah menjadi material yang lebih kecil dan halus. Hal ini mengakibatkan beberapa hal, yaitu berkurangnya tingkat kekerasan batuan dan terbentuknya tanah hasil pelapukan.

Tanah yang terbentuk dari proses pelapukan batuan juga akan selalu mengalami proses geomorfologi lebih lanjut. Tanah yang terbentuk akan mengalami proses pemindahan dari lokasi yang lebih tinggi ke lokasi yang lebih rendah melalui proses erosi. Akibatnya adalah lapisan tanah yang terbentuk akan terkikis dan batuan yang ada di bawahnya akan tersingkap kembali, dan proses pelapukan akan terulang kembali. Proses pelapukan dan erosi tersebut menyebabkan variasi bentuk permukaan bumi lebih lanjut. Pada bagian igir perbukitan, proses pelapukan akan berlangsung paling intensif, hal ini menyebabkan pembentukan tanah juga akan dominan. Namun jika kemiringan lerengnya tidak stabil, maka proses erosi akan menyertainya. Hal ini akan mengakibatkan terangkutnya tanah hasil pelapukan ke lereng-lereng yang lebih rendah menyisakan batuan-batuan dasar yang kembali tersingkap ke permukaan.

Perbukitan di lokasi penelitian merupakan bagian dari lereng sebelah barat tubuh gunungapi purba Gajahmungkur yang memiliki pusat erupsi di Gunung Tenong Selogiri, Wonogiri [10]. Material penyusun perbukitan didominasi oleh breksi dengan fragmen andesit dengan perselingan lava andesit di beberapa lokasi. Satuan batuan ini terpetakan sebagai satuan batuan Breksi Andesit Formasi Mandalika pada Peta Geologi Lembar Wonogiri Skala 1:50.000 [9]. Umur vulkanisme Gunungapi purba Gajahmungkur berkisar antara Oligosen Akhir hingga Miosen Tengah. Morfologi perbukitan yang kasar mengindikasikan bahwa satuan batuan ini telah mengalami proses pelapukan yang intensif. Jenis batuan breksi andesit sebagai penyusun utamanya akan mengalami pelapukan pada matriksnya terlebih dahulu, dan menyisakan fragmen-fragmen andesit yang lebih resisten. Pelapukan juga dominan terjadi pada rekahan-rekahan yang terbentuk akibat patahan hasil tenaga endogen. Hal ini menyebabkan akan banyak bongkah-bongkah breksi andesit ataupun fragmen andesit yang terpindahkan ke lereng-lereng yang ada di bawahnya.

Morfologi lereng curam perbukitan memanjang zona sesar ditemui bongkah-bongkah breksi andesit yang terpindahkan dari lereng atas. Proses pelapukan tidak seintensif dibanding yang terjadi di igir, kekerasan batuan dasar masih keras. Material tanah yang ditemu di lereng curam adalah tanah eksitu, tanah yang mengalami transportasi dari lereng atas, namun dikarenakan kemiringan lereng ini masih sangat tinggi maka ketebalan tanah rata-rata adalah tipis. Lereng landai memiliki banyak bongkah-

bongkah breksi andesit hasil transportasi dari lereng atas. Material tanahnya juga cukup tebal akibat dari proses sedimentasi material yang berasal dari lereng di atasnya. Dikarenakan kemiringan lereng yang lebih landai, maka material tanah akan banyak terakumulasi pada lereng ini. Distribusi karakteristik permukaan pada setiap satuan bentuklahan tersaji pada **Gambar 15**.



Gambar 15. Karakteristik material geologi permukaan pada morfologi detail

IV. KESIMPULAN

Data DEM dengan resolusi spasial 8 meter dapat digunakan untuk melakukan interpretasi morfologi secara detail. Interpretasi morfologi dengan menganalisis data-data turunan DEM dapat membuat acuan batas satuan unit litologi dengan lebih akurat. Kelas morfologi detail pada bentuklahan Perbukitan Memanjang Zona Sesar yang diajukan adalah igir, lereng curam, dan lereng landai. Kelas morfologi detail dapat menunjukkan perbedaan karakteristik geologi permukaan, terutama derajat pelapukan batuan dan karakteristik material hasil pelapukan. Material penyusun perbukitan berasal dari produk aktivitas vulkanisme Gunungapi Purba Gajahmungkur dengan umur vulkanisme berkisar antara Oligosen Akhir hingga Miosen Tengah telah mengalami pelapukan yang intensif. Proses eksogen yang saat ini dominan terjadi adalah proses erosi, transportasi dan sedimentasi. Proses yang dominan terjadi pada morfologi igir adalah erosi dari tanah hasil pelapukan yang telah lama terjadi, menghasilkan bentukan sisa breksi andesit yang telah terkikis bagian luarnya. Morfologi lereng curam adalah bagian dengan proses transportasi paling intensif, menghasilkan tanah yang tipis dengan banyak batuan dasar yang tersingkap di permukaan berupa breksi andesit dan lava andesit. Morfologi lereng landai dan lembah antar perbukitan memiliki proses sedimentasi yang lebih dominan. Morfologi tersebut terdiri dari akumulasi tanah hasil pelapukan yang bercampur dengan pecahan-pecahan sisa breksi andesit yang telah lapuk dan ikut tertransport. Satuan morfologi lereng landai serta lembah antar perbukitan memiliki karakteristik tanah yang tebal hasil akumulasi pengendapan dari igir dan lereng-lereng yang berada di atasnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP) yang telah memberikan dukungan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. M. A. d. T. R. B. P. N. N. 1. T., "Pedoman Penyusunan Rencana Tata Ruang Wilayah Provinsi, Kabupaten dan Kota", 2008.
- [2] I. W. G. K. Arimjaya and M. Dimiyati, "Remote Sensing and Geographic Information Systems Technics for Spatial-Based Development Planning and Policy", *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*, vol. 12, no. 5, pp. 5073-5083, October 2022. doi: 10.11591/ijece.v12i5.pp5073-5083
- [3] J. Jasiewicz and T. F. Stepinski, "Geomorphons - A Pattern Recognition Approach to Classification and Mapping of Landforms", *Geomorphology*, vol. 182, pp. 147-156, Januari 2013. doi: doi.org/10.1016/j.geomorph.2012.11.005

- [4] Petra, Jagodnik, Sanja, Bernat, Gazibara, Željko, Arbanas, Snježana and Mihalić, "Engineering Geological Mapping using Airborne LiDAR Datasets – an Example from the Vinodol Valley, Croatia", *Journal of Maps*, vol. 16, no. 2, pp. 855-866, 2020. doi: doi.org/10.1080/17445647.2020.1831980
- [5] A. A. Abhista, "Pemetaan Geologi Teknik dengan Citra LiDAR Daerah Kaso dan Sekitarnya, Kecamatan Tambaksari, Kabupaten Ciamis, Provinsi Jawa Barat", Skripsi, Teknik Geologi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 2024.
- [6] M. G. Elorza, P. Lucha, F. J. Gracia, G. Desir, C. Marín, and N. P. Maire, "Palaeoclimatic Considerations of Talus Flatirons and Aeolian Deposits in Northern Fuerteventura Volcanic Island (Canary Islands, Spain)", *Geomorphology*, vol. 197, pp. 1-9, 2013.
- [7] J. R. Desautnettes, "Catalogue of Landforms for Indonesia : Examples of a Physiographic Approach to Land Evaluation for Agricultural Development", Soil Research Institute, Bogor, 1977.
- [8] B. Brahmanyto and Bandono, "Klasifikasi Bentuk Muka Bumi (Landform) untuk Pemetaan Geomorfologi pada Skala 1:25.000 dan Aplikasinya untuk Penataan Ruang", *Jurnal Geoaplika*, vol. 1, no. 2, pp. 71-78, 2006.
- [9] I. W. Warmada, D. Novita, A. D. Titisari, A. Setianto, and J. Setyowiyoto, "Peta Geologi Lembar Wonogiri (1408-32) Jawa Skala 1:50.000", Pusat Survei Geologi-Badan Geologi-ESDM, Bandung, 2024.
- [10] H. G. Hartono, "Geologi Gunung Api Purba Gajahmungkur, Wonogiri, Jawa Tengah", *Jurnal Ilmiah MTG*, vol. 4, no. 2, pp. 101-112, 2011.
- [11] I. Mukherjee and U. K. Singh, "Delineation of Groundwater Potential Zones in a Drought-Prone Semi-Arid Region of East India using GIS and Analytical Hierarchical Process Techniques", *Catena*, vol. 194, p. 104681, November 2020. doi: doi.org/10.1016/j.catena.2020.104681
- [12] Z. E. Mashimbye and K. Loggenberg, "A Scoping Review of Landform Classification using Geospatial Methods", *Geomatics*, vol. 3, no. 1, pp. 93-115, Januari 2023. doi: [10.3390/geomatics3010005](https://doi.org/10.3390/geomatics3010005)
- [13] A. Ghosh and B. Bera, "Landform Classification and Geomorphological Mapping of the Chota Nagpur Plateau, India", *Quaternary Science Advances*, vol. 10, p. 100082, April 2023. doi: doi.org/10.1016/j.qsa.2023.100082
- [14] S. Lin, J. Xie, J. Deng, M. Qi, and N. Chen, "Landform Classification Based on Landform Geospatial Structure - a Case Study on Loess Plateau of China", *International Journal of Digital Earth*, vol. 15, no. 1, pp. 1125–1148, Juni 2022. doi: doi.org/10.1080/17538947.2022.2088874
- [15] K. P. Marques, M. dos Santos, D. Peifer, C. L. da Silva, and P. V. Torrado, "Transient and Relict Landforms in a Lithologically Heterogeneous Post-Orogenic Landscape in the Intertropical Belt (Alto Paranaíba Region, Brazil)", *Geomorphology*, vol. 391, p. 107892, October 2021, doi: doi.org/10.1016/j.geomorph.2021.107892
- [16] A. Paszkowski, S. Goodbred Jr, E. Borgomeo, M. S. A. Khan, and J. W. Hall, "Geomorphic Change in the Ganges–Brahmaputra–Meghna Delta", *Nat Rev Earth Environ*, vol. 2, pp. 763–780, November 2021. doi: doi.org/10.1038/s43017-021-00213-4



©2025. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).