

Studi Geologi Daerah Makale Dan Sekitarnya, Kabupaten Tana Toraja, Provinsi Sulawesi Selatan

Putri Wulan Rahmawati¹, Fitryane Lihawa², Noviar Akase¹

¹ Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Gorontalo

² Program Studi Ilmu Lingkungan, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Gorontalo
e-mail: putriwulanrahmawati@gmail.com

Abstract

The Makale area, Tana Toraja, South Sulawesi (119°19'05"–120°09'16" E; 02°36'03"–03°24'13" S) features a complex geological setting with limited detailed data. This study maps its geology through 54 observation stations, thin-section petrography, geomorphological classification, and Landsat 8 band 5-6-7 lineament interpretation. Stratigraphically, the area comprises four units from oldest to youngest: Early–Middle Miocene Makale Formation limestones, classified as Foraminiferal Rudstone ($\pm 28\%$, grain-supported, 1% porosity) and Foraminiferal Packstone ($\pm 29\%$, mud-supported, 2% porosity) per Embry and Klovan (1971); the Middle Miocene–Pliocene Sekala Formation sandstone ($\pm 20\%$); and the youngest alluvial deposits ($\pm 24\%$). Geomorphologically, the terrain is divided into karst hills with tower karst morphology ($\pm 57\%$), denudational hills ($\pm 20\%$), and fluvial valleys ($\pm 24\%$). Lineament analysis reveals a dominant north–south structural trend, validated by field lithological contacts.

Keywords: Geological Study, Makale, Karst, Tower Karst, Stratigraphy, Tana Toraja

Abstrak

Daerah Makale, Tana Toraja, Sulawesi Selatan dengan koordinat 119°19'05"–120°09'16" BT dan 02°36'03"–03°24'13" LS memiliki geologi kompleks yang minim data detail. Penelitian ini memetakan kondisi geologinya melalui 54 stasiun pengamatan, analisis petrografi, klasifikasi geomorfologi, dan interpretasi struktur lewat lineament Landsat 8 band 567. Stratigrafi wilayah ini tersusun atas empat satuan dari tua ke muda: batugamping fasies Foraminifera Rudstone ($\pm 28\%$, grain-supported, porositas 1%) dan Foraminifera Packstone ($\pm 29\%$, mud-supported, porositas 2%) dari Formasi Makale berumur Miosen Awal–Tengah; satuan batupasir Formasi Sekala ($\pm 20\%$) berumur Miosen Tengah–Pliosen; serta endapan aluvial termuda ($\pm 24\%$). Secara geomorfologi, daerah ini terbagi menjadi satuan perbukitan karst dengan morfologi Tower Karst ($\pm 57\%$), perbukitan denudasional ($\pm 20\%$), dan lembah fluvial ($\pm 24\%$). Struktur regional didominasi arah kelurusan Utara–Selatan yang terkonfirmasi oleh kontak batuan di lapangan.

Kata Kunci: Studi Geologi, Makale, Karst, Tower Karst, Stratigrafi, Tana Toraja

1. PENDAHULUAN

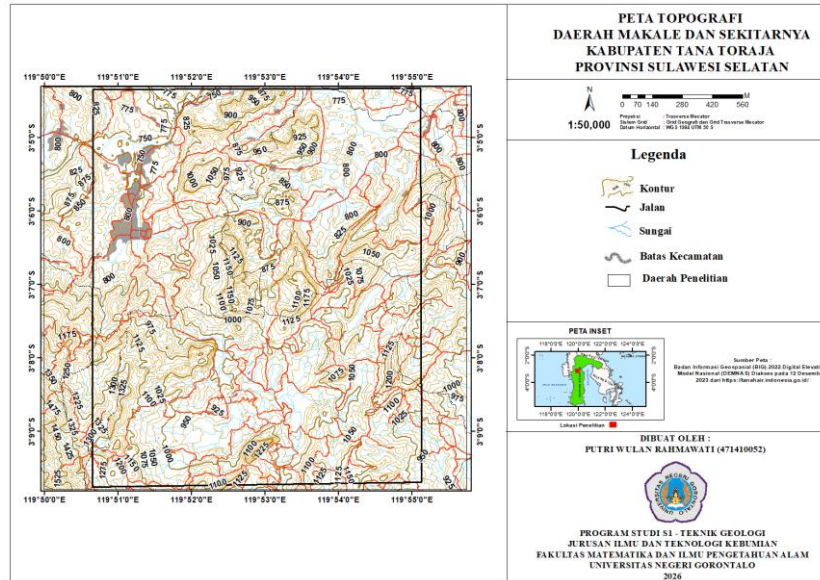
Pulau Sulawesi merupakan daerah dengan kondisi geologi kompleks, yang dipengaruhi oleh pertemuan lempeng Benua Eurasia, Lempeng Samudra Pasifik Lempeng Samudra Australia. Pertemuan ketiga lempeng ini membuat aktivitas magmatisme Tersier disepanjang lengan Selatan Sulawesi ini membentuk tatanan geologi regional yang bervariasi (Ratman & Atmawinata, 1993). Aktivitas tektonik ini selain mengangkat pegunungan dan melipat batuan dasar juga membentuk cekungan laut purba yang kemudian menjadi tempat ideal bagi batuan sedimen terutama karbonat terendapkan dengan skala masif.

Salah satu daerah yang terdapat pengendapan batuan sedimen di Sulawesi Selatan adalah daerah Makale di Kabupaten Tana Toraja. Daerah ini didominasi morfologi perbukitan karst berumur Miosen Awal sampai Miosen Tengah yang dibentuk oleh pelarutan yang sangat tinggi. Berdasarkan stratigrafi regional, batuan karbonat daerah makale menjadi tipe lokasi utama dari penamaan Formasi Makale (Tomm) (Djuri dkk., 1998). Menara – menara karst yang menjulang pada daerah makale dan sekitarnya berbatasan langsung dengan batuan sedimen klastik yang berasal dari Formasi Sekala (Tmps) dan juga di beberapa titik berbatasan dengan sisa – sisa dari batuan vulkanik.

Kondisi geologi daerah Makale yang secara regional ini sangat kompleks tetapi untuk data geologi berskala detail masih minim, acuan yang ada mejadi referensi masih pada geologi regional yang berskala 1: 250.000 (Djuri dkk., 1998). Peta regional memang sangat informatif tetapi terdapatkendala yakni masih kurang detail informasi geologinya. Minimnya infomasi geologi secara detail inilah menjadi latar belakang penelitian

studi geologi dilakukan, untuk memberikan informasi sebagai acuan untuk penelitian yang lebih lanjut, seperti digunakan dalam penentuan jalur sumber air bersih atau akuifer sekunder (Kusumah dkk., 2021), juga dapat digunakan dalam menghitung tingginya resiko gerakan tanah seperti runtuh batu dan juga longsor pada lereng perbukitan karst yang curam.

Daerah Penelitian berada di bagian utara Provinsi Sulawesi Selatan, tepatnya di kelurahan Buntu Burake Kecamatan Makale dan sebagian Kecamatan Sangalla, Kabupaten Tana Toraja. Koordinat geografis daerah penelitian dibatasi hanya pada 119°19'05"-120°09'16" BT serta 02°36'03"-03°24'13" LS. Daerah penelitian masuk dalam Peta Rupabumi Indonesia (RBI) skala 1:50.000 Lembar Makale No. 2012-64 terbitan BAKOSURTANAL.



Gambar 1. Lokasi Daerah Penelitian

2. METODE

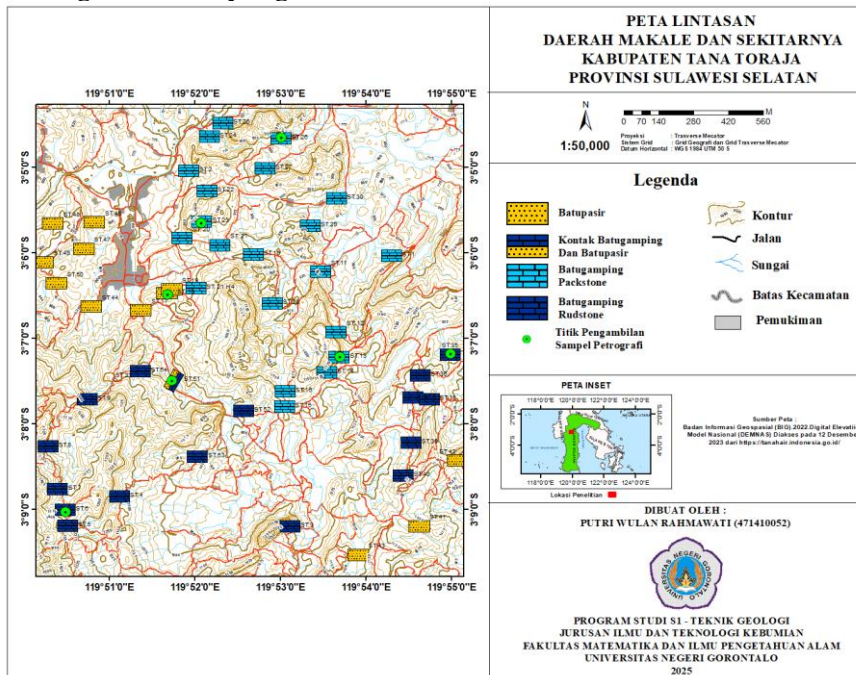
Prosedur penelitian dapat dibagi dalam tiga tahapan, meliputi persiapan, pengambilan data lapangan, dan juga pengolahan dan analisis data. tahap persiapan diisi dengan studi literatur guna memberikan informasi umum kondisi geologi regional pada daerah penelitian dengan Peta Geologi Lembar Majene dan Palopo Bagian Barat skala 1:250.000 (Djuri dkk., 1998) sebagai acuan. Informaasi awal tersebut kemudian dimanfaatkan sebagai landasan strategis untuk menentukan jalur dalam pengamatan dan pengambilan data lapangan.

Tahap kedua merupakan pengambilan data lapangan. Berfokus pada pengambilan data primer untuk validasi batas satuan bentuklahan, penutup lahan, dan kontak litologi (Hidayat & Nugroho, 2021; Wicaksono & Setiawan, 2021). Kegiatan meliputi deskripsi megaskopis batuan, pengambilan sampel, serta pengukuran data struktur berupa kedudukan lapisan (strike/dip) dan orientasi kekar (Sari & Utomo, 2024). Satuan geomorfologi daerah penelitian kemudian dapat ditentukan dan dikelompokkan dengan merujuk pada standar klasifikasi Van Zuidam (1983, 1985) berdasarkan parameter relief dan kemiringan lereng, proses morfogenesis karst, denudasional, dan aluvial (Haryono & Day, 2004; Kurniawan & Setiawan, 2024), serta pola aliran sungai lokal (Adji & Haryono, 2004).

Tahap Analisis Data, pada tahap ini sampel batuan dianalisis melalui sayatan tipis (petrografi) menggunakan mikroskop polarisasi untuk menentukan mikro-fasies batugamping (Suryani & Hermawan, 2023). Pemisahan komponen genetik fasies rudstone dan packstone diklasifikasikan berdasarkan standar Embry & Klovan (1971), sedangkan diagenesisnya dikonfirmasi dengan merujuk pada karakteristik lokal Formasi Makale (Siri & Ramli, 2018). Data kekar diolah menggunakan diagram roda (rosette diagram) untuk menentukan arah tegasan struktur lokal. Seluruh data kemudian diintegrasikan menjadi draf peta geologi dan geomorfologi akhir skala operasional daerah Makale (Van Zuidam, 1985).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Lintasan Pengamatan Lapangan



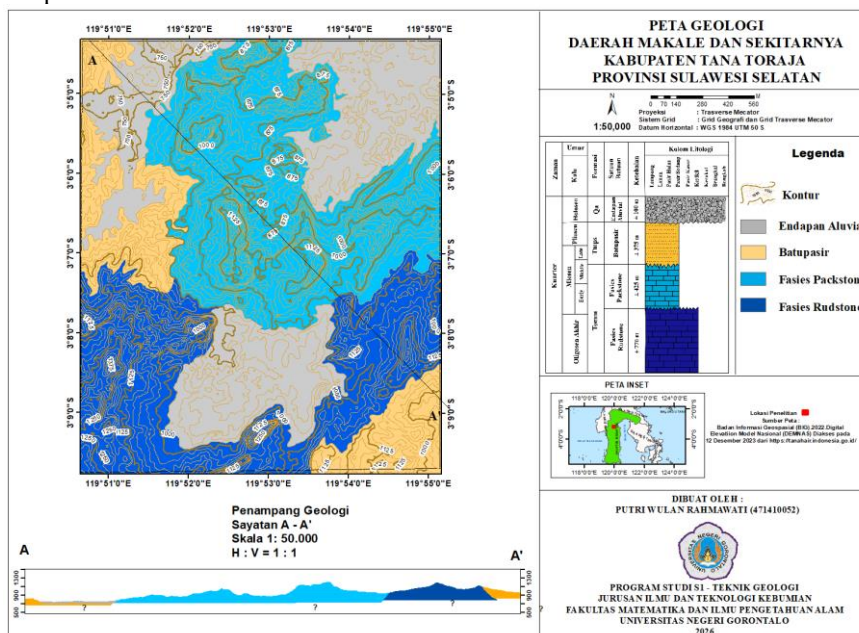
Gambar 2. Peta Lintasan Pengamatan Lapangan Daerah Penelitian

Hasil pengamatan lapangan menunjukkan bahwa daerah penelitian tersusun oleh satuan batupasir, batugamping packstone, dan batugamping rudstone. Sebaran batugamping mendominasi wilayah penelitian, sementara batupasir memiliki distribusi yang lebih terbatas. Identifikasi litologi didukung oleh analisis petrografi guna memperoleh karakteristik batuan secara mikroskopis dan membantu interpretasi stratigrafi daerah penelitian.

3.2 Geologi Daerah Penelitian

3.2.1 Stratigrafi Daerah Penelitian

Tatanan stratigrafi daerah penelitian menunjukkan keberadaan batuan yang berkorelasi dengan Formasi Makale dan Formasi Sekala. Penyusunan urutan stratigrafi didasarkan pada karakteristik litologi hasil pengamatan lapangan yang didukung oleh analisis petrografi. Berdasarkan hubungan tersebut, satuan batuan di daerah penelitian tersusun secara berurutan dari tua ke muda menjadi batugamping rudstone, batugamping packstone, batupasir, dan endapan aluvial.

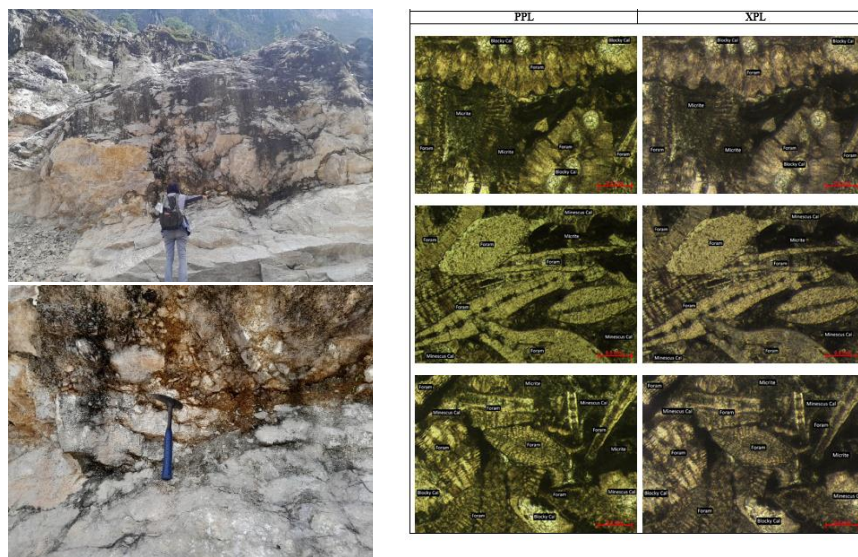


Gambar 3. Peta Geologi daerah Penelitian

a. Satuan Fasies Rudstone

Fasies ini menempati $\pm 28\%$ dari seluruh luas daerah penelitian. Fasies ini menempati perbukitan karst dengan lereng curam – sangat terjal dan singkapan pada fasies ini umumnya dijumpai pada lereng perbukitan dan juga dijumpai di beberapa jalanan umum. Singkapan umumnya dijumpai dalam keadaan segar dan di beberapa titik dijumpai dengan kondisi mulai lapuk.

Secara megaskopis, pada stasiun pengamatan dengan kode ST.6 yang memiliki titik koordinat N 03°07'29,2" E 119°51'44,8" terdapat singkapan batugamping Rudstone dengan arah pelamparan Barat Laut – Tenggara, memiliki nilai kedudukan kontak dengan batupasir N 50° E/60° SE. Satuan ini umumnya dijumpai dengan kondisi yang masih segar dengan ditandai warna batuan yang berwarna putih kekuningan, dan di beberapa titik ditemukan mulai lapuk dapat ditandai dengan warna pada batuan yang sedikit coklat gelap, ukuran butir > 2 mm, komponen – komponen seperti fosil mendominasi dan beberapa dijumpai adanya cangkang, kemas terbuka dan pemilahan buruk.



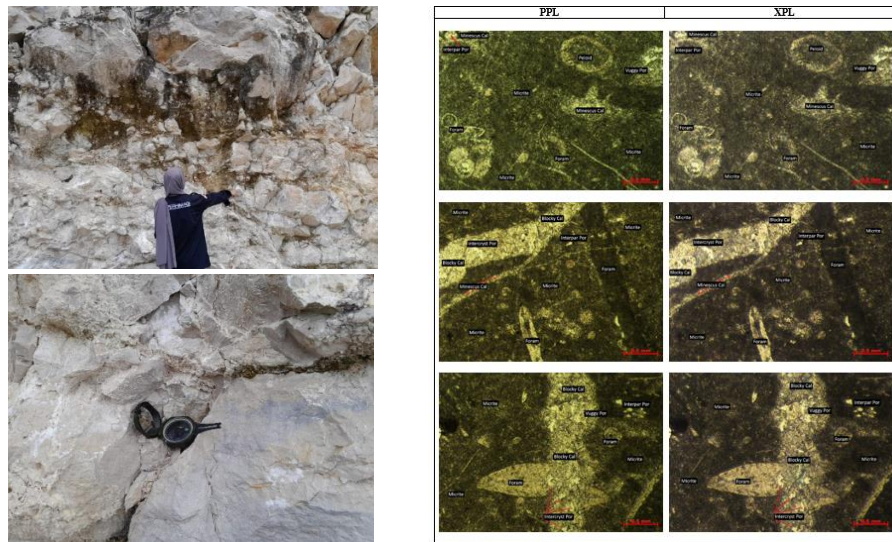
Gambar 4. Stasiun Pengamatan dan Kenampakan Sayatan Tipis Batugamping Fasies Rudstone

Berdasarkan pada hasil pengamatan analisis petrografi yang dilakukan dengan menggunakan mikroskopis, Rudstone berwarna kuning kecoklatan pada (II), warna interferensi coklat keabu – abuan, dengan ukuran partikel 0,1 – 6 mm, kelimpahan material yang berukuran > 2 mm sebanyak 63%, terstruktur grain supported, kemas tertutup. Terdapat porositas 1%, yang terdiri dari porositas vuggy dan interkristal. Berdasarkan komposisinya, batuan tersusun oleh material skeletal grain yang berupa fosil foraminifera mendominasi dibandingkan dengan mikrit maupun sparit, non-skeletal grain berupa peloid, semen karbonat berupa kalsit dengan struktur blocky dan minescus. Berdasarkan klasifikasi (Embry and Klovan, 1971) batuan ini nama petrografi yaitu Foraminifera Rudstone.

Hasil pengamatan di lapangan secara megaskopis maupun secara mikroskopis ciri fisik dari litologi yang di jumpai, dapat di setarakan dengan Formasi Makale (Tomm) yang merupakan formasi batugamping terumbu, dengan umur Miosen Awal – Miosen Tengah.

b. Satuan Fasies Packstone

Fasies ini menempati $\pm 29\%$ luas Lokasi penelitian. Fasies Packstone dengan lereng curam – terjal dan singkapan pada fasies ini dijumpai di jalanan umum serta dijumpai di lereng perbukitan. Singkapan umumnya dijumpai dalam kondisi segar dan beberapa dijumpai dalam kondisi mulai lapuk. Secara megaskopis, pada ST.23 dengan titik koordinat N 03°05'38,1" E 119°52'04,8" terdapat singkapan batugamping Packstone dengan arah pelamparan barat – timur. Berdasarkan data lapangan batugamping yang terdapat pada daerah penelitian umumnya dijumpai pada kondisi segar dengan ditandai batuan berwarna putih kekuningan, dan di beberapa titik dijumpai batuan dalam kondisi mulai lapuk ditandai dengan batuan yang berwarna coklat gelap, kemas terbuka, grain supported, ukuran butir < 2 mm, karbonatan (Embry and Klovan, 1971).



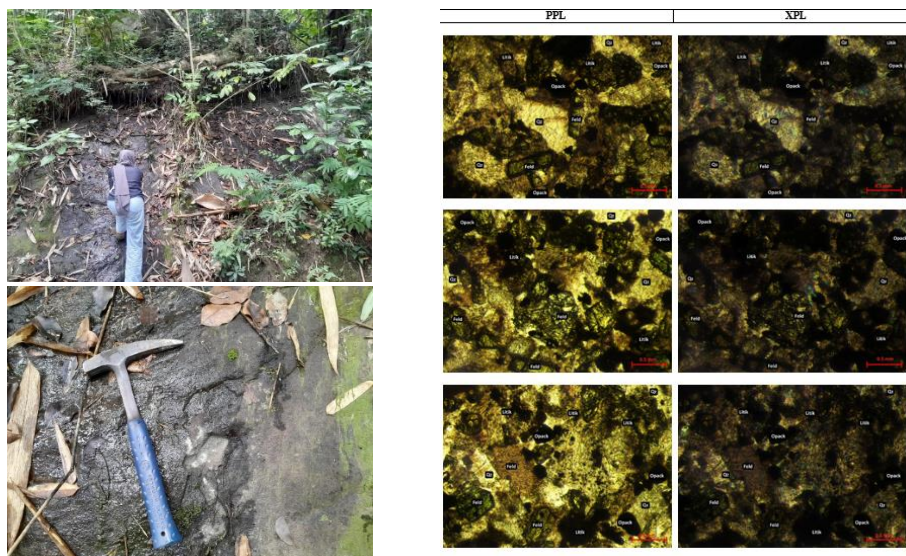
Gambar 5. Stasiun Pengamatan Batugamping dan Kanampakan Sayatan Tipis Fasies Packstone

Pengamatan mikroskopis pada sayatan tipis batuan karbonat memperlihatkan warna kuning kecokelatan dengan warna interferensi kuning gelap, tekstur *mud-supported*, dan kemas tertutup. Butiran penyusun berukuran <math><0,1-2\text{ mm}</math> tanpa adanya fraksi partikel >math>2\text{ mm}</math> (0%). Batuan ini tersusun oleh komponen *skeletal* (foraminifera) dan *non-skeletal* (peloid) di dalam matriks berupa mikrit. Jenis porositas yang berkembang meliputi intrapartikel, interkristal, serta *vuggy* dengan total persentase sebesar 2%. Semen karbonat pengisi rongga diidentifikasi sebagai kalsit yang menunjukkan struktur *blocky* dan *meniscus*. Sesuai dengan klasifikasi standar Embry & Klovan (1971), batuan karbonat ini diklasifikasikan ke dalam jenis *Foraminifera Packstone*.

Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan secara megaskopis maupun secara mikroskopis ciri fisik dari litologi packstone juga masih di setarakan dengan Formasi Makale (Tommm) yang merupakan formasi batugamping terumbu, dengan umur Miosen Awal – Miosen Tengah.

c. Satuan Batupasir

Litologi batupasir berwarna abu – abu kecokelatan, ukuran butir sedang, bentuk butir (subrounded – angular), memiliki struktur batuan masif, kemas terbuka, serta porositas sedang, mineral yang terkandung berupa kuarsa, feldspar, opak, dan fragmen litik.



Gambar 6. Stasiun Pengamatan dan Kanampakan Sayatan Tipis Batupasir

Berdasarkan hasil analisis mikroskopis pada sayatan tipis, sampel batuan sedimen klastika dari stasiun pengamatan ST.19 teridentifikasi sebagai batupasir berukuran butir rata-rata 0,4 mm. Secara tekstural, batuan ini memperlihatkan bentuk butir menyudut tanggung hingga menyudut dengan kemas tertutup dan tingkat porositas

sedang. Komposisi penyusun utamanya didominasi oleh fragmen litik sebesar 51%, kuarsa 19%, feldspar 14%, mineral opak 10%, serta matriks yang bertindak sebagai pengikat sebesar 6%.

Penyebaran satuan batupasir mencakup sekitar 20% dari luas daerah penelitian, tepatnya tersebar di sisi barat laut dan tenggara kawasan pemetaan. Secara megaskopis, satuan batupasir ini juga memiliki sisipan setempat berupa batulanau berwarna merah kecokelatan, yang pada peta geologi diwakili oleh simbol warna cokelat. Validasi terhadap satuan ini dilakukan melalui pencocokan ciri fisik litologi lapangan dengan literatur geologi regional. Melalui pendekatan tersebut, karakteristik satuan batupasir ini menunjukkan keselarasan dan dapat dibandingkan dengan Formasi Sekala (Tmps) yang berumur Miosen Tengah – Pliosen.

d. Satuan Endapan Aluvial

Satuan litologi endapan aluvial secara megaskopis terdiri dari kerakal, kerikil, pasir, lanau dan lempung yang merupakan hasil dari pelapukan dari batugamping maupun batupasir, material ini kemudian diangkut oleh aliran air dan diendapkan pada daerah dataran rendah.

Satuan endapan aluvial tersebar luas diantara bukit bukit batugamping dan batupasir. Satuan ini menempati $\pm 24\%$ dari seluruh luas daerah penelitian. Berdasarkan hasil penampang geologi pada peta geologi menunjukkan bahwa satuan endapan aluvial memiliki ketebalan sekitar 10 m. Satuan ini kemudian diberi simbol warna abu – abu pada peta geologi.

Berdasarkan pengamatan lapangan dan posisi stratigrafinya, satuan endapan aluvial satuan merupakan satuan yang termuda pada daerah penelitian, satuan ini diendapkan secara tidak selaras diatas batuan yang lebih tua.



Gambar 7. Kenampakan Endapan Aluvial

3.2.2 Geomorfologi Daerah Penelitian

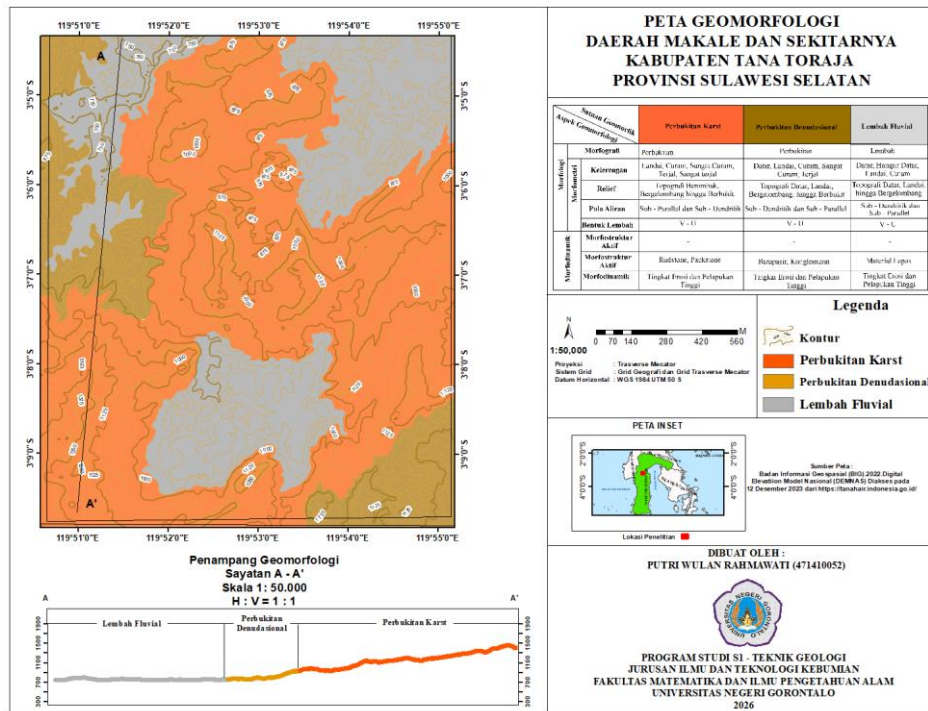
3.2.2.1 Satuan Geomorfologi Daerah Penelitian

Penentuan satuan geomorfologi daerah penelitian didasarkan pada analisis kenampakan peta topografi yang divalidasi langsung oleh data observasi lapangan. Sistem klasifikasi medan yang digunakan mengacu pada metode Van Zuidam, di mana plotting satuan bentuklahan dilakukan secara komprehensif dengan memperhatikan parameter relief, kelerengan, serta proses eksogen maupun endogen yang mempengaruhinya.

Setelah dilakukan analisis morfologi dan proses geomorfologis berdasarkan standar Van Zuidam (1985), wilayah pemetaan dikelompokkan ke dalam tiga satuan bentuklahan utama, meliputi satuan perbukitan karst, satuan perbukitan denudasional dan satuan lembah fluvial.

Morfologi pada daerah penelitian diinterpretasikan memiliki bentuk morfologi menara karst (Tower Karst) berupa bukit – bukit batugamping yang terisolir, serta morfologi denudasional dengan ciri bukit yang memiliki kelerengan landai hingga curam yang diakibatkan batuan penyusun dari morfologi denudasional merupakan batuan dengan tingkat pelapukan tinggi, akibat dari pelapukan tinggi di jumpai pada morfologi ini banyaknya di jumpai tata guna lahan berupa persawahan dan juga perkebunan.

Proses terbentuknya morfologi tersebut dipengaruhi oleh proses endogen dan eksogen, pada daerah penelitian proses eksogen yang mendominasi yakni berupa pelarutan dengan tingkat tinggi, sehingga membentuk perbukitan karst yang terisolir.



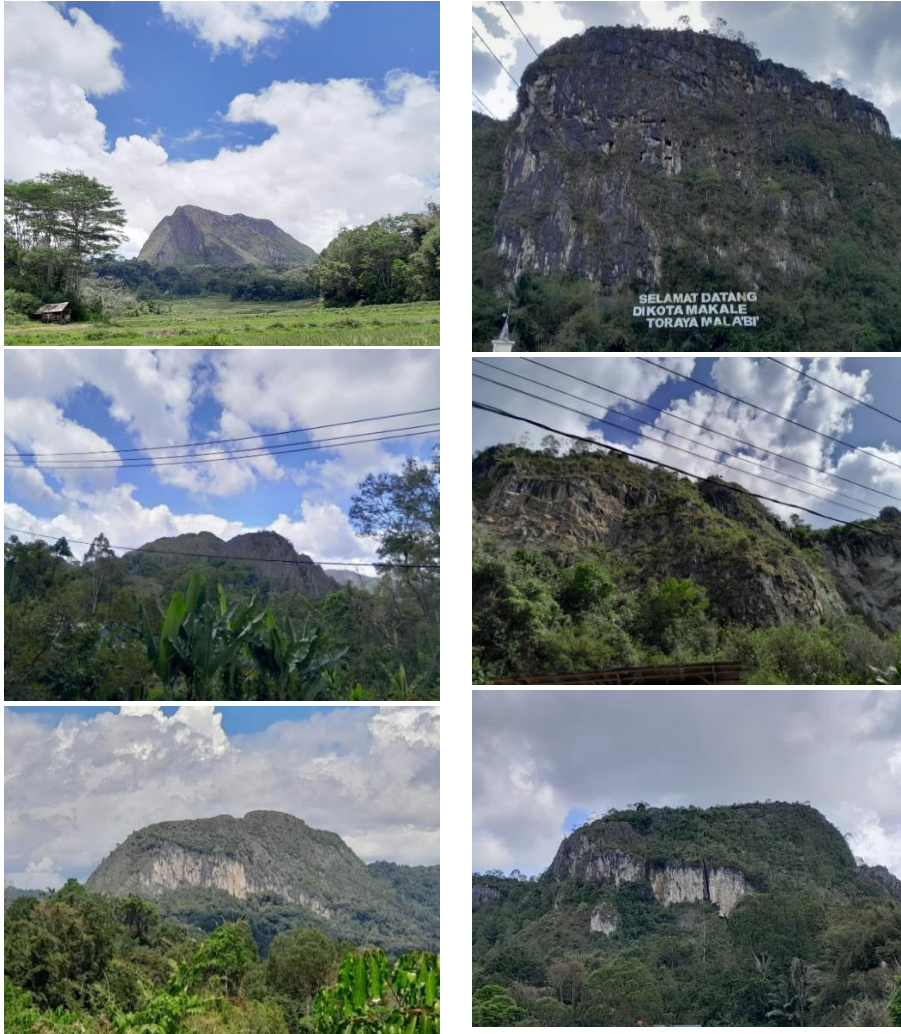
Gambar 8. Peta geomorfologi Daerah Penelitian

a. Satuan Perbukitan Karst

Satuan karst ini meliputi kurang lebih 57% luas daerah penelitian, dengan karakteristik topografi bergelombang yang didominasi oleh perbukitan terjal berpola rapat. Secara morfometri, satuan bentuklahan ini berkembang pada elevasi ketinggian antara 600–1.600 mdpl.

Karakteristik kelerengannya pada satuan ini bervariasi dari kelas landai hingga sangat terjal (Gambar 4.), di mana topografi sangat curam menjadi yang paling dominan akibat pengaruh proses pelarutan batuan karbonat. Relief yang terbentuk pada satuan ini berupa bukit-bukit terisolasi yang mengindikasikan perkembangan morfologi menara karst (*tower karst*). Satuan ini tersusun oleh litologi batuan karbonat berupa batugamping fasies rudstone dan batugamping fasies packstone. Pola aliran pada satuan karst berupa sub – dendritik dan sub – paralel, sebagian besar pola aliran pada satuan karst adalah pola sub – dendritik. Umumnya sungai – sungai yang terdapat pada satuan ini memiliki bentuk lembah “V” yang menandakan sungai dengan stadia muda, serta ditemukan juga sungai dengan bentuk lembah “U” menunjukkan sungai tersebut berupa kategori sungai stadia tua.

Morfologi yang terbentuk pada satuan ini besar dipengaruhi oleh proses eksogen yang bekerja, berupa pelarutan batugamping sehingga membentuk bukit – bukit batugamping yang curam. Berdasarkan klasifikasi morfologi karst Sweeting (1972) morfologi karst yang terbentuk pada daerah penelitian adalah Tropical Karst, berupa morfologi karst yang banyak berkembang pada kawasan dengan iklim tropis. Berdasarkan klasifikasi tersebut, morfologi karst yang berkembang di daerah penelitian dapat dikategorikan pada morfologi menara karst (Tower karst), ciri morfologi menara karst berupa adanya bukit – bukit batugamping yang terjal hingga vertikal. Bukit menara karst tersebut merupakan sisa bukit batugamping yang terletak di daerah daratan batugamping, serta pada satuan morfologi karst juga dikelilingi oleh daratan batuan yang bukan karbonat berupa batupasir.

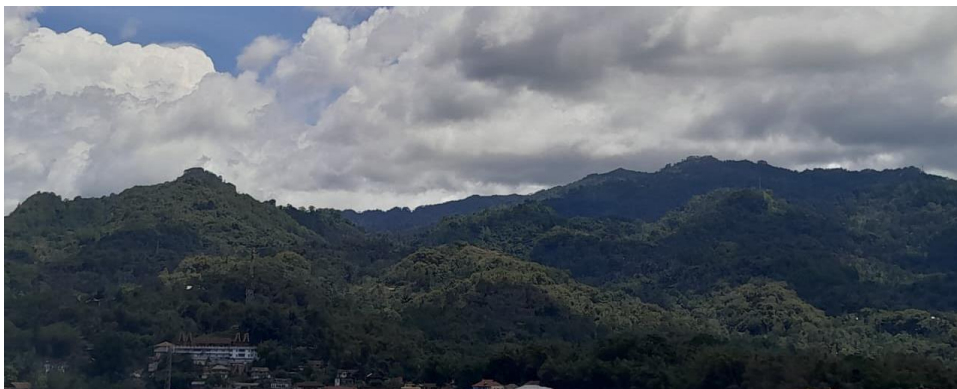


Gambar 9. Morfologi Menara Karst (Tower Karst)

b. Satuan Perbukitan Denudasional

Satuan perbukitan denudasional meliputi kurang lebih 20% luas lokasi pemetaan, dengan karakteristik topografi bergelombang yang dicirikan oleh pola kontur rapat. Secara morfometri, satuan ini berkembang pada elevasi ketinggian antara 600–1.400 mdpl.

Satuan ini memiliki kemiringan lereng yang termasuk kedalam curam – sangat curam (gambar 4.6) dengan kategori sangat curam mendominasi dengan litologi penyusun berupa batupasir, dan setempat batu lanau. Bentuk Lembah pada satuan ini berbentuk V – U yang menunjukkan stadia sungai dalam kategori sungai muda sampai sungai stadia tua.



Gambar 10. Morfologi Satuan Perbukitan Tinggi Denudasional

c. Lembah Fluvial

Satuan lembah fluvial meliputi kurang lebih 24% dari luas lokasi pemetaan, menempati area depresi di antara perbukitan karst dan perbukitan denudasional. Satuan ini dicirikan oleh pola kontur yang sangat renggang dengan elevasi morfometri berkisar antara 750–1.050 mdpl.

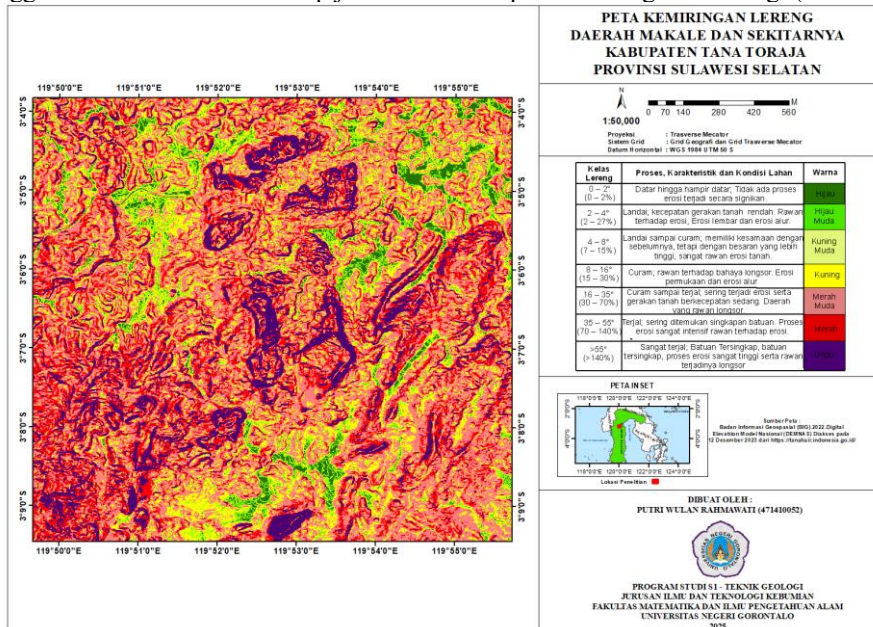
Satuan ini memiliki kemiringan lereng yang termasuk ke dalam klasifikasi datar – hampir datar (0 – 2%) berdasarkan klasifikasi Van Zuidam (1985). Litologi penyusun pada satuan ini berupa endapan aluvial yang merupakan material lepas hasil pelapukan dan erosi dari batuan yang lebih tua, terdiri dari material berukuran lempung, lanau, hingga pasir, serta fragmen batuan rombakan dari formasi di sekitarnya. Bentuk lembah pada satuan ini cenderung melebar (berbentuk U terbuka) yang menunjukkan stadia sungai dalam kategori sungai dewasa.



Gambar 11. Morfologi Satuan Lembah Fluvial

3.2.2.2 Kemiringan lereng daerah penelitian

Kemiringan lereng merupakan aspek penting dalam morfologi lahan yang mampu memberikan beragam informasi terkait proses – proses pembentukan dari bentuk lahan atau morfologi. Lereng sendiri dapat diartikan sebagai kondisi dimana lereng yang terbentuk oleh permukaan bumi yang memiliki sudut tertentu yang dinyatakan dalam nilai persen (Van Zuidam, 1983). Sudut kemiringan lereng dipengaruhi oleh proses – proses geomorfik seperti erosi, sedimentasi maupun oleh struktur geologi. Lereng dengan sudut kemiringan yang besar umumnya menunjukkan tingkat aktivitas erosi yang tinggi, pada daerah penelitian tingkat erosi dan sedimentasi tinggi hingga membentuk morfologi bukit – bukit terjal. Secara keseluruhan, nilai kemiringan lereng dapat merepresentasikan perbedaan ketinggian secara vertikal terhadap jarak horizontal pada satuan geomorfologi (Van Zuidam, 1983).

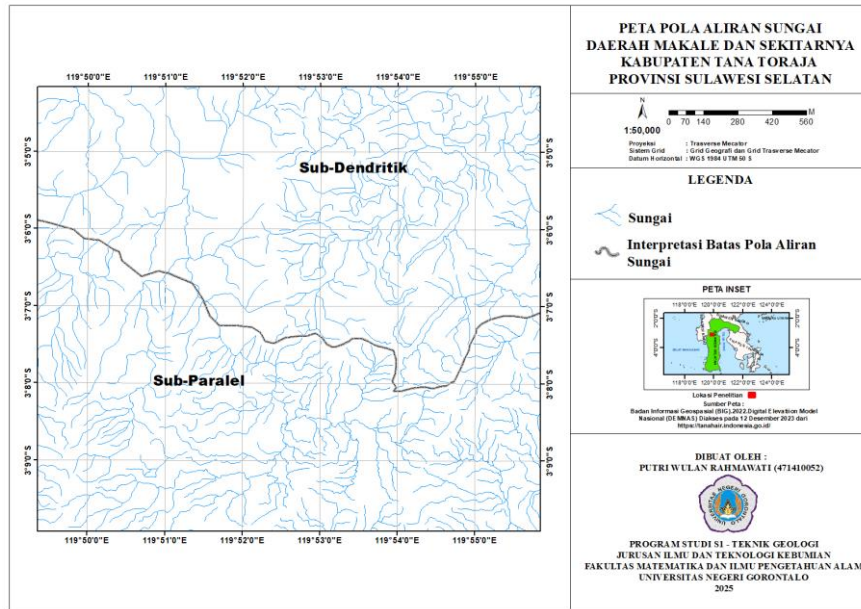


Gambar 12. Peta Kelas Kemiringan Lereng Daerah Penelitian (Van Zuidam, 1983)

3.2.2.3 Pola Aliran Sungai Daerah Penelitian

Pola aliran yang terdapat pada daerah penelitian diinterpretasikan sebagai pola aliran sub – paralel dan sub – dendritik berdasarkan pada Van Zuidam (1983). Pola ini umumnya ditemukan pada batuan sedimen, pola dendritik umumnya berkembang pada daerah dengan litologi sedimen serta struktur geologi yang lemah, dengan pola aliran yang menyerupai cabang pohon. Sedangkan pola sub – paralel merupakan pola yang berkembang di daerah berlereng miring, pola aliran sungai ini mengalir hampir sejajar dan memiliki cabang yang tidak terlalu banyak.

Daerah penelitian memiliki stadia sungai dengan kenampakan U untuk sungai dengan stadia muda, dan kenampakan V untuk sungai dengan stadia tua.



Gambar 13. Peta Pola Aliran Sungai Daerah Penelitian



Gambar 14. Kenampakan Sungai Stadia Muda

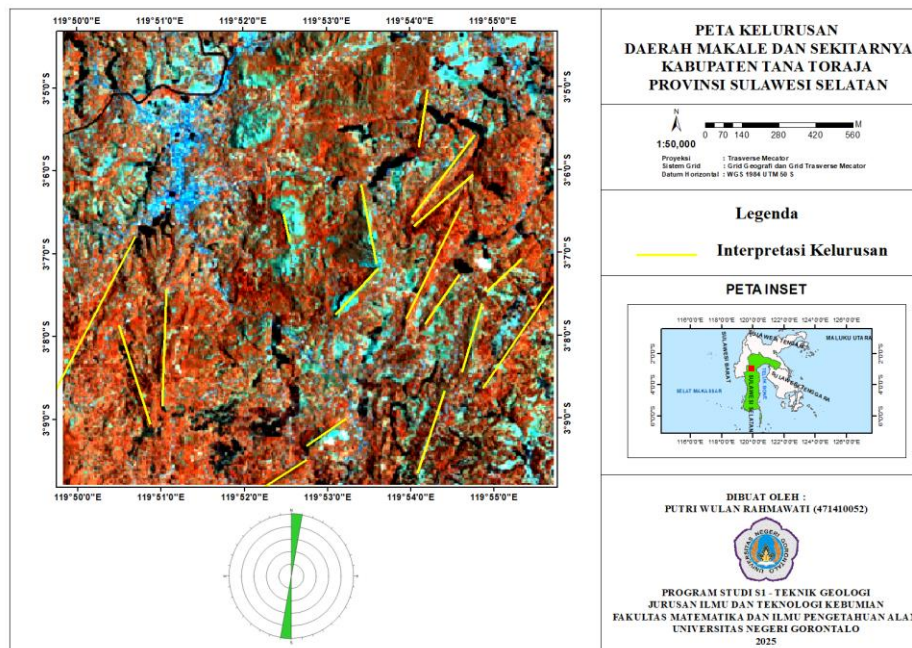


Gambar 15. Kenampakan Sungai STadia Tua

3.2.3 Struktur Geologi Daerah Penelitian

Analisis struktur geologi pada daerah penelitian dilakukan dengan metode analisis lineament dari hasil pengolahan Citra Landsat 8, kombinasi band di lakukan guna memperlihatkan fitur geologi salah satunya adalah pola indikasi kelurusan (lineament). Kombinasi kanal (color composite) citra Landsat 8 menggunakan band 5, 6, dan 7 merupakan kanal infra merah, serta menghasilkan citra komposite dengan warna semu (pseudocolor). Color composite RGB 567 sangat cocok untuk pengamatan struktur geologi berupa lineament karena kombinasi ini menampilkan morfologi yang cukup jelas. Pengamatan visual citra Landsat 8 dapat digunakan untuk menginterpretasi pola lembah – lembah yang memanjang, puncak bukit – bukit karst terisolir maupun lereng.

Berdasarkan hasil interpretasi kelurusan (lineament) pada citra Landsat 8 dengan kombinasi band 567 pada daerah penelitian, maka memiliki arah umum dari kelurusan Utara – Selatan. Serta struktur yang teramati di lapangan berupa kontak batuan.



Gambar 16. Peta Pola kelurusan Daerah Penelitian

4. KESIMPULAN

Berdasarkan pemetaan geologi yang dilakukan pada daerah Makale dan sekitarnya, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut.

Tatanan stratigrafi daerah penelitian tersusun oleh empat satuan dari yang paling tua hingga termuda. Batugamping fasies Rudstone dan Packstone menempati masing-masing sekitar 28% dan 29% luas daerah penelitian, keduanya disetarakan dengan Formasi Makale (Tomm) berumur Miosen Awal–Miosen Tengah. Perbedaan keduanya terletak pada tekstur pengendapan: Rudstone bersifat *grain supported* dengan butiran foraminifera mendominasi dan porositas 1%, sementara Packstone bersifat *mud supported* dengan matriks mikrit yang lebih dominan dan porositas 2%. Satuan batupasir yang menempati sekitar 20% daerah penelitian di bagian Barat Laut dan Tenggara dikorelasikan dengan Formasi Sekala (Tmps) berumur Miosen Tengah–Pliosen. Satuan endapan aluvial sebagai satuan termuda menempati sekitar 24% luas wilayah, mengisi lembah-lembah antar perbukitan dengan ketebalan diperkirakan sekitar 10 meter.

Secara geomorfologi, daerah penelitian terbagi menjadi tiga satuan. Satuan perbukitan karst mendominasi dengan luas $\pm 57\%$, dicirikan oleh morfologi Tower Karst — bukit-bukit batugamping terjal yang terisolir — hasil pelarutan intensif yang tergolong Tropical Karst menurut klasifikasi Sweeting (1972). Satuan perbukitan denudasional menempati $\pm 20\%$ dengan lereng curam hingga sangat curam, tersusun oleh batupasir yang lebih mudah lapuk. Satuan lembah fluvial seluas $\pm 24\%$ menempati depresi antar perbukitan dengan topografi datar hingga hampir datar dan lembah berbentuk U terbuka yang mencirikan stadia sungai dewasa.

Analisis lineament pada citra Landsat 8 dengan komposit band 567 menghasilkan arah kelurusan dominan Utara–Selatan pada daerah penelitian, yang dikonfirmasi oleh kenampakan kontak batuan di lapangan. Pola kelurusan ini mencerminkan kontrol struktur geologi terhadap tatanan morfologi yang berkembang, terutama dalam mengarahkan pola bukit-bukit karst terisolir dan lembah-lembah memanjang yang teramati pada citra.

DAFTAR PUSTAKA

- BAKOSURTANAL. (2000). Peta Rupabumi Indonesia Lembar Makale, No. 2012-64, Skala 1:50.000, Edisi I. Badan Koordinasi Survei dan Pemetaan Nasional, Cibinong, Bogor.
- Djuri, Sudjatmiko, Bachri, S., & Sukanto, R. (1998). Peta Geologi Lembar Majene dan Palopo, Sulawesi (Skala 1:250.000). *Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi (P3G)*, Bandung.
- Dunham, R. J. (1962). Classification of carbonate rocks according to depositional texture. In: Ham, W.E. (Ed.), *Classification of Carbonate Rocks. American Association of Petroleum Geologists (AAPG) Memoir*, 1, 108-121.
- Embry, A. F., & Klovan, J. E. (1971). A Late Devonian reef tract on Northeastern Banks Island, NWT. *Bulletin of Canadian Petroleum Geology*, 19(4), 730-781.
- Haryono, E., Adji, T.N., 2004. Geomorfologi dan Hidrologi Karst. Yogyakarta. Kelompok Studi Karst Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada.
- Haryanto, E., Dkk. 2014. Pedomam Praktis Survey Terintegrasi Kawasan Karst. Yogyakarta. Badan Penerbit Fakultas Geografi (BPPFG) Universitas Gadjah Mada.
- Hidayat, R., & Nugroho, A. (2021). Metode Pemetaan Geologi Permukaan dan Validasi Kontak Litologi Terintegrasi. *Jurnal Sains dan Teknologi Sains Bumi*, 6(1), 12-25.
- Kurniawan, I., & Setiawan, B. (2024). Analisis Spasial Proses Denudasional dan Aluvial pada Zona Transisi Pegunungan dan Lembah. *Jurnal Geomorfologi Indonesia*, 8(1), 89-102.
- Ratman, N., & Atmawinata, S. (1993). Peta Geologi Lembar Mamuju, Sulawesi (Skala 1:250.000). *Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi (P3G)*, Bandung.
- Sari, D. P., & Utomo, R. H. (2024). Analisis Struktur Kekar dan Sesar Menggunakan Metode Stereografis untuk Penentuan Gaya Tektonik. *Jurnal Geologi Terapan*, 12(2), 114-128.
- Suryani, A., & Hermawan, T. (2023). Petrografi Batuan Karbonat: Panduan Deskripsi Mikrofasis dan Lingkungan Pengendapan. *Penerbit ITB*, Bandung.
- Sweeting, M. M. (1972). Karst Landforms. *Macmillan Publishers*, London.
- Van Zuidam, R. A. (1985). Aerial Photographic-Interpretation in Terrain Analysis and Geomorphologic Mapping. International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences (ITC), Enschede, The Netherlands.