



GEOLOGI DAERAH LANSOT DAN SEKITARNYA, KECAMATAN TARERAN, KABUPATEN MINAHASA SELATAN, SULAWESI UTARA

B. D. Mewengkang, A. J. Momongan, dan H. D. Rachmadhan

*1Universitas Prisma/ Departemen Geologi/ Geofisika/ Jl. Pomorouw No. 113, Kel. Tikala Baru, Kec. Tikala, Manado, Sulawesi Utara 2Pusat Kajian
Bencana dan Pengembangan Sumber Daya Alam (PKBPSDA) Universitas Prisma Manado, Jl. Pomorouw No. 113, Kel. Tikala Baru, Kec. Tikala,
Manado, Sulawesi Utara*

Corresponding author: ianberliano@gmail.com

ABSTRAK

Daerah penelitian berlokasi di Sulawesi Utara lebih tepatnya di Desa Lansot, Kecamatan Tareran, Kabupaten Minahasa Selatan. Penelitian ini bertujuan mengkaji kondisi geologi seperti parameter geomorfologi, stratigrafi, petrologi, petrografi, serta penyusun sejarah geologinya yang akan dimuat dalam peta berskala 1 : 25.000. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis citra SRTM, pengamatan lapangan, serta analisis laboratorium terhadap sampel batuan. Secara geomorfologi Daerah Penelitian terbagi atas tiga satuan bentuk lahan yaitu; Perbukitan Sisa (VD4), Lereng Gunungapi Tertoreh (VD2), dan Aliran Punggungan Piroklastik (V12). Secara stratigrafi Daerah Penelitian tersusun secara tua ke muda; Tuff Rumoong Lansot, Tuff Lapi, dan Tuff Tumuluntung. Struktur geologi daerah penelitian merupakan hasil deformasi batuan dan kerak bumi yang berlangsung selama ribuan tahun. Sejarah geologi daerah penelitian dimulai saat daerah penelitian masih menjadi bagian gunung tondano purba yang nantinya akan hancur akibat erupsi eksplosif yang menyebabkan lahirnya gunung – gunung api yang menjadi sumber batuan vulkanik muda (Qv).

Kata kunci: Pemetaan Geologi, Geomorfologi, Stratigrafi, Struktur Geologi.

PENDAHULUAN

LATAR BELAKANG PENELITIAN

Pemetaan geologi adalah aktivitas untuk mengabadikan keterangan geologi dari batuan yang terdapat di permukaan bumi. Informasi yang nantinya akan dicari di lapangan hanya mencakup beberapa unsur antara lain yaitu jenis satuan batuan, geomorfologi, dan duktur geologi yang ada di daerah penelitian. Pemetaan geologi nantinya akan memberikan hasil berupa deskripsi satuan batuan yang tersingkap dan penyebaran litologi, proses geologi geomorfologi pada daerah penelitian, dan struktur geologi yang ada pada daerah penelitian, sehingga dari ketiga hasil tersebut peneliti dapat merekonstruksi sejarah geologi yang ada pada daerah penelitian.

Di Sulawesi Utara telah banyak dilakukan pemetaan geologi oleh para ahli akan tetapi pemetaan yang dilakukan banyak yang masih bersifat umum menggunakan skala yang regional, sehingga diperlukan adanya pemetaan di daerah Sulawesi Utara bersifat lokal untuk mengetahui kondisi geologi lebih rinci di suatu

daerah Sulawesi Utara berdasarkan hal tersebut, Penulis melakukan pemetaan geologi pada daerah Desa Lansot dan sekitarnya, Kecamatan Tareran, Kabupaten Minahasa Selatan, Provinsi Sulawesi Utara dengan skala 1:25.000. Walaupun cakupan luas daerah penelitian yang relatif kecil tetapi penulis berharap dapat menyajikan kondisi dan potensi geologi yang spesifik sehingga dapat membantu pembangunan ataupun pengembangan daerah penelitian.

Daerah penelitian terletak di Desa Lansot, Kecamatan Tareran, Kabupaten Minahasa Selatan, Provinsi Sulawesi dengan luasan daerah penelitian mencakup 25.000 Km² dengan skala 1:25.000. Daerah penelitian memiliki morfologi yang relatif bervariasi sehingga memungkinkan adanya medan berupa air terjun yang potensial untuk dikembangkan sebagai sarana geowisata.

RUMUSAN MASALAH

1. Apa saja parameter geomorfologi yang terdapat pada daerah penelitian
2. Apa saja susunan stratigrafi yang terdapat daerah penelitian
3. Struktur geologi yang berkembang pada daerah penelitian
4. Potensi geologi daerah penelitian
5. Bagaimana sejarah geologi daerah penelitian

MAKSUD DAN TUJUAN PENELITIAN

Maksud dari dilakukannya penelitian adalah untuk melakukan pemetaan geologi permukaan bumi yang nantinya akan menghasilkan peta geologi daerah penelitian Desa Lansot dan Sekitarnya, Kecamatan Tareran, Kabupaten Minahasa Selatan, Provinsi Sulawesi Utara.

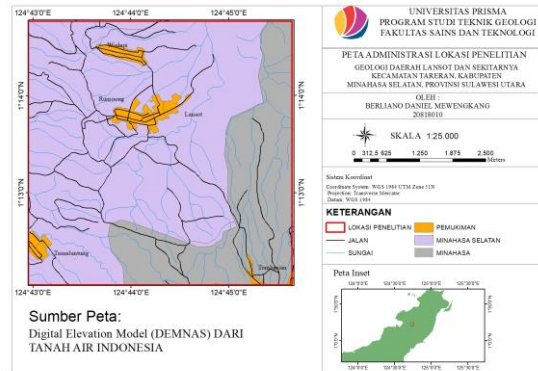
Adapun tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengetahui dan memetakan parameter geologi seperti geomorfologi, stratigrafi, dan struktur yang berkembang di daerah penelitian yang nantinya dimuat dalam peta berskala 1:25.000 serta dapat menjabarkan Sejarah geologi pada daerah penelitian berdasarkan parameter geologi yang ditemukan di daerah penelitian.

BATASAN MASALAH

1. Aspek geomorfologi seperti morfografi, morfometri, dan morfogenesis.
2. Pola pengaliran sungai berdasarkan klasifikasi Howard (1967).
3. Kemiringan lereng berdasarkan klasifikasi Van Zuidam (1985).
4. Satuan geomorfologi berdasarkan klasifikasi Bentuk Muka Bumi (BMB) oleh Brahmatoyo (2006) yang didapati pada daerah penelitian.
5. Aspek stratigrafi berdasarkan analisis megaskopis dan mikroskopis pada batuan yang didapati pada daerah penelitian.
6. Struktur geologi yang berkembang pada daerah penelitian

LOKASI PENELITIAN

Daerah penelitian berada di desa Lansot, kecamatan Tareran, kabupaten Minahasa Selatan, Sulawesi Utara. Yang berjarak 52 Km dari kota Manado dengan waktu tempuh jika menggunakan kendaraan selama 1 jam 30 menit. Daerah penelitian dengan skala 1:25.000 seperti yang terdapat pada (Gambar 1).



Gambar 1. Peta Administrasi Lokasi Penelitian.

MANFAAT PENELITIAN

- Menambah ketrampilan dalam melakukan pemetaan geologi di lapangan bagi seorang geologist.
- Penelitian ini dapat menjadi referensi bagi para peneliti selanjutnya untuk melanjutkan penelitian ini dengan mengangkat studi kasus.
- Penelitian ini bisa menambah wawasan bagi masyarakat sekitar dalam pengetahuan dasar tentang batuan dan kesadaran akan potensi geologi yang dapat dimanfaatkan disekitar daerah penelitian.

METODE PENELITIAN

Metode pada penelitian yang digunakan yaitu survey lapangan dengan mengamati langsung kondisi geologi permukaan pada daerah penelitian yang didalamnya terdapat geomorfologi, stratigrafi dan juga struktur geologi. Dari hasil tersebut kemudian dikumpulkan dan di olah dalam bentuk laporan penelitian ilmiah berupa Tugas Akhir.

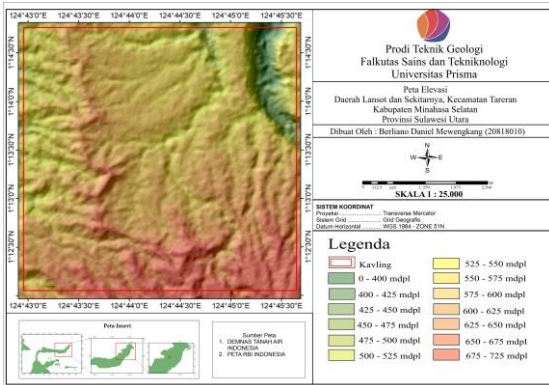
HASIL DAN PEMBAHASAN

GEOMORFOLOGI DAERAH PENELITIAN

Berdasarkan hasil dari lapangan dan dilakukannya analisis aspek – aspek geomorfologi terutama aspek morfografi, pola aliran sungai, stadia sungai, morfometri dan morfodinamik maka didapati geomorfologi daerah penelitian yang akan dijelaskan seperti di bawah ini.

MORFOGRAFI

Data morfografi dapat diperoleh melalui analisis dan pengamatan pada ketinggian kontur dilapangan. Berdasarkan elevasi ketinggian konturnya daerah penelitian berlokasi pada ketinggian 400 mdpl sampai 725 mdpl. Tentunya dengan rentang elevasi yang relatif tinggi tidak berdampak pada ketinggian absolut secara signifikan. Berdasarkan klasifikasi Zuidam (1985) daerah penelitian termasuk dalam bentuk lahan perbukitan. Peta elevasi ketinggian daerah penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.



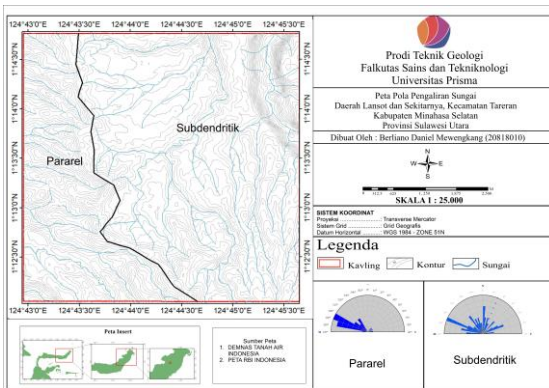
Gambar 2. Peta Elevasi Daerah Penelitian



Gambar 4. Stadia Sungai Muda Daerah Penelitian

POLA ALIRAN SUNGAI

Berdasarkan hasil analisis peta topografi dan pengamatan secara langsung dilapangan yang mendasarkan bentuk arah aliran Sungai, kemiringan lereng, dan lithologinya, dan berdasarkan klasifikasi Howard (1967), maka pola aliran sungai yang ada pada daerah penelitian adalah paralel dan subdendritik yang dapat dilihat pada peta pola pengaliran sungai (Gambar 3).



Gambar 3. Peta Pola Pengaliran Sungai Daerah Penelitian

Pola pengaliran paralel memiliki arah relatif sejajar, mengalir pada daerah kemiringan lereng sedang sampai curam. Pola aliran jenis ini terdapat di sebelah barat laut sampai selatan pada daerah penelitian.

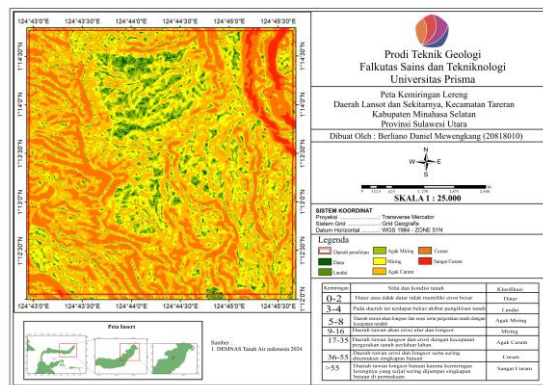
Pola aliran subdendritik merupakan pola aliran ubahan dari dendritik yang awalnya simetris membentuk sudut lancip khas dendritik menjadi kurang simetris atau tidak teratur. Pola pengaliran ini terdapat di sebelah utara sampai tenggara pada peta pola pengaliran

STADIA SUNGAI

Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan, stadia sungai yang dimiliki oleh daerah penelitian dapat digolongkan menjadi sungai stadia muda dikarenakan tidak adanya keterdapatan *pointbarI* yang merupakan endapan sedimen yang menjadi penciri sungai stadia dewasa

MORFOMETRI

Berdasarkan peta kemiringan lereng maka klasifikasi lereng berdasarkan (Zuidam, 1985) pada daerah penelitian didapati 7 kelas lereng yaitu, datar (0^0-2^0) yang ditunjukkan warna hijau tua, landai (3^0-4^0) yang ditunjukkan warna hijau, agak miring (5^0-8^0) yang ditunjukkan warna hijau kekuningan, Miring (9^0-16^0) yang ditunjukkan warna kuning, agak curam (17^0-35^0) yang ditunjukkan warna oranye, curam (36^0-55^0) yang ditunjukkan warna oranye tua, dan sangat curam (lebih dari 55^0) yang ditunjukkan warna merah. Kemiringan lereng pada daerah penelitian didominasi oleh miring hingga agak curam.



Gambar 5. Peta Kemiringan Lereng Daerah Penelitian

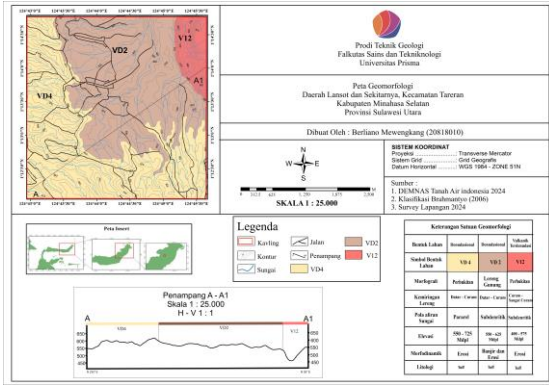
MORFODINAMIK

Berdasarkan hasil analisis lapangan, ditemukan bahwa salah satu proses geomorfologi yang terjadi adalah proses morfodinamik, yaitu erosi tebing sungai yang diakibatkan adanya proses pengikisan material pada dinding sungai akibat tekanan air.

GEOMORFOLOGI DAERAH PENELITIAN

Sesudah melakukan analisis pada daerah penelitian seperti morfografi, pola aliran sungai dengan

dua tipe aliran sungai yaitu paralel dan subdendritik, stadia sungai yang berupa stadia sungai muda, morfometri yang berupa kemiringan lereng yang ada pada daerah penelitian yang di dominasi miring sampai curam, serta morfodinamik seperti erosi tebing sungai, maka peta geomorfologi yang ada pada daerah penelitian adalah seperti pada Gambar 6.



Gambar 6 Peta Geomorfologi Daerah Penelitian

Terdapat 3 Satuan Geomorfologi yang pertama Satuan Geomorfologi Perbukitan Sisa (VD4), Lereng Gunungapi Tertoreh (VD2), dan Aliran Punggungan Piroklastik (V12)

SATUAN PENGUNUNGAN SISA (VD4)

Satuan geomorfologi perbukitan sisa (VD4) memiliki wilayah terluas kedua pada daerah penelitian dengan mencakup 40% yang memanjang dari barat laut sampai Tenggara. Satuan geomorfologi ini memiliki jenis pola pengaliran sungai bertipe paralel dan subdendritik, kemiringan lereng berkisar datar sampai curam, dan memiliki elevasi berkisar 500 mdpl sampai 725 mdpl. Satuan ini ditandai pada dengan warna krem pada peta geomorfologi pada Gambar 6. Untuk bentuk dari satuan perbukitan sisa dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Satuan Perbukitan Sisa

SATUAN LERENG GUNUNGAPI TERTOREH (VD2)

Satuan geomorfologi lereng gunung api tertoreh (VD2) memiliki wilayah terluas yang tersebar di tengah daerah penelitian dengan mencakup sekitar 55% yang terdapat di tengah memanjang ke utara. Satuan geomorfologi ini memiliki jenis pola pengaliran subdendritik, kemiringan lereng berkisar datar sampai curam, dan memiliki elevasi berkisar 550 mdpl sampai 625 mdpl. Satuan ini ditandai dengan warna coklat pada peta geomorfologi pada Gambar 6. Untuk bentuk dari satuan lereng gunung api tertoreh dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Satuan Geomorfologi Lereng Gunungapi Tertoreh

SATUAN ALIRAN PUNGGUNGAN PIROKLASTIK (V12)

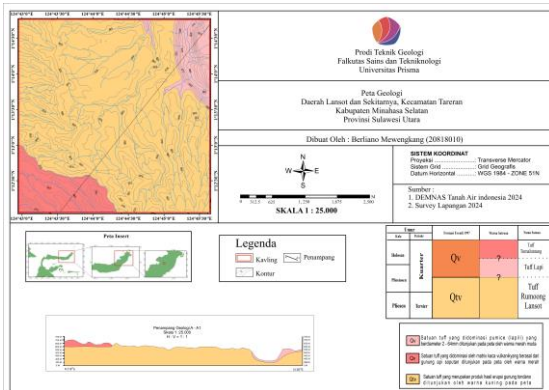
Satuan geomorfologi Aliran Punggungan Piroklastik (V12) terdapat pada bagian timur laut pada peta dengan luas terkecil diantara satuan geomorfologi lainnya dengan luas mencakup 5% satuan ini berada di sebelah timur laut. Satuan geomorfologi ini memiliki jenis pola pengaliran subdendritik, kemiringan lereng berkisar curam (36^o-55^o) sampai sangat curam (lebih dari 55^o) dan memiliki elevasi berkisar 400 mdpl sampai 575 mdpl. Satuan ini ditandai dengan warna merah pada peta geomorfologi pada Gambar 6 untuk bentuk satuan ini dapat dilihat pada Gambar 9



Gambar 9 Satuan Geomorfologi Aliran Punggungan Piroklastik

STRATIGRAFI DAERAH PENELITIAN

Stratigrafi yang terdapat pada daerah penelitian dapat dibagi menjadi beberapa satuan batuan berdasarkan pada hasil pengamatan dan interpretasi pengolahan data. Dalam melakukan klasifikasi penamaan satuan batuan dengan memperhatikan karakteristik litologi seperti warna, tekstur, komposisi, struktur batuan. Peta geologi seperti (Gambar 10).



Gambar 10. Peta Geologi Daerah Penelitian

Kolom stratigrafi yang ada pada daerah penelitian terdapat pada (Gambar 25) dengan menggunakan formasi dikemukakan oleh (Effendi, 1997). Terdapat tiga Formasi Satuan pada daerah penelitian yaitu dari Qv, Qtv dan Qtvl.

Umur		Formasi Evendi 1997	Warna Satuan	Nama Satuan
Kala	Periode			
Holosen	Kuartar	Qv	?	Tuff Tumulung
			?	Tuff Lapi
Pliosen	Tersier	Qtv	?	Tuff Rumoong Lansot

Gambar 11. Kolom Stratigrafi Daerah Penelitian

SATUAN TUFF TUMALUNTING

Satuan ini merupakan hasil dari erupsi gunung api di sebelah barat daya yaitu gunung soputan, memiliki warna putih keabu-abuan yang tersebar di sekitar desa tumalung. Satuan ini termasuk dalam formasi Qv atau batuan gunung api muda berdasarkan peneliti sebelumnya (Effendi, 1997).



Gambar 12. Satuan Tuff Tumulung

SATUAN TUFF LAPI

Satuan ini terdiri dari tuff dengan fragmen yang berukuran 2 – 64 mm warna putih kehitaman yang tersebar di area desa Lapi hingga desa Lansot, dan satuan ini bersumber dari gunung api di sebelah timur laut. termasuk dalam formasi Qv atau batuan gunung api muda berdasarkan peneliti sebelumnya (Effendi, 1997).



Gambar 13. Satuan Tuff Lapi

SATUAN TUFF RUMOONG LANSOT

Satuan ini terdiri dari tuff yang sudah mengalami pelapukan memiliki warna kuning kecoklatan yang tersebar di daerah penelitian. Satuan ini terbentuk dari hasil erupsi gunung purba yang dahulu pernah ada yaitu gunung purba tondano. Satuan ini termasuk dalam formasi Qtvl atau Tufa Tondano yang telah mengalami pelapukan berdasarkan peneliti sebelumnya (Effendi, 1997).

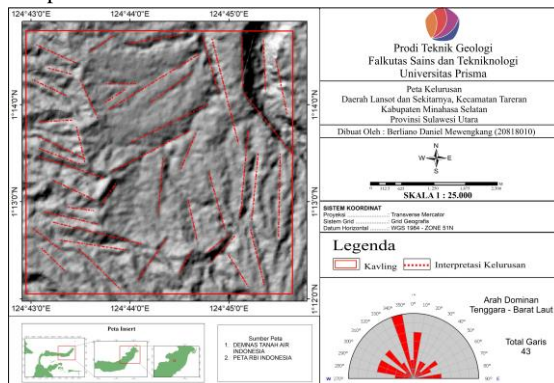


Gambar 14. Satuan Tuff Rumoong Lansot

STRUKTUR GEOLOGI DAERAH PENELITIAN

Struktur geologi dapat disebabkan oleh adanya gaya yang mendeformasi batuan, sehingga batuan tersebut dapat berubah bentuknya. Hal ini mengkonfirmasi bahwa daerah penelitian dikontrol oleh deformasi dari kerak bumi dan batuan yang telah terjadi selama ratusan bahkan ribuan tahun. Tidak ditemukan data struktur yang cukup mendetail pada daerah penelitian.

Berdasarkan analisis yang dilakukan pada daerah penelitian untuk Kemelurusan Struktur dengan menggunakan *shuttle radar topography mission (srtm)* sehingga digunakanlah peta kelurusan untuk mengetahui arah tegasan utama daerah penelitian yaitu tenggara sampai barat laut.



Gambar 15. Peta Kelurusan Daerah penelitian

POTENSI GEOLOGI DAERAH PENELITIAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan pada lokasi penelitian, peneliti mendapati potensi geologi yang ada pada daerah penelitian yaitu berupa sarana geowisata air terjun yang dapat diakses melalui desa Wiau Lapi.

SEJARAH GEOLOGI DAERAH PENELITIAN

1. Awalnya daerah penelitian yang berlokasi di desa lansot dan sekitarnya merupakan bagian dari gunung purba tondano yang diperkirakan ada pada masa Tersier hingga kuartar hal inilah yang menyebabkan satuan Tuff Tondano (Qtv) bisa terdapat pada daerah penelitian.
2. Gunung purba tondano mengalami erupsi eksplosif pada plistosen akhir yang menyebabkan terbentuknya kaldera yang dikenal dengan nama danau tondano serta hancurnya gunung tondano menyisahkan bagian-bagian perbukitan.
3. Salah satu bagian dari perbukitan sisa hasil erupsi gunung tondano nantinya akan menjadi desa lansot yang merupakan lokasi dimana penelitian ini dilakukan.

4. Lahirnya gunung gunung api yang baru akibat adanya subduksi yang terjadi di Sulawesi utara dikarenakan adanya penunjaman ganda antara lajur Sulawesi utara (utara) dan lajur Sangihe timur (timur Selatan).
5. Gunung yang berada di sebelah timur laut diperkirakan mengalami erupsi sekitar kuartar awal hingga pertengahan. Hasil erupsi gunung ini menghasilkan endapan Tuff Lapi yang terdapat di sebelah timur laut pada daerah penelitian.
6. Berdasarkan data dari Global Vulkanism Program yang di dukung oleh PVMBG pertama kali dalam sejarah gunung soputan mengalami erupsi pada tahun 1450. Hasil erupsi gunung soputan menghasilkan endapan tuff tumaluntung di sebelah barat daya daerah penelitian.

KESIMPULAN

1. Pada daerah penelitian didapati ada 3 bentuk asal yaitu: perbukitan sisa dengan luas 40%, lereng gunung api tertoreh dengan luas 55%, dan aliran punggungan piroklastik dengan luas 5%.
2. Susunan stratigrafi daerah penelitian dari yang paling muda ada satuan vulkanik muda (Qv) yaitu Tuff Lapi dan Tuff Tumaluntung serta satuan Tufa tondano (Qtv) yaitu Tuff Rumooong Lansot
3. Struktur geologi yang berkembang pada daerah penelitian adalah deformasi dari kerak bumi dan batuan yang terjadi selama jutaan tahun.
4. Sejarah geologi daerah penelitian dimulai dari erupsi gunung tondano purba yang mengakibatkan terbentuknya kaldera dilanjutkan dengan lahirnya gunung gunung api yang baru nantinya diantara gunung gunung api yang baru ini akan menjadi sumber dari terendapkannya batuan vulkanik muda (Qv) di daerah penelitian.
5. Daerah penelitian memiliki potensi geologi yaitu sarana geowisata aiterjun yang berlokasi di desa Wiau Lapi dan Lansot Timur.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdissalam, DKK. 2009. "Identifikasi Gunung api Purba Karangtengah di Pengunungan Selatan, Wonogiri, Jawa Tengah" dalam *Jurnal Geologi Indonesia*, Vol. 4 No. 4, 2009.
- A.C. Effendy. 1997 "Peta Geologi Lembar Manado, Sulawesi Utara, skala 1:250000". Pusat Studi Geologi. Bandung.
- Bagley, F.M. 1965. "Photogeology and Regional Mapping". Oxford: Pergamon Press.
- Bermana. 2006. "Klasifikasi Geomorfologi Untuk Pemetaan Geologi Yang telah Dibakukan" dalam Vol 4, No 2 (2006): Bulletin of Scientific Contribution. UNPAD
- Brahmantyo, 2006. "Geologi untuk Perencanaan Tata Ruang". Bandung: ITB Press.
- D. Noor. 2009. "Pengantar Geologi". Yogyakarta: Deepublish
- Flandy, DKK. 2019. "Geologi dan Penentuan Kunci Foto Geologi, Identifikasi Dataran Gunung Api Purba di Desa Seloharjo dan sekitarnya, Kecamatan Kretek, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta" dalam *jurnal Ilmiah Geologi Pangea* Vol. 5, No. 2, Agustus – Januari 2019
- Fisher, R.V. 1966. "Rocks composed of volcanic fragments and their classification". Earth Sci.
- Herman Moechtar, DKK. 2007. "Gerakan struktur dan kaitannya dengan faktor kendali tektonik, berdasarkan analisis statigrafi Studi kasus geologi kuartar terhadap fase perkembangan Danau Tondano purba sepanjang Remboken - Kakas, Kec. Remboken dan Kec. Kakas, Kab. Tomohon, Sulawesi Utara" dalam *jurnal geologi Indonesia* Vol 2 No. 3, September 2007
- Herman Mulyana, 2007. "Gerakan struktur dan kaitannya dengan faktor kendali tektonik, berdasarkan analisis stratigra, Studi kasus geologi kuartar terhadap fase perkembangan Danau Tondano purba sepanjang Remboken - Kakas, Kec. Remboken dan Kec. Kakas, Kab. Tomohon, Sulawesi Utara" dalam *jurnal geologi Indonesia* Vol 2 No.3, September 2007
- Hussein, 2022. "Studi Kasus Struktur Geologi Jatim". Daerah Istimewa Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada
- Hutton, 1788. "Theory of the Earth or an Investigation of the Laws Observable in the Composition, Dissolution, and Restoration of Land upon the Globe" *Transactions of the Royal Society of Edinburgh*
- Howard, A.D. 1967. "Drainage Analysis in Geologic Interpretation A Summation". California: The American Association of Petroleum Geologist Bulletin.
- Juliarka. B.R. 2019. "Analisis kerapatan kelurusan (*Lineament density*) sebagai indikator tingkat permeabilitas di lapangan panasbumi Suoh-Sekincau, Lampung". Lampung. Institut Teknologi Sumatra.
- Park, R.G. 1980. "Structural Geology". London: Chapman and Hall.
- Pettijohn, F.J. 1975. "Sedimentary Rocks". New York: Harper & Row.
- S. Poedjoprajitno. 2012. "Peta Geomorfologi Inderaan Jauh Lembar Manado, Sulawesi Utara" Pusat Survei Geologi. Bandung
- Setiawan, I. 2013. "Peta Sebaran Sesar Aktif di Wilayah Manado, Sulawesi Utara". Bandung: Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG)

- Simanjuntak, T.O. 1986. "Sedimentology and Tectonics of The Collision Complex of The East Arm of Sulawesi". Indonesia. Ph.D. Thesis. Royal Holloway and Bedford NewCollege. London University.
- Simanjuntak. 2008. "Austronesian in Sulawesi" Depok: Center for Prehistoric and Austronesian Studies.
- Sompotan., 2012: "Struktur Geologi Sulawesi Utara". Bandung: Perpustakaan Sains Kebumian
- Travis. 1955. "*Quarterly of The Colorado School of Mines*". Dalam vol 50 nomor 1. Colorado school of mines. Georgia.
- Verstappen. 1983. "*Geomorphological Surveys for Environmental Development*". Amsterdam: Elsevier Science Publishing Company Linc.
- Zuidam. 1983. "*Guide to Geomorphologic Aerial Photographic Interpretation and Mapping*". Smits Publishers & ITC. Netherland.
- Zuidam. 1985. "*Aerial Photo-Interpretation in Terrain Analysis and Geomorphologic Mapping*". Smits Publishers & ITC. Netherland