



Geologi Daerah Buyat Dan Sekitarnya, Kecamatan Kotabunan, Kabupaten Bolaang Mongondow Timur, Provinsi Sulawesi Utara

Deden Mokoagow^a, Muhamad kasim^a, Ronal Hutagalung^a, Noviar Akase^a

^aProgram Studi Teknik Geologi Universitas Negeri Gorontalo

email: deden.mokoagow@gmail.com

ARTICLE INFO

Sejarah artikel:

Diterima :17 November 2023
Direvisi :15 November 2023
Diterima :31 Desember 2023

Keywords:Pemetaan,
Petrografi, Sejarah geologi,
Buyat

How to cite this article:

Mokoagow, D., Kasim, M., Hutagalung, R., Akase, N. (2023). Geologi Daerah Buyat dan Sekitarnya, Kecamatan Kotabunan, Kabupaten Bolaang Mongondow Timur, Provinsi Sulawesi Utara. Journal of Applied Geoscience and Engineering, 2(2), 94-107. <https://doi.org/10.37905/Jage.v2i2.24181>

ABSTRACT

This research focuses on the eastern part of the northern arm of Sulawesi to understand the geological conditions, including geomorphology, lithology, stratigraphy, and geological structure. The goal is to determine the geological history and map the geological conditions to identify potential mineral resources. The research methods include a qualitative approach through field observations such as morphology, outcrop descriptions, lithology, geological structure measurements, stratigraphic relationships, as well as an inventory of natural resources and geological disaster risks. The quantitative approach involves calculations and analyses, including geomorphological analysis, petrography, paleontology, geological structure, stratigraphy, and the reconstruction of geological history. The research results identify four geomorphological units (karst, denudational, volcanic, alluvial) and six geological units at the research site. Andesite and volcanic breccia are the oldest units dating back to the Miocene. At the end of the Miocene, uplift and subsidence formed intrusive hills of diorite and limestone. Volcanic activity ceased in the Miocene. In the Pliocene, sandstone formed due to river transport. The rock formation process continues to the present, with alluvial deposit units resulting from the breakdown of rocks around the lake. Geological structure analysis reveals fault lines with the main stress direction from northwest to southeast. Relative fault data indicates fault inclination values suggesting the main stress direction is northwest-southeast. The geological history in the research area began in the Miocene with magmatism and tectonic activities, forming andesite and volcanic breccia units. This history extends to the formation of alluvial deposit units in the present. The research provides in-depth insights into the geological history and potential mineral resources in the region, serving as a foundation for further research.

1. PENGANTAR

Daerah Buyat merupakan desa yang terletak di kawasan Kecamatan Kotabunan, Kabupaten Bolaang Mongondow Timur, Provinsi Sulawesi Utara. Daerah penelitian ini terletak di bagian timur lengan utara Sulawesi. Tujuan Penelitian ini mengetahui kondisi tatanan geologi di daerah penelitian yang meliputi geomorfologi, litologi dan stratigrafi serta struktur geologi, yang kemudian dapat ditentukan sejarah geologi daerah penelitian dan memetakan kondisi geologi untuk memberikan informasi potensi sumber daya mineral di daerah ini yang kemudian bisa diadakan penelitian lebih lanjut. Hasil penelitian menunjukkan Geomorfologi pada lokasi penelitian terbagi menjadi 4 satuan geomorfologi, yaitu satuan perbukitan karst, satuan perbukitan denudasional, satuan perbukitan vulkanik, dan dataran alluvial. Stratigrafi pada daerah penelitian terbagi menjadi 6 satuan geologi yang bila diurutkan dari yang paling tua ke yang paling muda yaitu satuan andesit, satuan breksi vulkanik, satuan diorite, satuan batugamping, satuan batupasir, dan satuan endapan alluvial. Struktur geologi yang bekerja pada lokasi penelitian berdasarkan hasil analisis data sesar menghasikan kedudukan sesar dengan nilai: O1 = 73°, N 165° E; O2 = 33°, N 281° E; O3 = 61°, N 066° E. Sehingga dari hasil tersebut

dapat diinterpretasikan bahwa arah gaya utama yang bekerja pada daerah penelitian berdasarkan analisis data sesar normal relatif berarah barat laut - tenggara. Hal ini seperti yang tertuang dalam peta geologi regional lembar manado bahwa pada lokasi penelitian terdapat struktur geologi yang bekerja dan relative berarah barat laut – Tenggara. Sejarah geologi daerah penelitian dimulai pada kala Miosen dengan aktivitas magmatisme dan tektonik pertama, menghasilkan satuan andesit dan breksi vulkanik. Pada akhir Miosen, penunjaman dan pengangkatan membentuk perbukitan intrusi dari batuan diorit dan batugamping. Aktivitas vulkanisme berakhir pada kala Miosen. Pada kala Pliosen, batupasir terbentuk akibat pengangkutan material oleh sungai. Proses pembentukan batuan berlanjut hingga masa sekarang, dengan satuan endapan aluvial yang merupakan hasil rombakan batuan di sekitar danau.

2. METODE

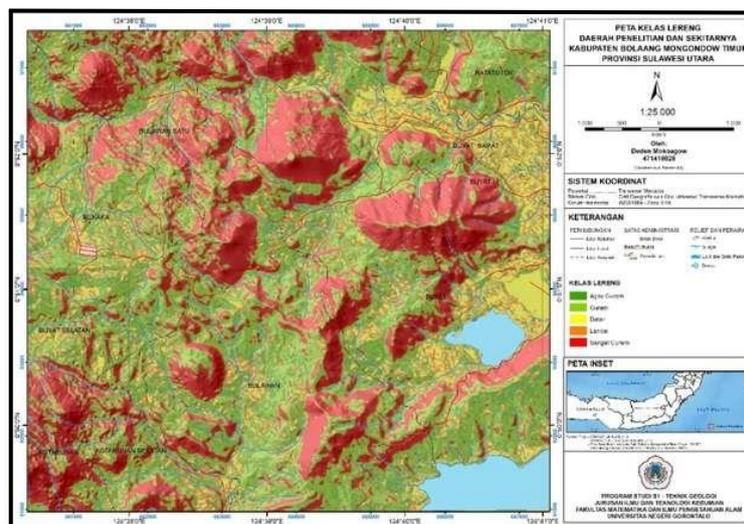
Metode yang digunakan pada penelitian ini ialah kualitatif yaitu melaksanakan pengamatan lapangan, yang terdiri dari; pengamatan morfologi, deskripsi singkapan, litologi, pengukuran struktur geologi, pengamatan hubungan stratigrafi, dan menginventarisasi potensi sumber daya alam dan kebencanaan geologi yang ada dan kuantitatif yaitu melakukan perhitungan dan analisis, seperti; analisis geomorfologi, analisis petrografi, analisis paleontologi, analisis struktur geologi, analisis stratigrafi dan rekonstruksi sejarah geologi.

3. HASIL DAN DISKUSI

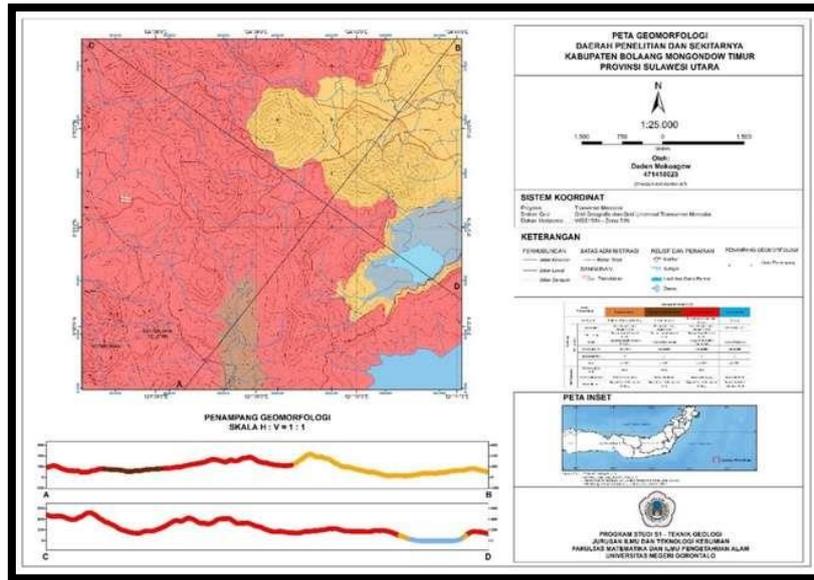
Untuk memberikan gambaran mengenai kondisi geologi pada daerah penelitian terlebih dahulu dilakukan analisis citra untuk memperkirakan kemungkinan adanya struktur geologi, variasi litologi serta geomorfologi yang ada di daerah penelitian.

Bentuk morfologi yang ada pada daerah Buyat dan sekitarnya berupa pedataran sampai perbukitan tinggi. Elevasi ketinggian pada lokasi penelitian berkisar antara 50-750 mdpl. Elevasi tertinggi terletak pada bagian barat daya, sedangkan elevasi terendah terletak pada bagian tenggara lokasi penelitian. Pemukiman yang ada di lokasi penelitian tersebar pada daerah dengan elevasi yang relatif sedang pada lokasi penelitian.

Morfologi pada lokasi penelitian memiliki bentuk lereng datar sampai sangat curam (Brahmantyo, B., Dan Salim, B. 2006). Lokasi yang memiliki kemiringan lereng datar di tandai dengan warna kuning pada peta, sedangkan daerah dengan kemiringan landau ditandai dengan warna orange pada peta, agak curam ditandai dengan warna hijau, curam ditandai dengan warna hijau muda, sedangkan perbukitan yang sangat curam ditandai dengan warna merah pada peta kelas lereng daerah penelitian. Lokasi penelitian ini didominasi oleh bentuk lereng yang agak curam yang mana menempati sekitar 45 % dari seluruh lokasi penelitian (Gambar 1).



Gambar 1. Peta kelas lereng daerah penelitian



Gambar 2. Peta Geomorfologi daerah penelitian

3.1 Satuan geomorfologi daerah penelitian

Penentuan satuan geomorfologi daerah penelitian menggunakan Klasifikasi Van Zuidam (1985), dengan memperhatikan beberapa aspek yang berkaitan. Dan juga berdasarkan analisa peta topografi, serta hasil pengamatan dilapangan. Geomorfologi daerah penelitian mencakup bentang alam yang di dominasi oleh perbukitan dengan interval ketinggian kontur 50 – 750 mdpl. Indikasi adanya struktur geologi berupa sesar dari interpretasi pergeseran dan pembelokan kelurusan kontur serta data dilapangan. Berdasarkan analisis morfologi dan morfogenesis daerah penelitian yang mengacu pada klasifikasi Van Zuidam (1983), maka daerah penelitian dibagi menjadi 4 (Empat) satuan geomorfologi (Gambar 2).

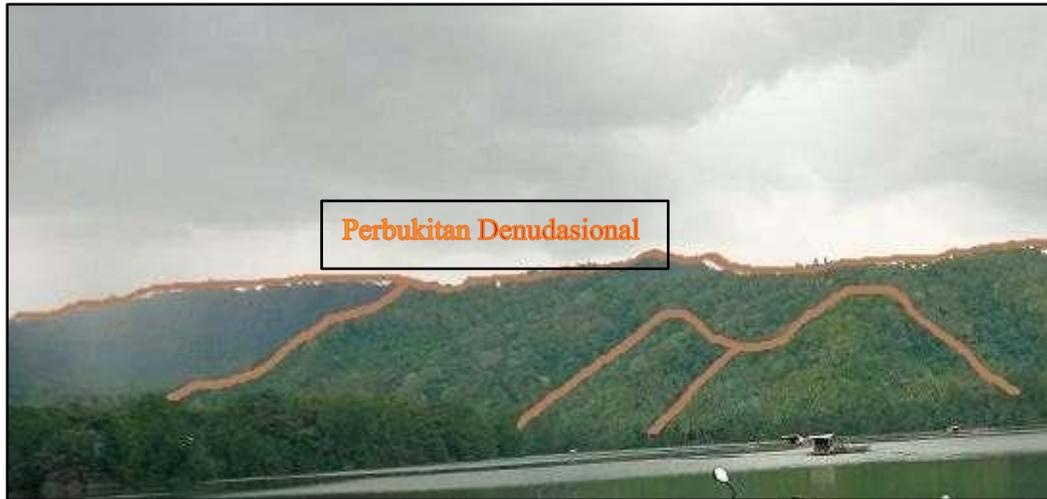
3.2 Satuan Perbukitan Karst

Satuan ini menempati luasan ± 9,5km² dari seluruh luas daerah penelitian, memiliki ketinggian minimum ± 50 mdpl dan ketinggian maksimum ± 550 mdpl, biasanya bentukan ini dihasilkan oleh proses pelarutan pada batuan mudah larut. Litologi penyusun satuan geomorfologi ini adalah Batugamping Wackestone (Gambar 3).

Pada Peta Geomorfologi, satuan ini ditandai dengan warna coklat muda dan tersebar di bagian timur – barat pada daerah penelitian.



Gambar 3. Kenampakan perbukitan karst di daerah penelitian, arah foto relatif TL – BD.



Gambar 4. Kenampakan Perbukitan Denudasional di daerah penelitian, arah foto relatif BL – T.

3.3 Satuan Perbukitan Denudasional

Satuan ini menempati $\pm 1,3\text{km}^2$ dari seluruh luas daerah penelitian dengan ketinggian minimum ± 50 mdpl dan ketinggian maksimum ± 150 mdpl dengan morfografi berupa perbukitan dan bukit sisa yang dicirikan dengan pola kontur relatif renggang. Litologi penyusun satuan ini adalah breksi piroklastik, batu pasir, batu lempung dan tuff, dimana perkembangan satuan geomorfologi ini dikontrol oleh proses-proses eksogen yang berlangsung hingga sekarang (Gambar 4).

3.4 Satuan Perbukitan Vulkanik

Satuan ini menempati $\pm 31,62\text{km}^2$ dari seluruh luas daerah penelitian, memiliki ketinggian minimum ± 50 mdpl dan ketinggian maksimum ± 750 mdpl dengan morfografi berupa perbukitan memanjang dan perbukitan intrusi yang dicirikan dengan pola kontur relatif rapat (Gambar 5).



Gambar 5. Kenampakan perbukitan Vulkanik di daerah penelitian, arah foto relatif U– S



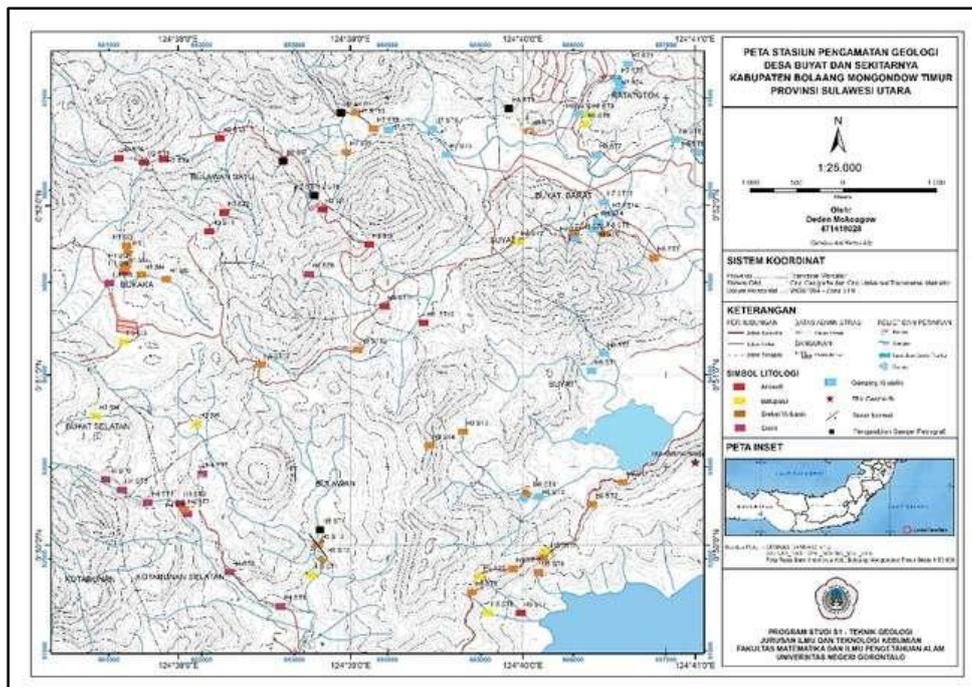
Gambar 6. Kenampakan Dataran Fluvial pada daerah penelitian, arah foto relatif T– B.

3.5 Satuan Dataran Fluvial

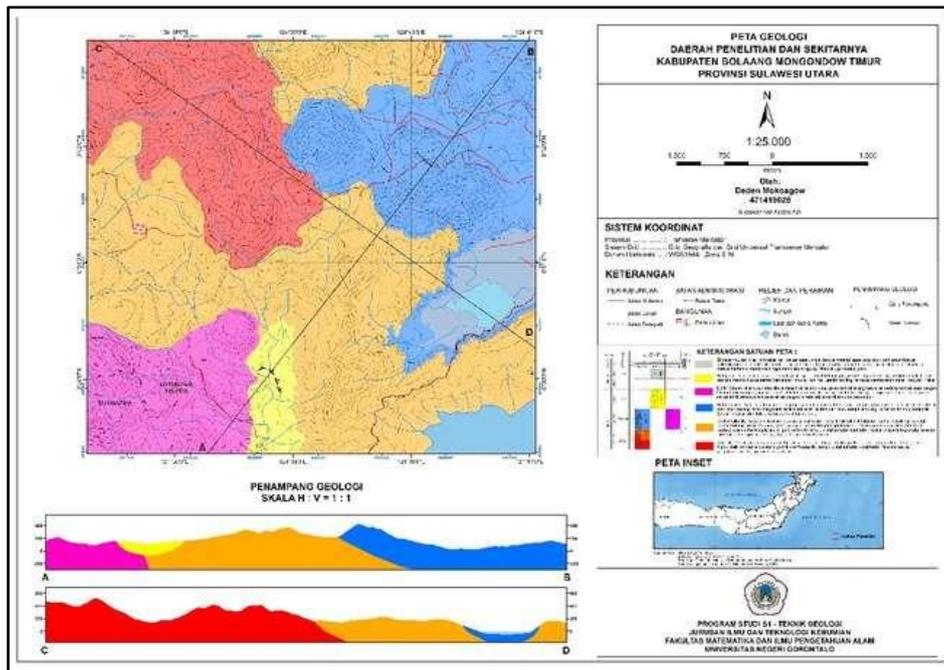
Satuan ini menempati $\pm 2,06\%$ km² dari seluruh luas daerah penelitian, memiliki ketinggian maksimum ± 50 mdpl dengan morfografi berupa dataran rendah. Satuan ini memiliki kemiringan lereng sangat landai sampai datar dengan relief topografi datar atau hampir datar. Litologi penyusun satuan ini yaitu endapan sungai berupa material lepas, tidak kompak, berukuran pasir hingga bongkah terdiri dari fragmen yang merupakan hasil pelapukan dan erosi batuan yang tersingkap di daerah penelitian dan di endapkan di sepanjang sungai (Gambar 6).

3.6 Stratigrafi

Untuk mengetahui persebaran batuan pada lokasi penelitian terlebih dahulu dilakukan observasi lapangan yang kemudian akan menghasilkan peta persebaran batuan dan akan dijadikan acuan untuk membuat peta geologi pada lokasi penelitian (Gambar 7).



Gambar 7. Peta Lintasan Lokasi Penelitian



Gambar 8. Peta geologi daerah penelitian

Pada lokasi penelitian dilakukan penamaan dan penggolongan satuan batuan berdasarkan satuan litostratigrafi tidak resmi, yang mana berupa ciri-ciri batuan, jenis batuan, kombinasi jenis batuan, keseragaman, dan gejala-gejala lain yang ditemukan pada batuan di lapangan.

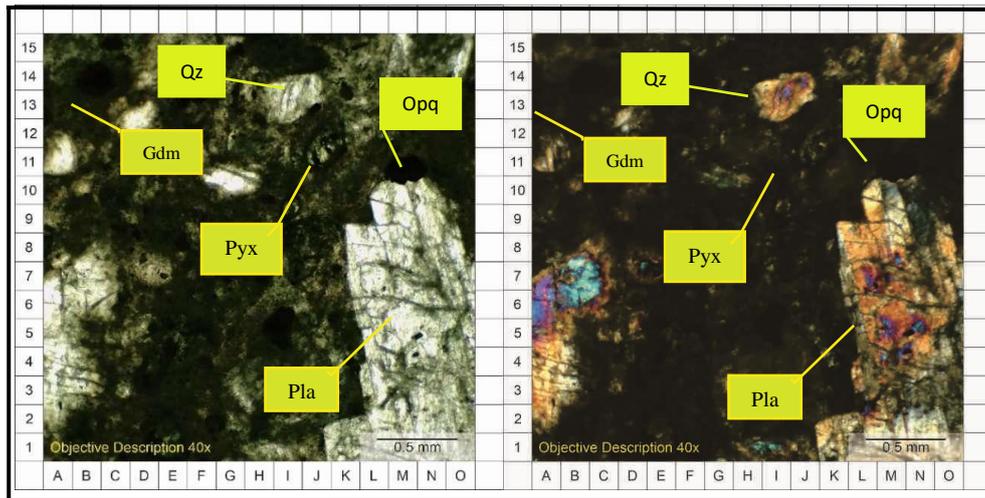
Stratigrafi daerah penelitian mengacu pada Sandi Stratigrafi Indonesia (1996) dengan sistem penamaan litostratigrafi tidak resmi, yaitu penentuan satuan batuan yang didasarkan pada ciri-ciri litologi yang dapat diamati di lapangan dengan melihat jenis litologi, kombinasi jenis batuan, keseragaman batuan dan gejala-gejala lain pada tubuh batuan di lapangan, serta pada umumnya sesuai dengan hukum superposisi dan cross-cutting relationship. Berdasarkan hal tersebut, maka stratigrafi daerah penelitian jika diurutkan dari tua ke muda yaitu: (1) Satuan andesit; (2) Satuan diorit; (3) Satuan breksi; (4) Satuan batugamping; (5) Satuan batupasir; (6) Satuan aluvial.

3.7 Satuan Andesit

Satuan ini menempati sekitar 5.4 km² pada lokasi penelitian atau sekitar 15% dari luas keseluruhan lokasi penelitian. Satuan Andesit ini ditandai dengan warna merah pada peta geologi lokasi penelitian, satuan ini diinterpretasikan sebagai satuan yang terbentuk ke pertama di lokasi penelitian



Gambar 9. Singkapan dan *hand specimen* satuan andesit daerah penelitian



Gambar 10. Sayatan tipis satuan andesit pada lokasi penelitian

Berdasarkan pengamatan petrologi, satuan ini memiliki ciri yaitu berwarna abu-abu gelap, berstruktur massif, derajat kristalisasi holokristalin, granularitas afanitik, keseragaman butir equigranular, dikarenakan teksturnya yang afanitik sehingga tidak lagi dapat diamati keterdapatan mineral pada batuan ini. Batuan andesit yang ditemukan di lokasi ini tersebar di sepanjang sungai yang ada di daerah buyat dan sekitarnya serta Sebagian dari batuan ini telah mengalami pelapukan.

Komposisi pada batuan ini tersusun oleh mineral Plagioclase (34%), Quartz (8%), Opaque (10%), Pyroxene (7%), Groundmass (41%). Batuan ini diklasifikasikan sebagai batuan andesit menurut (Streckeisen, 1967).

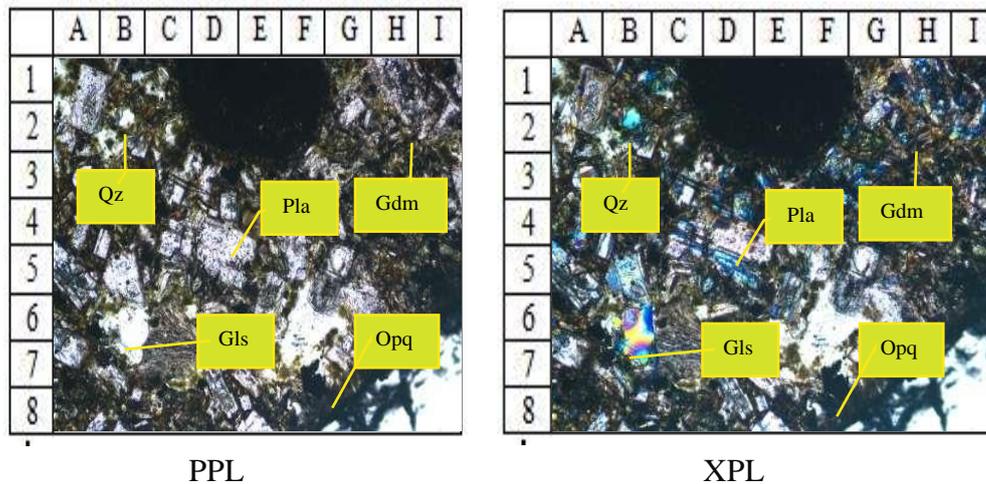
3.8 Satuan Breksi Vulkanik

Satuan ini tersusun oleh litologi tuff dan breksi vulkanik, yang tersebar di daerah Buyat dan sekitarnya. Satuan ini di interpretasi sebagai batuan yang terbentuk kedua setelah satuan andesit sebelumnya. Satuan ini menempati sekitar 14.4 km² atau sekitar 40% dari seluruh lokasi penelitian. Sehingga satuan ini merupakan satuan dengan persebaran terluas pada daerah penelitian.

Breksi Vulkanik pada lokasi penelitian memiliki ciri secara warna abu – abu, lapuk coklat kehitaman, stuktur massif dan kompak, kemas tertutup, porositas baik, batuan ini terdiri dari matriks tuff dengan ukuran butir pasir, serta fragmen monomik berupa batuan andesit, dengan bentuk subangular. Semen non karbonatan serta dijumpai mineral hornblende serta gelas pada handspacimen batuan ini.



Gambar 11. singkapan breksi vulkanik pada lokasi penelitian



Gambar 12. Sayatan Tipis satuan breksi vulkanik pada lokasi penelitian

Memperlihatkan kenampakan batuan piroklastik dengan matriks didominasi oleh mikrolit quartz dan opaque, dengan warna abu-abu coklat, berukuran halus (<1mm) sekitar(17%), serta dijumpai pula fragmen dari litik batuan (20%). Ditemui juga mineral gelas. Selain itu ditemukan juga mineral lain yang hadir sebagai fenokris pada sayatan tipis ini yaitu diantaranya Plagioclase (38%), Quartz (5%), Pyroxene (10%), Opaque (10%). Berdasarkan hasil analisis tersebut maka batuan ini diberi nama breksi vulkanik berdasarkan klasifikasi (Fisher 1966).

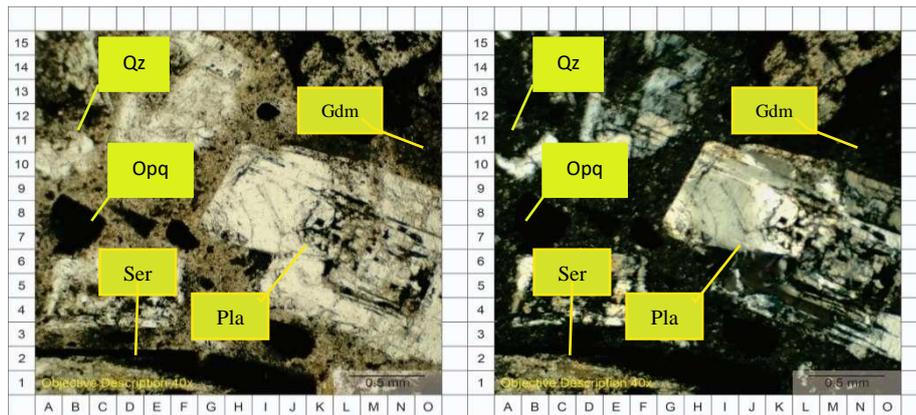
3.8 Satuan diorit

Satuan diorit ini menempati ± 3,6km² dari seluruh luas daerah penelitian dan tersebar pada bagian barat daya pada daerah penelitian. Satuan ini ditandai dengan warna merah muda pada peta geologi.

Litologi satuan ini tersusun atas diorit (Streckeisen, 1967) warna abu – abu gelap sampai terang, berukuran sedang sampai kasar, Memiliki tekstur umum dengan tingkat kristalinitas holokristalin, ukuran kristal halus – sedang, granularitas equigranular (faneritik), bentuk kristal euhedral – subhedral. Pada satuan ini didapati telah mengalami alterasi sehingga sebagian besar singkapan dari satuan ini telah mengalami pelapukan. Selain itu juga ditemukannya mineral- mineral pirit serta pada lokasi ini terdapat tambang rakyat.



Gambar 12. Kenampakan singkapan batuan diorit pada daerah penelitian (Stasiun H4.ST9)



Gambar 13. Sayatan tipis satuan diorit

Komposisi batuan tersusun oleh mineral Plagioclase (44%), sericite, Sericite (10%), Mineral Opaque (10%), Quartz (2%), Groundmass (34%), didominasi oleh mikrolit quartz dan opaque. Abu-abu coklat, berukuran halus(<1mm). (N-O, 10-11). Total mineral mafic 20%, proses altrasi penggantian (*replacement*) hidrothermal, intensitas sedang altrasi, Mineral kunci Ab-Albite, Ser-Serisit, Ku – Quartz / penciri alterasi, Tipe Alterasi Filik (Corbett and Leach, 1998), (Strek keisen, 1967).

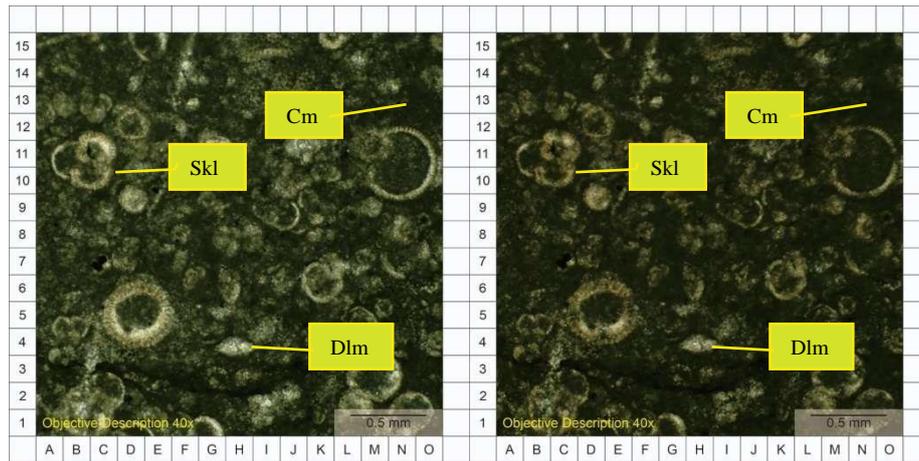
3.9 Satuan Batugamping

Satuan ini menempati $\pm 25\%$ dari luas daerah penelitian atau sekitar 9 Km². Satuan ini diinterpretasi sebagai satuan yang terbentuk ke empat pada lokasi penelitian serta merupakan satuan dengan yang paling luas kedua.

Berdasarkan data lapangan batugamping yang ada pada daerah penelitian berwarna putih ke abu-abuan, kemas terbuka, pemilahan baik, struktur masif, karbonatan, mineral kalsit, (Dunham,1962).



Gambar 14. Singkapan batugamping pada lokasi penelitian



Gambar 15. sayatan tipis satuan batugamping pada lokasi penelitian

Komposisi batuan tersusun oleh Mud Carbonate Mud (63%), Skeletal (36%), Dolomite (1%). Floatstone (Embri dan Klován, 1971).

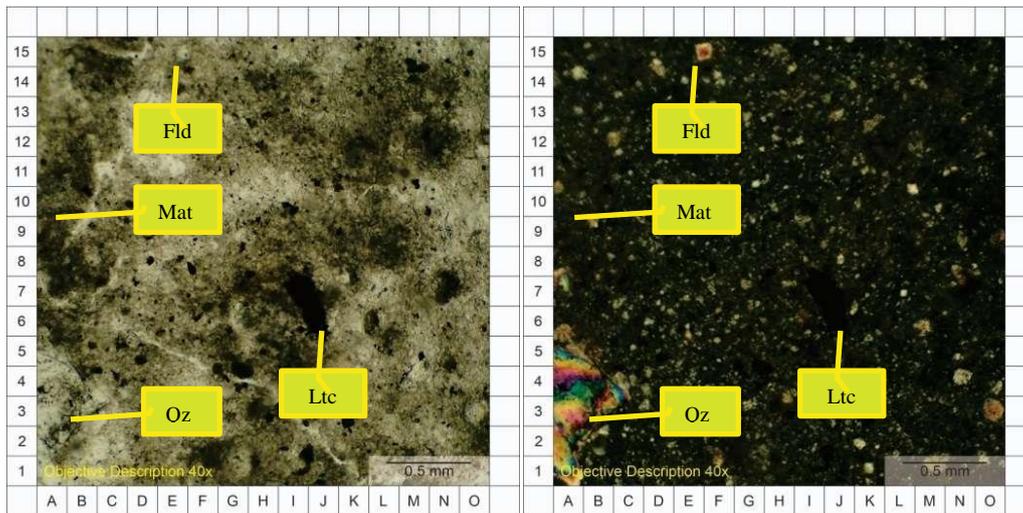
3.10 Satuan Batupasir

Satuan ini menempati $\pm 5\%$ dari luas daerah penelitian atau sekitar 1.8 Km². Satuan ini diinterpretasi sebagai satuan yang terbentuk ke lima pada lokasi penelitian dan diperkirakan berumur pliosen.

Satuan ini memiliki kenampakan warna putih krem, dengan terdapat struktur laminasi sangat tipis, dengan ukuran butir pasir halus, derajat pemilahan sangat baik, derajat pembundaran sangat bundar, kemas tertutup, komposisi terdiri dari matriks pasir halus, semen non karbonatan. Nama batuan batu pasir halus (Wentworth, 1922).



Gambar 16. Singkapan batupasir pada lokasi penelitian



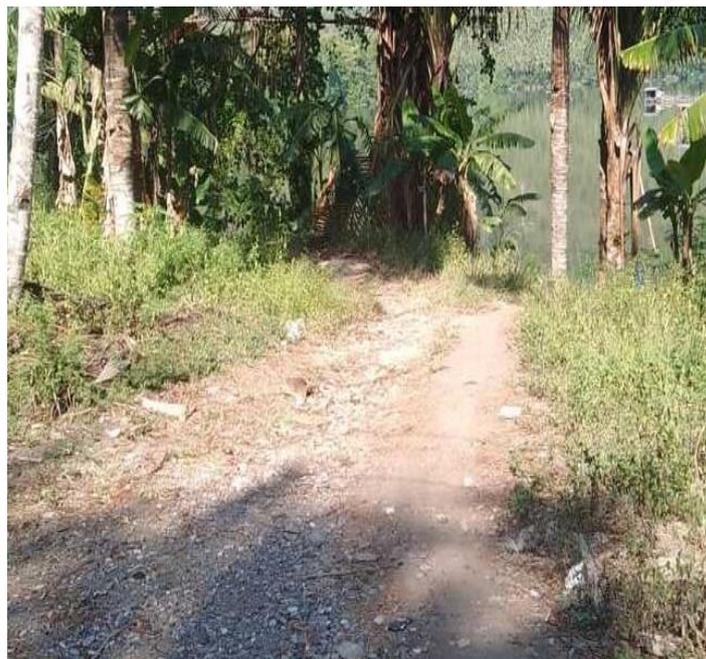
Gambar 17. Sayatan tipis satuan Batupasir daerah penelitian

Komposisi batuan tersusun oleh Quartz (12%), Lithic (5%) Didominasi batupasir, Feldspar (1%), Matrix (82%) Didominasi batulempung. Nama batuan batu lanau (Pettijohn, 1987).

3.11 Satuan endapan fluvial

Satuan ini menempati $\pm 5\%$ dari luas daerah penelitian atau sekitar 1.8 Km². Satuan ini di interpretasi sebagai satuan yang terbentuk terakhir pada lokasi penelitian dan diperkirakan berumur holosen. Satuan ini ditandai dengan warna abu-abu pada peta geologi daerah penelitian.

Pada satuan ini tidak lagi ditemui adanya singkapan batuan, yang tersebar pada satuan ini hanyalah material-material sisa dari transportasi sungai disekitar danau pada satuan ini. Material-material yang ditemui diantaranya adalah kerikil dan kerakal hasil dari rombakan atuan disekitar lokasi penelitian seperti rombakan dari batuan andesit, breksi vulkanik, dan gamping.

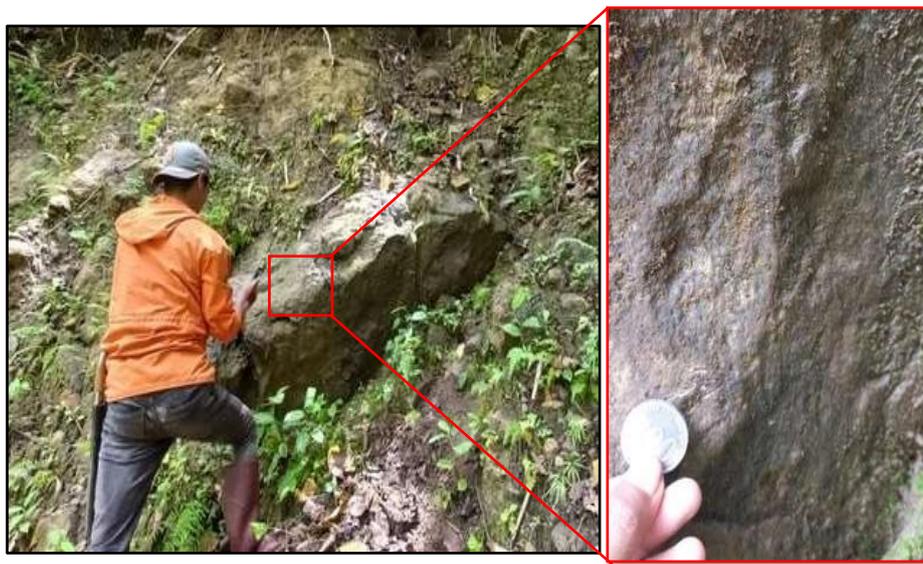


Gambar 18. Satuan endapan fluvial pada lokasi penelitian

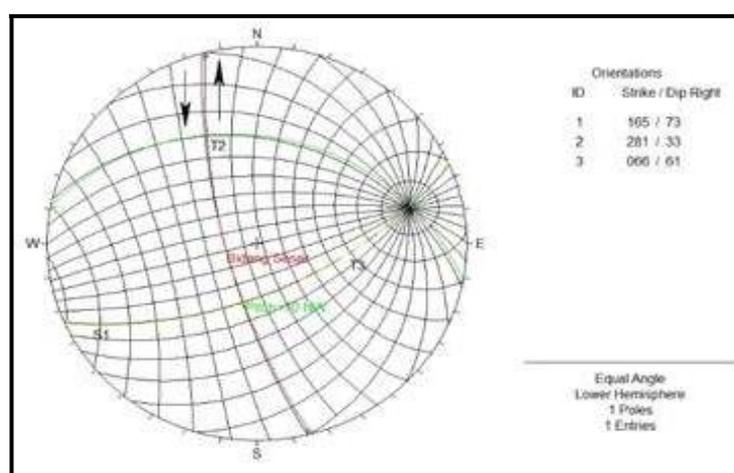
3.12 Struktur geologi

Struktur geologi regional daerah penelitian berdasarkan peta geologi lembar manado, terdapat 1 sesar yaitu, Sesar normal. Menurut Sapiie et al. (2014) struktur geologi merupakan jejak deformasi yang terbentuk pada kerak bumi beberapa ratus atau juta tahun lalu. Struktur sekunder yang terjadi akibat dari gaya tektonik dikelompokkan menjadi struktur sekunder dan dibedakan dari struktur yang terbentuk pada saat atau sebelum batuan terbentuk yang dinamakan struktur sekunder.

Dari pengamatan dan pengukuran dilapangan data struktur geologi tersebut kemudian dianalisis dan kemudian di hubungkan dengan tektonik regional yang berlangsung di daerah penelitian untuk mengetahui mekanisme pembentukan struktur di daerah penelitian. Pengamatan sesar dilakukan pada satuan batupasir dengan memperlihatkan ciri Hanging wall relatif turun terhadap foot wall, bidang sesarnya mempunyai kemiringan yang besar. Sesar ini biasanya disebut juga sesar turun (Sapiie, 2006).



Gambar 19. sesar normal pada daerah penelitian

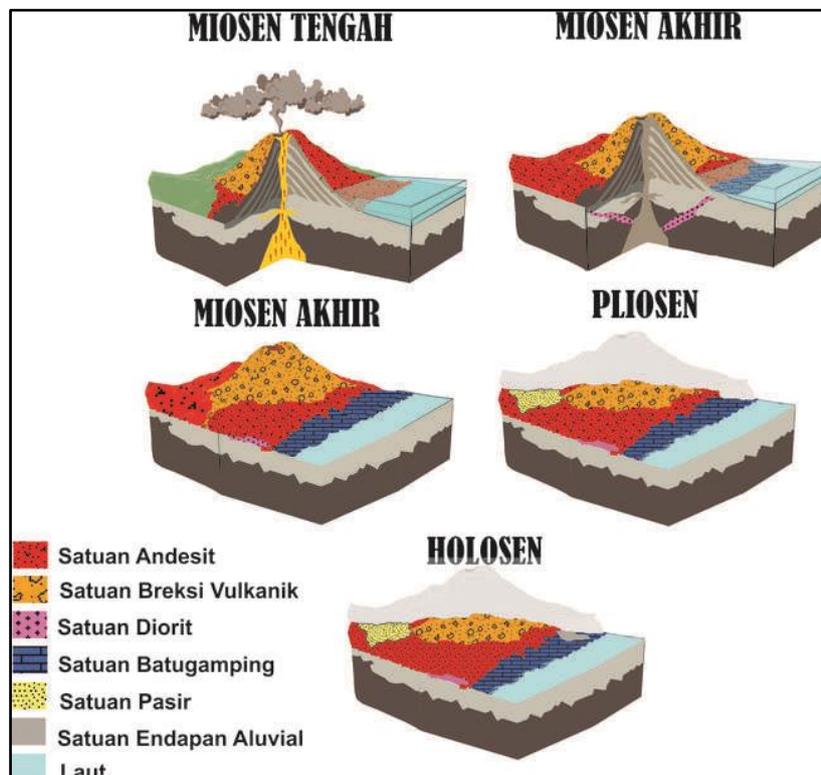


Gambar 20. Hasil Analisis Stereografi Sesar Normal

3.13 Sejarah geologi daerah penelitian

Sejarah geologi daerah penelitian dimulai pada kala Miosen, ketika terjadi aktivitas magmatisme dan fase tektonik pertama sebagai akibat dari penunjaman fragmen Banggai-Sula ke arah barat. Proses ini mempengaruhi terjadinya aktivitas vulkanik yang menghasilkan terbentuknya satuan andesit pada lokasi penelitian. Setalahnya di periode berikutnya dari aktivitas vulkanik ini menghasilkan keluarnya material vulkanik dari gunung api dan membentuk satuan yang kedua yaitu satuan breksi vulkanik yang mana tersusun atas fragmen dari batuan andesit yang terbentuk sebelumnya. Pada akhir kala Miosen, penunjaman ini terus berlanjut dan mengangkat daerah penelitian ke permukaan. Proses erosi yang mulai terjadi mengakibatkan terbukanya lapisan batuan diorite dan membentuk perbukitan intrusi. Satuan batuan diorit ini dianggap setara dengan Formasi Diorit Bone yang berusia miosen akhir.

Di waktu yang hampir bersamaan terbentuk batugamping pada lokasi penelitian yang kemudian dikarenakan adanya kontrol struktur sehingga mengakibatkan terjadinya pengangkatan pada batugamping pada lokasi penelitian ini. Kemudian pada kala miosen berakhir proses vulkanisme pada lokasi penelitian ini. kemudian kembali terjadi pembentukan batuan pada kala pliosen dimana material dari hasil rombakan batuan yang telah terbentuk sebelumnya di transportasikan oleh arus sungai dan di endapkan pada lokasi penelitian sehingga kemudian memebentuk satuan batupasir pada lokasi penelitian. Aktivitas pembentukan batuan ini terus berlanjut sampai ahir pliosen. Pada kala plistosen tidak ditemukan adanya proses pembentukan batuan pada lokasi penelitian. Proses pembentukan batuan pada lokasi penelitian ini diakhir dengan pembentukan satuan endapan aluvial yang merupakan hasil dari rombakan dari batuan yang sudah ada sebelumnya dan kemudian di transportasi ke daerah danau sehingga menghasilkan material-material lepas disekitar danau. Proses ini masih terus berlanjut hingga masa yang sekarang.



Gambar 21. Rekonstruksi sejarah geologi daerah penelitian

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan, serta analisis-analisis yang telah dilakukan dan studi literatur, maka penulis dapat mengambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Geomorfologi pada lokasi penelitian terbagi menjadi 4 satuan geomorfologi, yaitu satuan perbukitan karst, satuan perbukitan denudasional, satuan perbukitan vulkanik, dan dataran alluvial.
2. Stratigrafi pada daerah penelitian terbagi menjadi 6 satuan geologi yang bila diurutkan dari yang paling tua ke yang paling muda yaitu satuan andesit, satuan breksi vulkanik, satuan diorite, satuan batugamping, satuan batu pasir, dan satuan endapan alluvial.
3. Struktur geologi yang bekerja pada lokasi penelitian berdasarkan hasil analisis data sesar menghasikan kedudukan sesar dengan nilai: O1 = 73°, N 165° E; O2 = 33°, N 281° E; O3 = 61°, N 066° E. Sehingga dari hasil tersebut dapat diinterpretasikan bahwa arah gaya utama yang bekerja pada daerah penelitian berdasarkan analisis data sesar normal relatif berarah barat laut - tenggara. Hal ini seperti yang tertuang dalam peta geologi regional lembar manado bahwa pada lokasi penelitian terdapat struktur geologi yang bekerja dan relative berarah barat laut – Tenggara.
4. Sejarah geologi daerah penelitian dimulai pada kala Miosen dengan aktivitas magmatisme dan tektonik pertama, menghasilkan satuan andesit dan breksi vulkanik. Pada akhir Miosen, penunjaman dan pengangkatan membentuk perbukitan intrusi dari batuan diorit dan batugamping. Aktivitas vulkanisme berakhir pada kala Miosen. Pada kala Pliosen, batupasir terbentuk akibat pengangkutan material oleh sungai. Proses pembentukan batuan berlanjut hingga masa sekarang, dengan satuan endapan aluvial yang merupakan hasil rombakan batuan di sekitar danau.

5. REFERENSI

- Brahmantyo, B., Dan Salim, B. (2006). "Klasifikasi bentuk muka bumi (landform) untuk pemetaan geomorfologi pada skala 1 : 25.000 dan aplikasinya untuk penataan ruang". *Jurnal geoaplika*, 1(2), 71 – 79.
- Corbet, GJ, dan Leach, TM (1998). Sistem emas tembaga lingkaran pasifik barat daya: "Struktur perubahan, dan mineralisasi". Masyarakat Ahli Geologi Ekonomi.
- Dunham, RJ (1962). "Klasifikasi batuan karbonat menurut tekstur pengendapannya".
- Embry, AF, dan Klovon, J.Edward. "Jalur terumbu Devonian akhir di timur laut pulau Banks, NWT". *Buletin geologi perminyakan kanada*, 1971, 19.4: 730 – 81.
- Fisher & Schmincke, 1984. "Pyroclastic rocks". Springer, New York.
- Harsolumakso, A., Prasetyadi, C., Sapiie, B., dan Suparka, E (2006). "Kompleks Luk Ulo Karangsambung Jawa Tengah, Indonesia; Dari Subduksi hingga Tabrakan Tektonik". Prosiding Persidangan Bersama UKM – ITB.
- Pettijohn, FJ, dkk. "Pendahuluan dan bahan sumber. *Pasir dan batupasir*", 1987, 1 – 21.
- Streckeisen, Albert L. "Classification and nomenclature of igneous rockes." *N. Jb. Miner.* 107 (1967): 144-240.
- Sapiie, B., dan Hadiana, M. (2014). Pemodelan Analog Sesar Miring Konvergen Strike – Slip dan penerapannya di pulau seram, IndonesiaTimur. *Jurnalgeosains indonesia*, 1.(3).
- Van Zuidam, R. A. 1983. "Guide to geomorphologic aerial photographic interpretation in mapping itc". The Nether.
- Van Zuidam, R. A. 1985. *Aerial Photo-Interpretation in Terrain Analysis and Geomorphologic Mapping*. Smith Publisher. The Hague, Amsterdam. 100:1666-1703.
- Van Bemmelen, R. W., 1949. *The Geology of Indonesia*. Martinus Nyhof, The Haque.
- Wentworth, (1922). "Skala kelas Dan istilah kelas untuk sedimen klastik. *Jurnal geologi*", 30 (5), 377 – 392.