



GEOLOGI DAERAH BAILANG DAN SEKITARNYA, MANADO PROVINSI SULAWESI UTARA

Mesak Dote dan Febryanto Masulili, S, T., M.Sc.,

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: e-mail: mesakdotex@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi geologi di daerah Bailang dan sekitarnya, Kecamatan Bunaken, Kota Manado, Provinsi Sulawesi Utara, melalui pemetaan geologi permukaan berskala 1:25.000. Metode yang digunakan meliputi observasi langsung, pengukuran lapangan, analisis geomorfologi, stratigrafi, struktur geologi, dan sejarah geologi. Lokasi penelitian berada pada koordinat 1°33'54.98" LU dan 124°50'42.87" BT dengan luas wilayah 49 km². Geomorfologi daerah penelitian dibagi menjadi enam subsatuan: Bukit Sisa, Bukit Terisolasi, Perbukitan Vulkanik Terdenudasi, Kaki Vulkanik, Dataran Kaki Vulkanik, dan Dataran Fluvial Vulkanik. Hasil analisis struktur geologi menunjukkan adanya struktur primer dengan orientasi dominan barat laut–tenggara. Stratigrafi daerah penelitian tersusun atas empat satuan batuan, yaitu: Satuan Lava Andesit Pandu–Molas (Plistosen–Holosen), Satuan Breksi Molas (Plistosen), Satuan Tuff Bailang (Kuarter), dan Satuan Aluvial (Holosen). Keempat satuan ini terbentuk melalui empat fase geologi yang mencerminkan aktivitas vulkanisme Gunung Tumpa dan proses sedimentasi fluvial. Penelitian ini menghasilkan peta geologi, peta geomorfologi, dan peta lintasan sebagai gambaran tatanan geologi daerah. Informasi ini diharapkan dapat mendukung pemahaman lebih lanjut mengenai evolusi geologi regional Sulawesi Utara, serta memberikan manfaat dalam perencanaan tata ruang dan pengelolaan sumber daya alam setempat.

Kata kunci: pemetaan geologi, geomorfologi, stratigrafi, struktur geologi, Bailang.

PENDAHULUAN

Geologi adalah ilmu yang mempelajari tentang bumi dan semua proses serta unsur yang ada di dalamnya. Seiring berjalannya waktu, disiplin ilmu ini mengalami perkembangan yang signifikan berdasarkan temuan-temuan yang diperoleh dari berbagai penelitian. Ahli geologi memegang peranan penting dengan memberikan informasi dalam bentuk data baru, gagasan, serta solusi alternatif untuk mengatasi permasalahan yang ada. Salah satu kemampuan yang harus dimiliki oleh ahli geologi adalah kemampuan untuk membuat peta geologi, mulai dari pengumpulan data di lapangan, pengolahan dan analisis data yang diperoleh, hingga menyimpulkan kondisi geologi suatu daerah penelitian melalui laporan yang berupa peta geologi.

Melalui penelitian ini, kita dapat memahami ciri-ciri dan sejarah geologi dari suatu wilayah. Geologi juga merupakan disiplin yang terkait erat dengan lapangan, di mana seorang ahli geologi harus terampil dalam melakukan penelitian pemetaan di lokasi tertentu. Oleh karena itu, lokasi penelitian ini ditetapkan di Desa Bailang dan sekitarnya di Kecamatan Bunaken, Kota Manado, Sulawesi Utara, mencakup daerah penelitian seluas 49 km² berdasarkan Peta geologi Lembar Manado, yang terdiri dari tiga formasi Batuan Gunungapi Muda *Deposito Vulkanik Kuarter (Qv)*, Batuan Aluvium *Kuarter (Qal)*, dan Batuan Tufa Tondano *Tufa Organogenik (Qtv)*.

Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang mendasari penelitian ini, permasalahan yang akan diteliti dirumuskan. Berikut adalah beberapa aspek yang dikaji dalam penelitian ini:

1. Apa yang dapat dikatakan tentang geomorfologi dan pola aliran di daerah penelitian?
2. Bagaimana komposisi stratigrafi di daerah penelitian?
3. Apa saja yang terdapat dalam sejarah geologi wilayah penelitian?
4. Seperti apa struktur geologi di wilayah penelitian?

Maksud dan Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian akhir ini adalah untuk melakukan pemetaan geologi permukaan di wilayah Bailang dan sekitarnya, yang terletak di Kecamatan Bunaken, Kota Manado, Provinsi Sulawesi Utara. Penelitian ini bertujuan untuk memahami tatanan geologi yang mencakup distribusi litologi, geomorfologi, struktur geologi, dan sejarah geologi di wilayah yang diteliti. Hasil dari penelitian ini disajikan dalam bentuk peta lintasan, peta geomorfologi, dan peta geologi dengan skala 1:25.000 dari daerah penelitian, serta dituangkan dalam bentuk karya tulis ilmiah-skripsi.

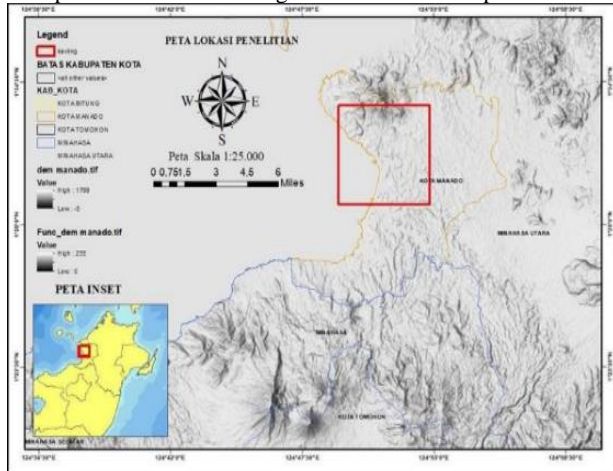
Adapun tujuan dari penelitian sebagai berikut:

1. Menentukan aspek geologi (geomorfologi, litologi, stratigrafi, dan struktur geologi) di daerah penelitian untuk memperoleh pemahaman yang komprehensif tentang kondisi geologi pada daerah penelitian.
2. Mengetahui sejarah geologi daerah penelitian dengan merekonstruksi proses-proses geologi yang berperan dalam pembentukan satuan batuan, struktur geologi, dan geomorfologi.

Lokasi Daerah Penelitian

Lokasi untuk penelitian ini terletak di daerah Bailang dan sekitarnya, di Kecamatan Bunaken, Kota Manado, Provinsi Sulawesi Utara. Dari segi geografis, tempat penelitian berada di koordinat 1°33'54.98" N dan 124°50'42.87" E, dengan luas wilayah pemetaan mencapai 49 km². Peta yang menunjukkan lokasi penelitian di daerah Bailang dan sekitarnya, serta Kecamatan Bunaken, Kota Manado, Provinsi Sulawesi Utara, dapat dilihat pada gambar 1.1, yang memberikan visualisasi lebih jelas mengenai letak daerah penelitian. Jarak antara lokasi penelitian dan pusat Kota Manado adalah 19 km, yang dapat ditempuh dengan kendaraan roda dua atau roda empat dalam waktu sekitar 30 menit.

Akses untuk mencapai lokasi singkapan batuan yang baik dilakukan dengan berkendara menggunakan sepeda motor dan kemudian dilanjutkan dengan berjalan kaki. Pemilihan lokasi penelitian ini sangat strategis karena menawarkan kemudahan akses serta memungkinkan pelaksanaan penelitian geologi di daerah Bailang dan sekitarnya dengan lebih efektif. Selain itu, kedekatannya dengan pusat Kota Manado juga mempermudah dalam hal logistik dan koordinasi penelitian.



Gambar 1.1 Peta lokasi penelitian

Batasan Masalah

Ruang lingkup penelitian ini terbatas pada pemetaan geologi permukaan di daerah Bailang dan wilayah sekitarnya melalui pengumpulan data dari singkapan di lapangan, seperti observasi, interpretasi, pengukuran, pembuatan sketsa, dokumentasi, serta pengumpulan data geologi permukaan yang lainnya. Penelitian ini juga memiliki batasan dalam analisis data yang meliputi:

1. Geomorfologi
Analisis geomorfologi difokuskan pada pengelompokan satuan-satuan geomorfologi berdasarkan bentuk morfologi, proses morfogenesis, morfometri, pola aliran sungai, serta faktor-faktor yang memengaruhi bentuk bentang alam di daerah penelitian.
2. Petrologi
Dalam petrologi, penelitian dibatasi pada penentuan jenis batuan berdasarkan klasifikasi batuan beku dan batuan sedimen, serta deskripsi batuan secara makroskopis.
3. Petrografi
Petrografi dibatasi pada penamaan tipe batuan dan deskripsi batuan berdasarkan komposisi mineral yang terdapat dalam sampel yang dianalisis secara mikroskopis dengan sayatan tipis.
4. Stratigrafi
Stratigrafi dibatasi pada identifikasi jenis litologi batuan, penyebaran dan ketebalan batuan, usia masing-masing satuan, urutan satuan dari yang tertua hingga yang termuda, serta hubungan antara satuan batuan yang berbeda.
5. Struktur geologi
Analisis struktur geologi terbatas pada arah gaya utama yang bekerja dan evaluasi dari struktur geologi yang terbentuk di daerah penelitian.
6. Penampang Pembuatan
penampang geologi dibatasi pada pemahaman mengenai kondisi di bawah permukaan, urutan stratigrafi dari satuan batuan, serta hubungan kontak antar berbagai jenis batuan.

Metode Penelitian

Metode yang diterapkan dalam penelitian ini adalah pemetaan geologi pada permukaan. Proses ini meliputi

sejumlah langkah penting, seperti pengamatan, deskripsi, dan pengukuran di lapangan.

Adapun tujuan dari penelitian sebagai berikut:

1. Menentukan aspek geologi (geomorfologi, litologi, stratigrafi, dan struktur geologi) di daerah penelitian untuk memperoleh pemahaman yang komprehensif tentang kondisi geologi pada daerah penelitian.
2. Mengetahui sejarah geologi daerah penelitian dengan merekonstruksi proses-proses geologi yang berperan dalam pembentukan satuan batuan, struktur geologi, dan geomorfologi.

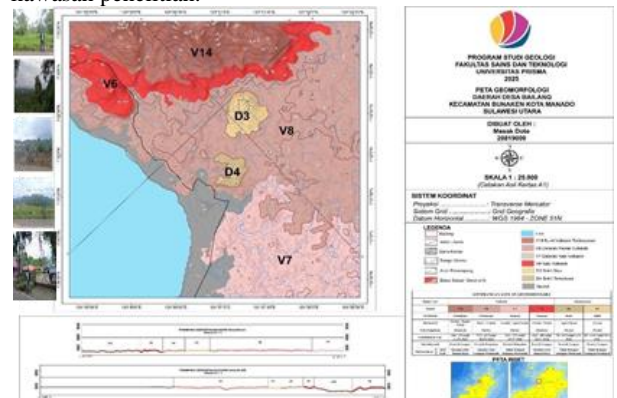
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN Geomorfologi

Geomorfologi merupakan salah satu bidang dalam ilmu geologi yang mengkaji bentuk-bentuk permukaan planet. Bidang ini mencakup pengelompokan, penjelasan, karakteristik, asal usul, dan evolusi bentang lahan, serta keterkaitan antara fenomena tersebut dengan struktur geologi dan sejarah perubahan geologi. Berdasarkan penjelasan Bates dan Jackson (1987), yang diacu oleh Soetoto (2017), tujuan utama geomorfologi adalah untuk memahami dan menafsirkan beragam tampilan permukaan bumi yang merefleksikan riwayat perubahan geologis.

Geomorfologi Daerah Penelitian

Geografi di daerah penelitian ini ditentukan melalui observasi di lapangan dan analisis berbagai aspek geomorfologi, seperti morfografi, pola jaringan sungai, tahap sungai, morfometri, morfodinamik, dan proses sedimentasi. Proses analisis ini sangat berguna untuk memahami dan menggambarkan bentuk lahan yang terdapat di daerah penelitian.

Dengan memperhatikan keadaan dan ciri-ciri geomorfologi, satuan geomorfologi yang ditemukan dikelompokkan berdasarkan beberapa parameter, antara lain relief, litologi, proses geologi, dan struktur geologi yang ada. Pengelompokan ini merujuk pada klasifikasi yang diusulkan oleh Zuidam (1983), yang telah disesuaikan dengan kondisi di kawasan penelitian.



Gambar 4. 1 Peta Geomorfologi Daerah Penelitian Subsatuan Bukit Sisa (D3)

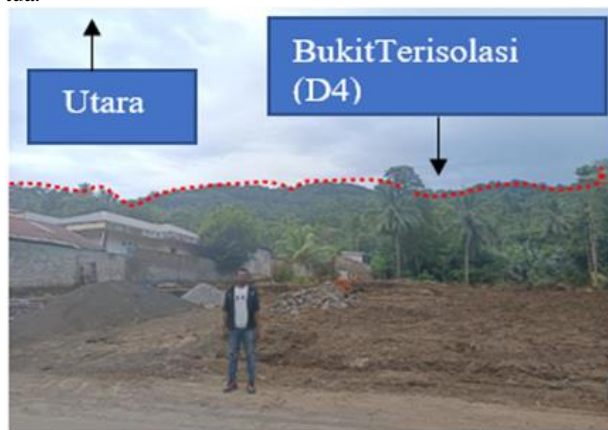
Satuan Bukit sisa (D3) terletak di bagian tenggara pada daerah penelitian yang membentang dari selatan ke timur dalam wilayah tersebut. Luas daerah ini hanya sekitar 10% dari keseluruhan luas wilayah penelitian. Di peta geomorfologi gambar 4.1, daerah ini ditandai dengan warna kuning muda.



Gambar 4.2 Foto bukit sisa (LP 30 (Azimuth Foto N 135° E)

Subsatuan Bukit Terisolasi (D4)

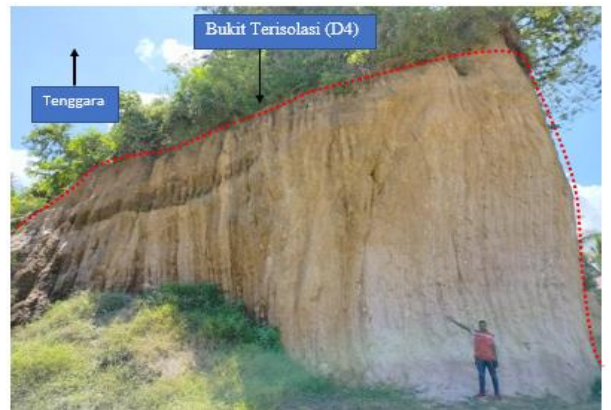
Satuan Bukit Terisolasi (D4) terletak di sudut tenggara daerah penelitian yang membentang dari tenggara menuju timur. Luas wilayah ini hanya mencakup sekitar 5% dari keseluruhan luas daerah penelitian. Pada peta geomorfologi gambar 4.1, ini diwakili dengan warna kuning tua.



Gambar 4.3 Foto perbukitan vulkanik terdenudasional (LP 16 (Azimuth 334° E)

Subsatuan Perbukitan Vulkanik Terdenudasi (V14)

Subsatuan Perbukitan Vulkanik Terdenudasi (V14) berada di utara daerah penelitian, membentang dari barat laut hingga ke utara. Memiliki luas sekitar 30% dari keseluruhan daerah penelitian, subsatuan ini merupakan yang paling besar di daerah tersebut. Pada peta geomorfologi gambar 4.1, subsatuan ini dikenali dengan warna merah gelap. Sementara itu, ada subsatuan lain yang berkontribusi sekitar 5% dari total luas daerah penelitian, yang diwakili dengan warna kuning tua pada peta yang sama.



Gambar 4. 4 Foto perbukitan vulkanik terdenudasional (LP 16 (Azimuth 334° E)

Subsatuan Kaki Vulkanik (V6)

Subsatuan satuan kaki vulkanik (V6) terletak di wilayah utara lokasi penelitian, membentang dari arah barat laut menuju timur dan tenggara. Di dalam Peta Geomorfologi gambar 4.5, area yang ditandai dengan warna merah darah dan mencakup luas 45%.



Gambar 4. 5 Foto kaki vulkanik (LP 7 (Azimuth Foto N 335° E)

Subsatuan Dataran Kaki Vulkanik (V7)

Subsatuan dataran kaki vulkanik (V7) berada di sisi tenggara daerah studi dan membentang dari arah selatan ke timur. Wilayah ini mencakup sekitar 20% dari keseluruhan daerah penelitian. Dalam peta geomorfologi gambar 4.1, kawasan ini diwarnai dengan nuansa pink terang. Satuan geomorfologi ini menunjukkan pola aliran sungai yang bersifat paralel dan dendritik, dengan perkembangan sungai yang berbeda-beda antara yang masih muda dan yang telah tua.



Gambar 4.6 Foto dataran kaki vulkanik (LP 45 (Azimuth Foto N 123° E)

Subsatuan Dataran Fluvial Vulkanik (V8)

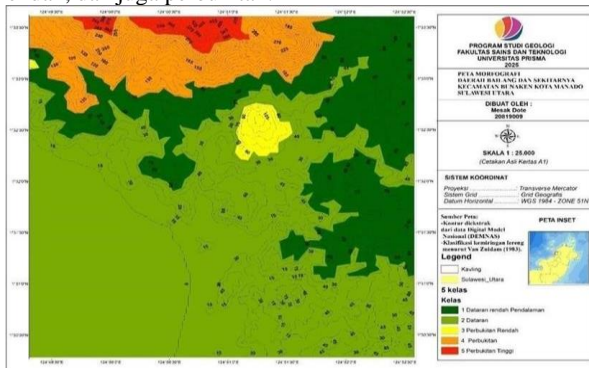
Satuan Dataran Fluvial Vulkanik (V8) berada di bagian utara wilayah penelitian dan menjulur dari selatan ke timur. Luasan satuan ini mencapai sekitar 25,1% dari total daerah yang diteliti. Pada peta geomorfologi gambar 4.1, satuan ini ditunjukkan dengan warna merah muda tua.



Gambar 4. 7 Foto dataran fluvial vulkanik (LP 40 (Azimuth Foto N 354° E)

Morfografi

Morfografi adalah penjelasan yang menggambarkan bentuk permukaan tanah yang dapat diteliti melalui pengamatan kontur di lokasi. Dalam penelitian ini, berdasarkan pada ketinggian kontur, titik terendah ditemukan pada 75 meter di atas permukaan laut, sedangkan titik tertingginya mencapai 450 mdpl. Rentang ketinggian yang cukup besar ini menunjukkan variasi morfografi yang meliputi dataran rendah, perbukitan rendah, dan juga perbukitan.



Gambar 4. 8 Peta morfografi daerah penelitian

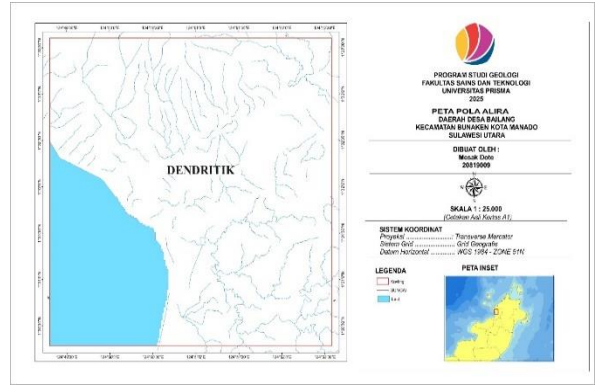
Morfodinamik

Morfodinamik merupakan sub-bidang dari dinamika luar yang berhubungan dengan proses-proses yang disebabkan oleh angin, air, dan es, serta pergerakan massa seperti bukit pasir, tepi sungai, pantai, morain terminal, dan daerah tandus. Observasi di lapangan mengindikasikan bahwa di daerah penelitian terjadi bermacam proses, termasuk erosi tebing sungai, tanah longsor, dan pengendapan.

Pola Pengaliran Daerah penelitian

Pola pengaliran merupakan sistem jaringan sungai yang menghasilkan berbagai jenis aliran dengan ciri khas tersendiri. Menurut pengelompokan yang diajukan oleh Howard (1967), pengaliran di lokasi studi dibagi menjadi satu kategori pola sub-dendritik (SD).

Untuk informasi yang lebih mendetail mengenai pola pengaliran di lokasi penelitian, silakan lihat peta yang terdapat dalam lampiran gambar 4.9.



Gambar 4. 9 Peta pola aliran daerah penelitian

Sungai Stadia Muda

Sungai yang berada dalam fase awal di daerah penelitian ini ditandai oleh pola penampang yang mirip dengan huruf "V" di lihat pada gambar 4.10. Dalam keadaan ini, aliran sungai terlihat sempit, dengan jumlah air yang mengalir cenderung lebih sedikit jika dibandingkan dengan sungai yang sudah berada di fase dewasa atau lanjut. Wilayah sungai yang masih muda ini dapat ditemukan di bagian utara, tidak jauh dari Desa Molas.



Gambar 4. 10 Sungai bentuk V daerah penelitian (LP 19 (Azimuth Foto N 332° E)

Sungai Stadia dewasa

Sungai yang berada di tahap dewasa ditandai dengan adanya pembentukan endapan di bagian tengahnya, serta peningkatan lebar sungai. Dalam fase ini, erosi pada sisi sungai lebih mendominasi dibandingkan dengan erosi ke bawah, dan daerah banjir mulai terbentuk di sekitar sungai. Salah satu contoh dari tahap sungai dewasa dapat dilihat di wilayah Desa Bailang.



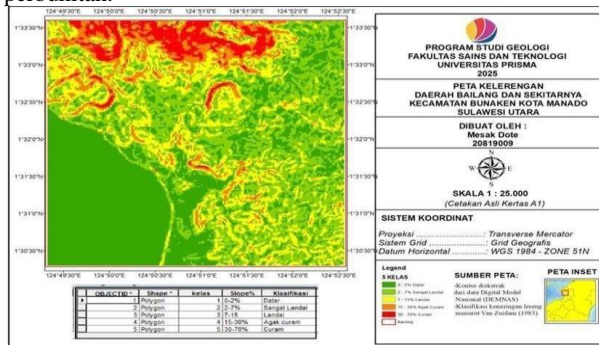
Gambar 4. 11 Sungai bentuk U daerah penelitian (LP 40 (Azimuth Foto 120°E)

Stadia daerah penelitian

Kondisi morfologi di daerah penelitian belum menggambarkan keadaan geologi yang sebenarnya, berarti belum ada perubahan dari kondisi semula. Hal ini terlihat dari bentuk-bentuk awal seperti patahan di lokasi penelitian, di mana permukaan belum mengalami pengikisan atau erosi sehingga belum terlihat di lapangan, tetapi masih dapat dikenali lewat pola kelurusan morfologi. Selain itu, terdapat juga bentuk-bentuk geologis seperti kerucut lapilli, yang mirip dengan patahan pada umumnya, namun pola konsentris sebagai indikator di daerah penelitian menunjukkan keberagaman morfologi, terdiri dari dataran, perbukitan dengan lembah dan pematang, serta kemiringan lereng yang bervariasi. Selanjutnya, sungai-sungai mengalir di permukaan dan membentuk suatu sistem pola pengaliran. Di kawasan penelitian, terdapat pola sub-dendritik dan pola paralel.

Morfometri

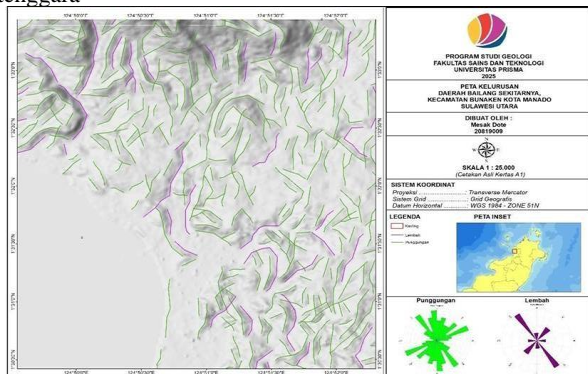
Dalam analisis ini, data morfometri seperti ketinggian dan sudut lereng dianalisis untuk mendapatkan pemahaman tentang topografi wilayah kajian. Berdasarkan data DEMNAS dan verifikasi lapangan, pada daerah penelitian menunjukkan ketinggian dari 88 mdpl hingga 35 mdpl dengan variasi relief yang mencakup daerah dataran rendah hingga perbukitan.



Gambar 4. 12 Peta kelerengan daerah penelitian

Struktur Geologi Daerah Penelitian

Garis kelurusan ditarik dengan cara mengikuti alur punggung dan lembah melalui DEMNAS dan juga pada pengamatan di lapangan maka berdasarkan hasil analisis yang dilakukan di daerah penelitian, garis punggung diberi tanda warna hijau dan garis lembahan ditandai dengan warna ungu, sehingga diperoleh arah dominan yaitu barat laut hingga tenggara

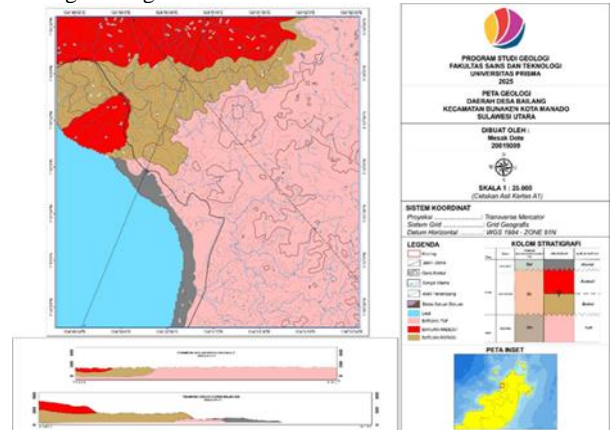


Gambar 4. 13 Peta kelurusan struktur geologi daerah penelitian

Stratigrafi Daerah Penelitian

Stratigrafi di lokasi studi yang mencakup wilayah Bailang dan sekitarnya dapat dibagi menjadi beberapa unit batuan, berdasarkan pengamatan dan interpretasi data yang telah dilakukan.

Dengan informasi yang dihasilkan dari unit stratigrafi ini, analisis mengenai sejarah geologi di lokasi penelitian dapat dilakukan dengan lebih mudah, mengingat pentingnya memperhatikan umur relatif dan proses pembentukan dari masing-masing unit batuan.



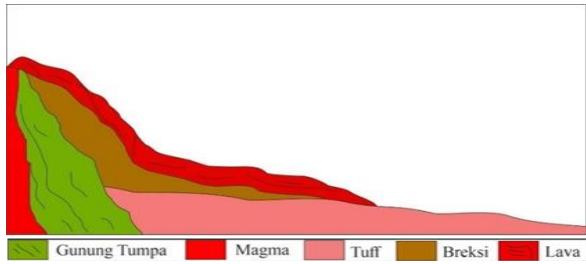
Gambar 4. 14 Peta geologi daerah penelitian Satuan Lava Andesit Pandu

Satuan lava andesit Pandu memiliki warna abu-abu lihat gambar 4.19, dengan variasi dalam strukturnya, yang mencakup jenis masif dan vesikuler. Analisis megaskopiknya menunjukkan bahwa ada tingkat kristalisasi hipokristalin, dengan ukuran butiran yang bersifat afanitik dan fanerik. Biasanya, bentuk kristalnya adalah anhedral hingga subhedral, dan hubungan antar kristalnya termasuk dalam kategori inekuangular. Bahan utama dari batuan ini terdiri dari plagioklas, hornblenda, dan biotit. Berdasarkan pengamatan mikroskopis, batuan ini dapat dikategorikan sebagai andesit Streicksein (1978), dan Dunn (1986).



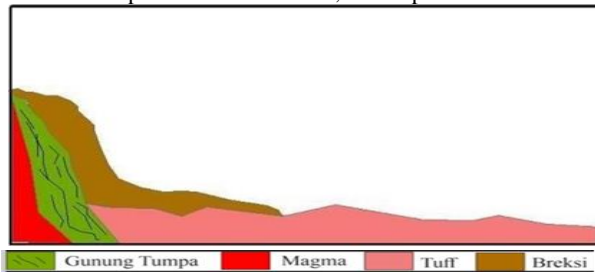
Gambar 4. 15 Satuan andesit Pandu daerah penelitian (LP 31 (Azimuth Foto N 2°E)

Dalam observasi mikroskopis yang dilakukan, tampak struktur vesikuler dengan tekstur afanitik. Ukuran mineral yang teramati bervariasi dari halus sampai sedang, dengan komposisi utama berupa Plagioklas. Mineral ini menunjukkan warna absorpsi yang jernih, memiliki relief yang rendah, dan tidak menunjukkan pleokroisme. Kristalnya memiliki bentuk antara euhedral dan anhedral, dan terlihat dengan satu belahan.



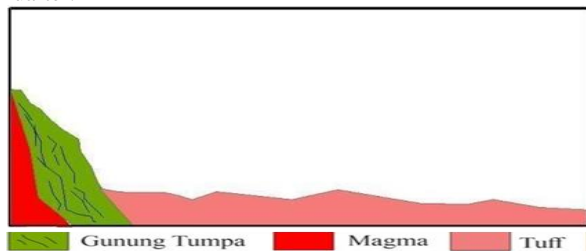
Gambar 4.21 Sejarah fase pertama

Pada tahap kedua, muncul Satuan Breksi Molas yang diduga muncul akibat letusan piroklastik dari Gunung Tumpa. Satuan ini terbentuk pada zaman Plistosen, dalam periode Kuartar.



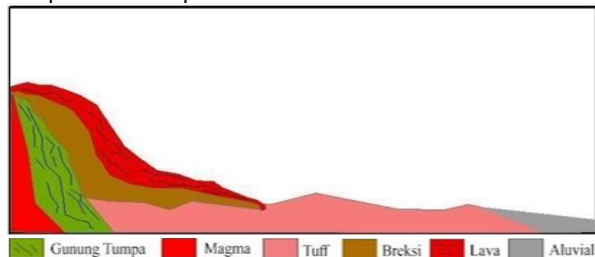
Gambar 4. 22 Sejarah fase kedua

Fase ketiga, terbentuklah Satuan Tuff Bailang yang diperkirakan berasal dari dan terjadi sebagai akibat dari erupsi besar saat terbentuknya Kaldera Tondano pada masa Periode Kuartar.



Gambar 4. 23 Sejarah fase ketiga

Pada Tahap Keempat, satuan terakhir yang terakumulasi adalah Satuan Aluvial yang terdiri dari sedimen yang bebas dan terdeposisi selama periode Holosen.



Gambar 4.24 Sejarah fase keempat

BAB V KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pemetaan geologi permukaan, analisis di laboratorium, serta interpretasi, terdapat beberapa kesimpulan mengenai kondisi geologi di wilayah Bailang dan sekitarnya. Geomorfologi daerah penelitian dapat dikelompokkan menjadi satu subsatuan geomorfologi, yaitu Subsatuan tersebut dapat dibagi lagi menjadi enam subsatuan diantaranya yaitu subsatuan geomorfik bukit sisa (D3) yang mencakup 10% dan subsatuan geomorfik perbukitan terisolasi (D4) dengan luas 5%, subsatuan perbukitan vulkanik yang terdenudasi (V14) seluas 30%, subsatuan kaki vulkanik (V6) seluas 45%, subsatuan dataran

kaki vulkanik (V7) yang memiliki luas 20%, serta subsatuan dataran fluvial vulkanik (V8) seluas 25,1%. Pola pengaliran pada daerah penelitian yang bersifat dendritik.

Daftar Pustaka

- Bates, R.L., & Jackson, J.A. (1987). *Glossary of Geology* (3rd ed.). American Geological Institute.
- Billings, M.P. (1974). *Structural Geology*. Prentice-Hall of India Private Limited.
- Davis, G.H. (1996). *Structural Geology of Rocks and Regions*. The University of Arizona.
- Effendi, A.C., & Bawono, S.S. (1997). *Peta Geologi Lembar Manado, Sulawesi Utara, Skala 1:250000*. Pusat Studi Geologi, Bandung.
- Fisher, R.V. (1966). *Rocks Composed of Volcanic Fragments and Their Classification*. Earth Science.
- Fossen, H. (2010). *Structural Geology*. New York: Cambridge University Press.
- Hamilton, W. (1979). *Tectonics of the Indonesian Region*. U.S. Geological Survey.
- Howard, A.D. (1967). *Drainage Analysis in Geologic Interpretation*. Geological Society of America Bulletin.
- Katili, J.A. (1973). *Volcanism and Plate Tectonics in Indonesian Island Arc*. Tectonophysics.
- Koperberg, M. (1928). *Bouwstoffen voor de Geologie van de Residentie Menado and Atlas*. Jaarb Mijneuzen in Ned. Indie.
- McPhie, J.D.M. (1993). *Volcanic Textures: A Guide to the Interpretation of Textures in Volcanic Rocks*. University of Tasmania.
- Munir, M.H. (1996). *Geologi dan Mineralogi Tanah*. Pustaka Jaya, Jakarta.
- O'Dunn, J., & Sill, W. (1986). *Andesite: Petrology and Geochemistry*. Geological Society of America.
- Pettijohn, F.J. (1975). *Sedimentary Rocks*. New York: Harper and Row Publishers.
- Schmid, R. (1981). *Classification of Volcaniclastic Rocks*. Journal of Volcanology and Geothermal Research.
- Schumm, S.A. (1963). *Patterns of Drainage Development on Unstable Surfaces*. Geological Society of America Bulletin.
- Soetoto, R. (2017). *Geomorfologi dan Perubahan Geologis*. Penerbit XYZ.
- Streckeisen, A. (1976). *Classification of Igneous Rocks*. International Union of Geological Sciences.
- Steno, N. (1669). *De Solido Intra Solidum Naturaliter Contento Dissertationis Prodromus*. Florence.
- Sukanto, R. (1978). *Geologi Sulawesi dan Implikasinya terhadap Tektonik Indonesia*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Thornbury, W.D. (1954). *Principles of Geomorphology*. John Wiley & Sons.
- Travis, R.B. (1955). *Classification of Rocks*. Colorado: The Colorado School of Mines.
- Twidale, C.R., & Campbell, E.M. (1969). *Geomorphology and Structural Geology*. Cambridge University Press.
- Van Zuidam, R.A. (1975). *Geomorphological Approach to Terrain Analysis*. ITC Publication.
- Verstappen, H.Th. (1985). *Applied Geomorphological Survey and Natural Hazard Zoning*. ITC, Enschede.
- Wentworth, C.K. (1922). *A Scale of Grade and Class Terms for Clastic Sediments*. Journal of Geology, Vol. XXX: 377-392