



INTERAKSI VULKANIK DAN TEKTONIK DI PULAU SANGIHE DAN GUNUNG AWU: SEBUAH STUDI INTEGRATIF DALAM KONTEKS GEOLOGI INDONESIA

H.D. Rachmadhan^{1,2*}, J.H.M. Djaya^{1,2*}

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: jokodjaya18@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini mendalami geologi dan proses geodinamika Pulau Sangihe dan Gunung Awu di Sulawesi Utara, Indonesia, di Sabuk Api Pasifik. Pulau Sangihe terkenal dengan aktivitas vulkanik intensif dan fenomena tektonik signifikan. Fokus utama studi ini adalah memahami stratigrafi kompleks dan interaksi antara proses vulkanik dan tektonik yang membentuk geologi khas wilayah ini. Metode penelitian meliputi pengamatan lapangan, analisis petrografi, dan integrasi data untuk mengungkap sejarah dan ragam aktivitas vulkanik, serta keberagaman batuan seperti tufa, basalt, dan andesit yang membentuk lanskap pulau melalui erupsi Plinian, aliran lava, dan endapan piroklastik. Secara tektonik, Pulau Sangihe terletak di zona subduksi antara Lempeng Pasifik dan Eurasia, menciptakan pola gempa bumi dan deformasi kerak bumi yang penting. Penelitian ini juga mengungkap struktur bawah permukaan dan sistem patahan yang mempengaruhi aktivitas tektonik di wilayah ini, memberikan pemahaman mendalam tentang proses geodinamika yang terjadi. Implikasi penelitian ini meliputi mitigasi risiko geohazard dan pengelolaan sumber daya alam yang berkelanjutan. Studi ini memberikan kontribusi penting dalam memahami kompleksitas geologi di Cincin Api Pasifik, menekankan pentingnya interaksi antara proses vulkanik dan tektonik dalam membentuk lanskap geologis yang dinamis dan berbahaya.

Kata Kunci: Stratigrafi, Geologi, Pulau Sangihe, Gunung Awu, Geohazard

PENDAHULUAN

Geologi regional adalah studi mendetail tentang pembentukan, struktur, dan sejarah geologi suatu daerah, dengan fokus pada proses geologi yang mempengaruhi wilayah tersebut dalam skala regional. Pulau Sangihe, terletak di Sulawesi bagian utara, merupakan bagian dari sabuk vulkanik di Cincin Api Pasifik, erupsi vulkaniknya yang sering dan aktivitas tektoniknya yang terus-menerus. Wilayah ini adalah subjek penelitian yang menarik karena dapat memberikan wawasan mendalam tentang interaksi kompleks antara proses vulkanik dan tektonik dalam membentuk lanskap geologi.

Pulau Sangihe terdiri dari beberapa gunungapi aktif yang dominan, termasuk Gunung Awu, stratovolcano yang menjadi fokus utama studi geologi regional ini. Formasi stratigrafi Pulau Sangihe meliputi berbagai lapisan batuan

vulkanik yang terbentuk dari berbagai periode erupsi, mencerminkan sejarah magmatik yang panjang di wilayah ini. Data stratigrafi mendetail dari gunung-gunung ini sangat penting untuk memahami evolusi geologi wilayah ini dan memprediksi potensi geohazard vulkanik di masa depan.

Secara tektonik, Pulau Sangihe terletak di batas konvergen antara Lempeng Pasifik dan Lempeng Eurasia. Interaksi tektonik antara lempeng-lempeng ini menghasilkan kompleksitas dalam pola gempa bumi dan aktivitas vulkanik di wilayah ini. Penelitian geologi regional yang mencakup analisis tektonik membantu memahami pergerakan lempeng, distribusi deformasi kerak, dan potensi terjadinya gempa bumi atau tsunami di sepanjang zona subduksi di sekitar Pulau Sangihe (perlu ada penelitian lanjutan).

Tujuan utama dari penelitian ini adalah menyelidiki secara mendalam kompleksitas stratigrafi, proses tektonik, dan interaksi antara aktivitas magmatik dan geodinamika regional. Pemahaman yang lebih mendalam tentang geologi Pulau Sangihe tidak hanya mendukung perkembangan ilmiah dan penelitian geologi fundamental tetapi juga berperan penting dalam upaya mitigasi risiko geohazard di masa depan. Studi ini bertujuan untuk meningkatkan keselamatan masyarakat lokal, mendukung perencanaan regional yang berkelanjutan, dan memberikan kontribusi yang signifikan bagi ilmu bumi global.

Metode Penelitian

Metodologi penelitian kami mengadopsi pendekatan *multi-faceted*, meliputi pengamatan lapangan, analisis petrografi, dan integrasi data. Pengamatan lapangan dilakukan dengan mengumpulkan sampel batuan dari berbagai lokasi di dan sekitar Pulau Sangihe. Kami melakukan analisis petrografi mendalam terhadap sampel ini di laboratorium untuk mengidentifikasi komposisi mineral, tekstur batuan, dan merekonstruksi sejarah vulkanik. Analisis ini sangat penting dalam memahami evolusi geologi dan dinamika tektonik kompleks Pulau Sangihe.

Penelitian ini sangat dipengaruhi oleh kontribusi berharga dari studi-studi sebelumnya yang telah memberikan wawasan mendalam tentang evolusi geologi regional di Sulawesi Utara.

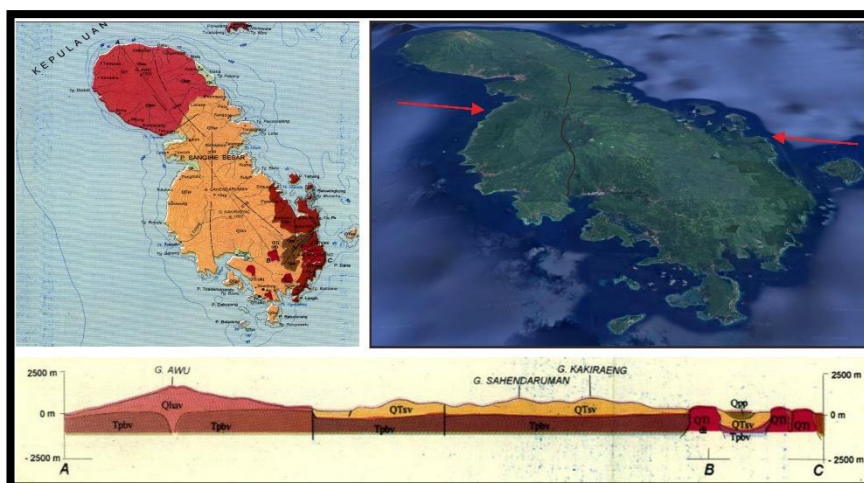
Mencakup analisis gaya tektonik di sabuk orogen Neogen Indonesia dan evolusi geologi Kenozoikum di Asia Tenggara dan Pasifik Barat Daya. Integrasi hasil penelitian ini tidak hanya memperdalam pemahaman kita tentang stratigrafi dan proses geodinamis yang terjadi di Pulau Sangihe tetapi juga meningkatkan relevansi internasional dari studi ini dalam konteks Cincin Api Pasifik.

Pendekatan metodologis ini diharapkan memberikan kontribusi signifikan bagi pengetahuan ilmiah tentang kompleksitas geologi Pulau Sangihe dan sekitarnya. Selain itu, penelitian ini juga diharapkan mendukung upaya mitigasi risiko geohazard dan mempromosikan pembangunan berkelanjutan di masa depan.

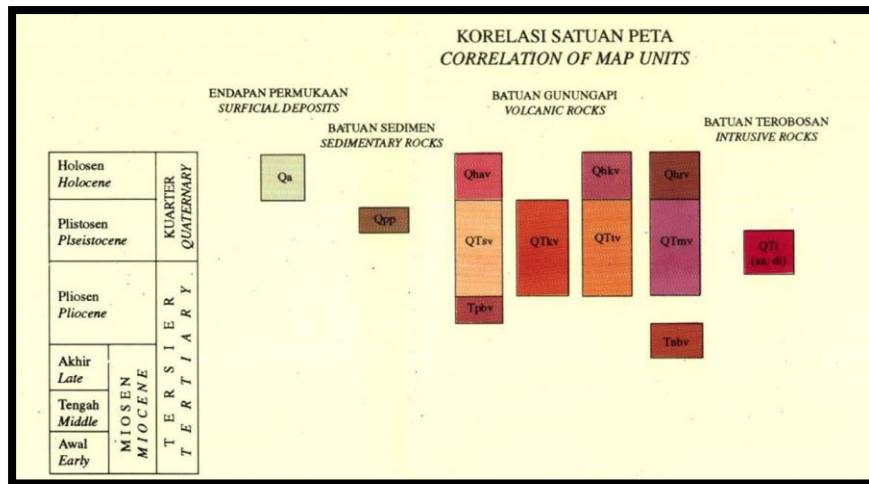
Hasil dan Pembahasan

Stratigrafi dan Geologi Pulau Sangihe

Pulau Sangihe menawarkan sejarah geologi yang kompleks dengan berbagai formasi batuan (gambar 1 dan 2) yang mencerminkan aktivitas vulkanik yang beragam dan panjang. Batuan vulkanik seperti tufa, basalt, dan andesit mendominasi lanskap, menunjukkan sejarah vulkanik yang signifikan. Studi stratigrafi menunjukkan keberadaan lapisan batuan yang berbeda, terbentuk melalui berbagai proses vulkanik dan sedimentasi. Peneliti sebelumnya [1] mengaitkan proses ini dengan dinamika geologi yang dipengaruhi oleh interaksi antara lempeng tektonik utama di wilayah tersebut.



Gambar 1. Formasi yang hadir di Pulau Sangihe regional [2]



Gambar 2. Formasi yang hadir di Pulau Sangihe [2]

Pulau Sangihe, yang terletak di sabuk vulkanik Cincin Api Pasifik, menawarkan sejarah geologis yang kaya dengan berbagai formasi batuan yang mencerminkan aktivitas vulkanik yang beragam selama jutaan tahun. Di antara berbagai jenis batuan yang signifikan adalah:

Batuan Tersier-Kuarter (Formasi Gunungapi)

Batuan ini terdiri dari andesit-basalt dengan struktur bantal yang khas. Struktur bantal ini terbentuk dari aliran lava yang mengalir di bawah atau dalam air laut, menunjukkan aktivitas vulkanik yang berlangsung dari zaman Tersier hingga Kuarter. Selama periode ini, Pulau Sangihe telah mengalami serangkaian erupsi vulkanik yang mempengaruhi lanskap dan struktur geologisnya secara signifikan.

Batupasir Tuffan Sejajar

Batuan ini terbentuk dari material piroklastik, seperti tuff dan pasir vulkanik. Pembentukannya terjadi di lingkungan darat-transisi, yang merupakan area antara daratan dan lingkungan laut. Material piroklastik ini sering kali terbentuk akibat letusan gunungapi yang menghasilkan material yang dilemparkan ke udara dan kemudian mengendap di sekitar area erupsi. Kehadiran batuan ini mengindikasikan adanya fase erupsi eksplosif dan periode aktivitas vulkanik yang intens.

Batuan Trobosan Tersier-Kuarter

Batuan ini dominan terdiri dari diorit dan andesit, dan menunjukkan adanya intrusi magma yang memotong Batuan Gunungapi Sahendaruman. Intrusi magma ini mencerminkan kompleksitas geologi di bawah permukaan Pulau Sangihe, yang terbentuk dari proses magmatik yang berlangsung selama jutaan tahun. Perubahan komposisi batuan ini memberikan wawasan tentang evolusi geologis dan dinamika tektonik di wilayah ini.

Batuan Sedimen dan Endapan Permukaan Kuarter

Batuan ini didominasi oleh endapan batuan asal-gunungapi yang terendapkan di permukaan. Proses pembentukannya melibatkan pengendapan material vulkanik seperti tuff, breksi, dan endapan lainnya yang terbawa oleh air atau angin setelah erupsi gunungapi. Keberadaan batuan ini tidak hanya mencatat sejarah aktivitas vulkanik yang terjadi di Pulau Sangihe tetapi juga memberikan informasi penting tentang perubahan lingkungan geologis dan paleoklimatik di daerah tersebut.

Stratigrafi regional

Melalui pemahaman mendalam tentang jenis batuan ini, para ilmuwan dapat merangkai kembali sejarah geologis Pulau Sangihe dari

waktu ke waktu. Studi ini tidak hanya penting untuk memahami evolusi geologi regional, tetapi juga memiliki implikasi yang signifikan dalam mitigasi risiko geohazard dan pengelolaan sumber daya alam di masa depan. Dengan menggunakan pendekatan multidisiplin, penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam memperdalam pemahaman ilmiah tentang dinamika kompleks geologi Cincin Api Pasifik, khususnya di Pulau Sangihe.

Proses Vulkanik yang Membentuk Batuan

Aktivitas vulkanik yang intensif telah membentuk karakteristik geologi khas Pulau Sangihe. Erupsi berulang dan aliran lava telah membentuk kaldera, kerucut vulkanik, dan endapan piroklastik yang luas sepanjang sejarah geologisnya. Penelitian [3] menyoroti peran erupsi Plinian, aliran piroklastik, dan pembentukan kubah lava dalam membentuk topografi pulau ini. Erupsi-erupsi ini tidak hanya mempengaruhi morfologi permukaan tetapi juga menghasilkan endapan piroklastik yang kompleks, yang dapat dianalisis untuk memahami sejarah vulkanik pulau ini.

Proses Tektonik

Proses Tektonik di Pulau Sangihe

Pulau Sangihe terletak di zona tektonik aktif yang melibatkan interaksi kompleks antara Lempeng Indo-Australia dan Lempeng Eurasia (gambar 3.). [4][5] menyoroti bahwa proses subduksi dan pergerakan lateral lempeng telah menciptakan pola deformasi dan struktur geologi yang kompleks di pulau ini. Patahan-patahan tektonik yang terbentuk menunjukkan aktivitas tektonik yang signifikan, yang dapat dikaitkan dengan pergerakan lempeng dan kompleksitas struktur tektonik di wilayah ini. Peneliti sebelumnya [6] juga menambahkan bahwa evolusi geologi Kenozoikum di Asia Tenggara dan Pasifik Barat Daya, termasuk Pulau Sangihe, dipengaruhi oleh serangkaian peristiwa tektonik yang kompleks, termasuk tumbukan lempeng dan proses subduksi. Di Lengan Utara Sulawesi, aktivitas tektonik telah membentuk struktur geologi yang unik melalui beberapa fase penting.

Pada Mesozoikum, aktivitas rifting menghasilkan pembentukan awal struktur geologi dasar. Selanjutnya, pada zaman Kapur dan Paleogen, subduksi yang intensif membentuk busur vulkanik yang menghasilkan berbagai batuan gunungapi dan kompleks batuan ofiolit. Pada Miosen, wilayah ini mengalami tumbukan antara busur vulkanik dan mikrokontinen, menghasilkan struktur geologi kompleks termasuk sesar naik dan lipatan. Aktivitas tektonik ini berlanjut hingga zaman Kuartar, dengan subduksi ganda di Laut Sulawesi dan tenggara Lengan Utara, yang menghasilkan busur vulkanik aktif seperti busur Minahasa-Sangihe.

Kombinasi dari proses tektonik ini telah membentuk Pulau Sangihe sebagai bagian integral dari sistem tektonik di Lengan Utara Sulawesi. Kompleksitas interaksi antara pergerakan lempeng, subduksi, dan tumbukan menciptakan kondisi geologi yang dinamis dan beragam, yang mencerminkan sejarah tektonik panjang yang melibatkan berbagai mekanisme deformasi dan evolusi geologis. Analisis mendalam tentang sejarah dan struktur geologi di Pulau Sangihe dapat memberikan wawasan penting mengenai risiko geologi dan potensi sumber daya alam di wilayah ini [7][8][9].

Geologi dan Studi Fasies Gunung Awu

Gunung Awu merupakan salah satu stratovolcano aktif yang paling dominan di Pulau Sangihe. Studi fasies vulkanik dan stratigrafi Gunung Awu [10][11] menyoroti variasi dalam jenis endapan vulkanik di sekitar Gunung Awu. Pengamatan lapangan mengungkapkan berbagai fase erupsi dan aktivitas vulkanik, mencerminkan sejarah erupsi gunung ini. Peneliti [12] menyelidiki endapan piroklastik di stratovolcano untuk memahami proses pembentukan dan penyimpanan endapan selama erupsi.

Proses Vulkanik Gunung Awu

Gunung Awu telah mengalami erupsi besar yang telah membentuk karakteristik geologi khas di sekitarnya. Analisis vulkanik serta penelitian sebelumnya [13][14] menyoroti variasi dalam

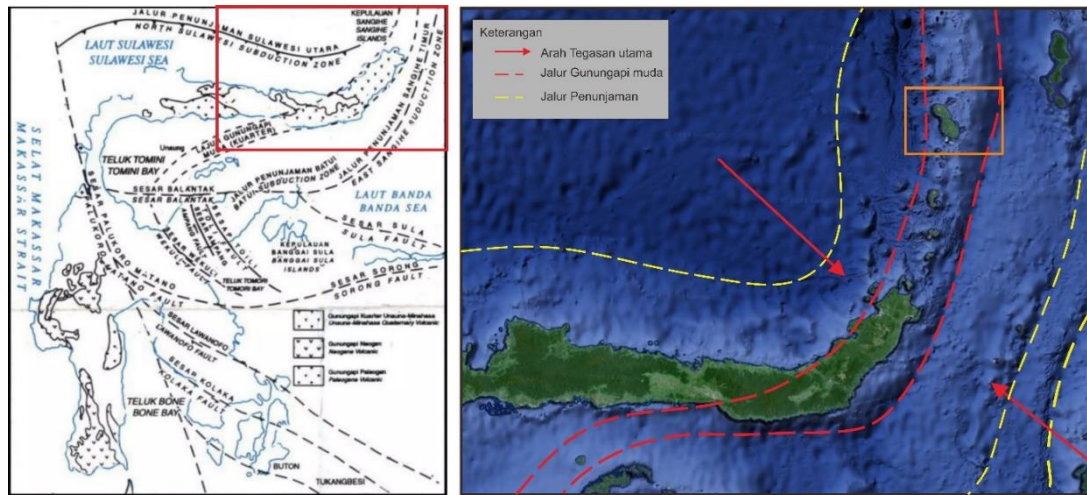
komposisi endapan vulkanik, memberikan wawasan tentang perubahan aktivitas magma dan mekanisme erupsi selama waktu.

Proses Tektonik Gunung Awu

Gunung Awu terletak di zona tektonik aktif, dan pergerakan tektonik memainkan peran signifikan dalam pembentukan dan evolusi struktur vulkaniknya. Penelitian sebelumnya

[15] meneliti deformasi tektonik di wilayah Asia dan menunjukkan bahwa pergerakan lempeng telah menciptakan tegangan tektonik yang signifikan, tercermin dalam pola patahan dan retakan di sekitar Gunung Awu.

Data seismik menunjukkan aktivitas seismik yang signifikan, yang dapat dikaitkan dengan aktivitas magmatik dan proses tektonik di sekitar gunung ini.



Gambar 3. Kondisi tektonik Sulawesi lengan utara [1][6]

Geologi dan Studi Fasies Gunung Awu

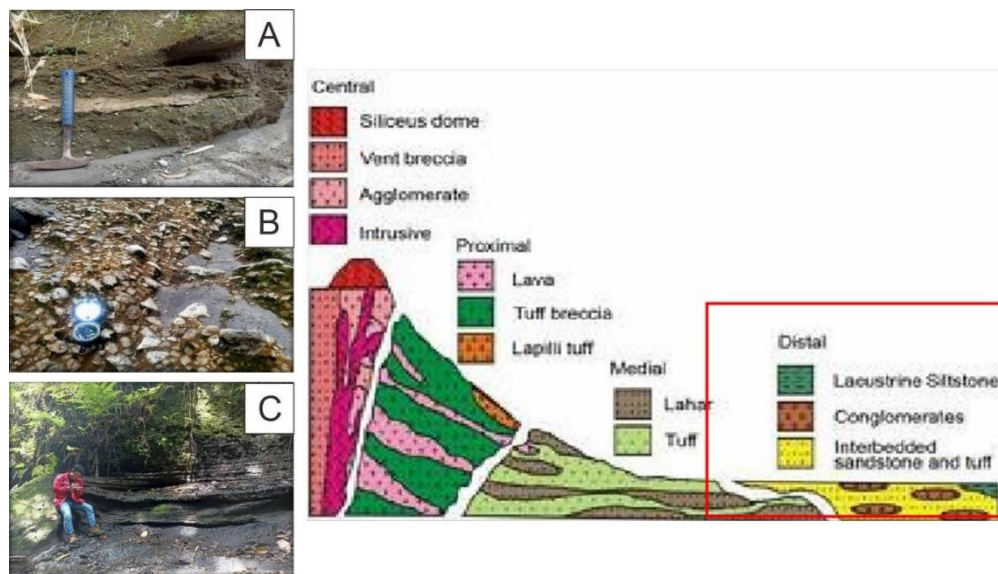
Gunung Awu adalah salah satu gunung api aktif yang paling dominan di Pulau Sangehe. Penelitian ini mengkaji fasies vulkanik dan stratigrafi Gunung Awu, mengidentifikasi sejarah erupsinya dan proses vulkaniknya. Pengamatan lapangan menunjukkan variasi yang signifikan dalam jenis dan distribusi endapan vulkanik di sekitar Gunung Awu, mencerminkan berbagai fase erupsi dan aktivitas vulkanik. Studi [12] tentang endapan piroklastik di stratovolcano memberikan wawasan tentang bagaimana endapan ini terbentuk dan disimpan selama erupsi.

Penelitian [10][11] dengan tujuan utama memahami fasies geologi Gunungapi Awu dan sejarah geologinya (gambar 4.). Daerah penelitian terletak di wilayah yang kaya gunungapi aktif, termasuk Gunung Banua Wuhu dan Gunungapi Awu, yang merupakan titik tertinggi di Kabupaten Kepulauan Sangehe. Metode penelitian meliputi survei lapangan untuk observasi langsung kondisi geologi permukaan, analisis laboratorium, dan studi stratigrafi serta struktur geologi.

Hasil penelitian mengidentifikasi bahwa daerah penelitian termasuk dalam fasies distal Gunungapi Awu. Stratigrafi daerah tersebut terdiri dari berbagai satuan batuan seperti Batuan Beku, Breksi Sisipan Tuff Santiago, Breksi dan Tuff Manente, serta Satuan Alluvial. Penelitian ini juga mengungkapkan adanya struktur geologi berupa kekar dengan arah tegangan utama Barat Laut-Tenggara.

Sejarah geologi daerah penelitian dimulai dari pembentukan Satuan Batuan Beku akibat erupsi Gunungapi Purba Sahendarumang. Selanjutnya, terjadi serangkaian erupsi dan endapan yang membentuk berbagai satuan stratigrafi yang berbeda. Studi ini memberikan kontribusi penting dalam memahami geologi dan sejarah geologi wilayah tersebut, serta dapat digunakan untuk mitigasi geohazard dan pengembangan sumber daya alam di masa depan.

Secara keseluruhan, paper ini tidak hanya menjadi dasar penting untuk penelitian lanjutan di bidang geologi dan vulkanologi, tetapi juga relevan untuk aplikasi praktis dalam upaya mitigasi geohazard di wilayah yang rawan aktivitas gunungapi seperti Sulawesi Utara.



Gambar 4. Interpretasi Fasies gunungapi di Awu di daerah Bungawalang [11]

Diskusi dan Kesimpulan

Studi ini memberikan pemahaman yang mendalam tentang geologi kompleks Pulau Sangihe dan Gunung Awu di Sulawesi Utara. Pulau Sangihe merupakan bagian dari sabuk vulkanik Cincin Api Pasifik yang aktif, terkenal dengan erupsi vulkanik yang sering dan aktivitas tektonik yang signifikan. Gunung Awu, sebagai salah satu stratovolcano dominan di wilayah ini, menjadi fokus utama penelitian ini.

Penelitian ini mengungkapkan kompleksitas stratigrafi Pulau Sangihe yang mencerminkan sejarah vulkanik yang panjang. Berbagai jenis batuan vulkanik seperti tufa, basalt, dan andesit

telah membentuk lanskap pulau ini melalui proses vulkanik yang beragam, termasuk erupsi Plinian, aliran lava, dan endapan piroklastik.

Secara tektonik, Pulau Sangihe terletak di zona subduksi antara Lempeng Pasifik dan Eurasia, yang menciptakan pola kompleks dalam aktivitas gempa bumi dan deformasi kerak bumi. Studi ini juga mengidentifikasi struktur bawah permukaan, sistem patahan, dan pola aktivitas seismik, memberikan wawasan tentang dinamika tektonik di wilayah ini.

Daftar Pustaka

- [1] Hall, R. (2002). Cenozoic geological and plate tectonic evolution of SE Asia and the SW Pacific: Computer-based reconstructions, model and animations. *Journal of Asian Earth Sciences*, 20(4), 353-431.
- [2] Hanang Samodra
- [3] Fisher, R. V., & Schmincke, H.-U. (1984). *Pyroclastic Rocks*. Springer-Verlag.
- [4] Hamilton, W. (1979). *Tectonics of the Indonesian Region*. Geological Survey Professional Paper 1078.
- [5] Simandjuntak, T. O., & Barber, A. J. (1996). Contrasting tectonic styles in the Neogene orogenic belts of Indonesia. *Geological Society, London, Special Publications*, 106(1), 185-201.
- [6] Hall, R. (2007). The plate tectonics of Cenozoic SE Asia and the distribution of land and sea. *The SE Asian gateway: History and tectonics of Australia-Asia collision*, 1(1), 21-55.
- [7] Walker, G. P. L. (1984). Downsag calderas, ring faults, caldera sizes, and incremental caldera growth. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 89(B10), 8407-8416.
- [8] Zufaldi Zakaria dan Sidarto, 2016. Aktifitas Tektonik di Sulawesi dan Sekitarnya Sejak Mesozoikum Hingga Kini Sebagai Akibat Interaksi Aktifitas Tektonik Lempeng Tektonik Utama di Sekitarnya. *J.G.S.M. Vol. 16 No. 3*

- [9] Sandy Nur Eko Wibowo, As'aria, Slamet Suyitno Raharjo 2014, Analisis Daerah Dugaan Seismic Gapdi Sulawesi Utara Dan Sekitarnya, JURNAL MIPA UNSRAT ONLINE 3 (1) 53-57.
- [10] Rachmadhan, H.D., Djaya, J.H.M., Adam, H.E.S.. Potensi Geowisata Berbasis Kenampakan Tanjung Dan Fenomena Sheeting Joint Tanjung Lelapide Pulau Sangihe Sulawesi Utara, Journal Geological Processes, Risks and Integrated Spatial Modeling (belum publish)
- [11] Djaya, J.H.M., & Rachmadhan, H.D. Geologi dan Studi Fasies Gunungapi Awu, Daerah Bungalawang dan sekitarnya, Kecamatan Tahuna, Kabupaten Kepulauan Sangihe, Sulawesi utara, Journal Geological Processes, Risks, and Integrated Spatial Modeling (belum publish)
- [12] Thiede, D. S., & Vasconcelos, P. M. (2010). Paragenesis and geochronology of pyroclastic deposits: Constraints on the evolution of intracontinental caldera systems. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 198(1-2), 77-94.
- [13] Cas, R. A. F., & Wright, J. V. (1987). *Volcanic Successions: Modern and Ancient*. Chapman & Hall.
- [14] Newcomb, K. R., & McCann, W. R. (1987). Seismic history and seismotectonics of the Sunda Arc. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 92(B1), 421-439.
- [15] Molnar, P., & Tapponnier, P. (1975). Cenozoic tectonics of Asia: effects of a continental collision. *Science*, 189(4201), 419-426.