

## **Studi Petrografi dan Alterasi Batuan Andesit, Dasit Sebagai Wall-Rock pada Daerah Makili Desa Makili, Kabupaten Atauro, Timor-Leste**

**Nazario Gomes<sup>1</sup>, James Christopher<sup>2</sup>, Heru Sigit Purwanto<sup>3</sup>, Sutanto<sup>4</sup>, Sutarto<sup>5</sup>,  
Joko Soesilo<sup>6</sup>**

Undergraduated Student of Geological Engineering, University of Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta, Indonesia  
(DIT) Dili Institute of Technology, Dili, Timor - Leste

e-mail: [gomesnazario@gmail.com](mailto:gomesnazario@gmail.com)

### **Abstrak**

Penelitian ini bertujuan untuk memahami karakteristik petrografi dan alterasi batuan andesit dan dasit sebagai batuan samping (wall-rock) di daerah Makili, Kabupaten Atauro, Timor-Leste. Metode penelitian yang digunakan mencakup pemetaan geologi permukaan, pengambilan sampel batuan samping yang telah mengalami alterasi, serta analisis laboratorium menggunakan mikroskop polarisasi untuk pengamatan petrografi detail. Hasil penelitian mengungkapkan bahwa Pulau Atauro termasuk dalam Old Volcanic Product dengan litologi berupa lava andesit, breksi, dan tuf pasiran berbatuapung. Umur Old Volcanic Product diperkirakan sekitar  $2,99 \pm 0,90$  juta tahun lalu atau Pliosen-Plistosen. Analisis mineral mengidentifikasi keberadaan mineral utama seperti Quartz (Qz), Plagioklase (Plg), Mineral opak (Oq), Massa gelas (Mg), Mineral Oksida (Ox), Clay mineral (C), Piroksen (PX), K-Feldspar (K-F), Alunite (Al), Pirofilit (Pyr), Diaspor (Dp), dan Serisit (Ser). Selain itu, penelitian ini mengamati kelurusan yang mencerminkan tren struktur dan kedudukan batuan di daerah Atauro, dengan arah kelurusan UBL-STG, BL-TG, BBL-TTG, dan TL-BD. Mineral alterasi yang ditemukan menunjukkan bahwa daerah penelitian termasuk dalam zona alterasi utama, yaitu zona filik dan zona argilik. Studi ini memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang karakteristik petrografi, alterasi, dan struktur batuan samping di daerah Makili, Kabupaten Atauro, Timor-Leste, yang dapat memberikan wawasan tentang geologi regional dan potensi mineralisasi di wilayah tersebut.

**Kata kunci:** *Petrografi, Alterasi, Dinding Batuan, Pulau Atauro, Old Volcanic Product, Umur Batuan, Mineral Utama, Kelurusan, Zona Alterasi*

### **Abstract**

This study aims to understand the petrographic characteristics and alteration of andesite and dacite rocks as side rocks (wall-rock) in the Makili area, Atauro Regency, Timor-Leste. The research methods used include surface geological mapping, sampling of side rocks that have

undergone alteration, and laboratory analysis using polarization microscopy for detailed petrographic observations. The results revealed that Atauro Island is included in the Old Volcanic Product with lithology in the form of andesite lava, breccia, and pumice sand tuff. The age of the Old Volcanic Product is estimated to be about  $2.99 \pm 0.90$  million years ago or Pliocene-Pleistocene. Mineral analysis identifies the presence of major minerals such as Quartz (Qz), Plagioclase (Plg), Opaque Minerals (Oq), Glass mass (Mg), Oxide Minerals (Ox), Clay minerals (C), Pyrocene (PX), K-Feldspar (K-F), Alunite (Al), Pyrophyllite (Pyr), Diaspor (Dp), and Sericite (Ser). In addition, this study observed straightness reflecting trends in rock structure and position in the Atauro area, with the direction of straightness of UBL-STG, BL-TG, BBL-TTG, and TL-BD. The alteration minerals found show that the study area belongs to the main alteration zones, namely the phylic zone and the argylic zone. The study provides a deeper understanding of the petrographic characteristics, alterations, and siderock structures in the Makili area, Atauro Regency, Timor-Leste, which can provide insight into regional geology and mineralization potential in the region.

**Keywords:** *Petrography, Alteration, Rock Wall, Atauro Island, Old Volcanic Product, Age of Rocks, Main minerals, Straightness, Alteration Zone*

## PENDAHULUAN

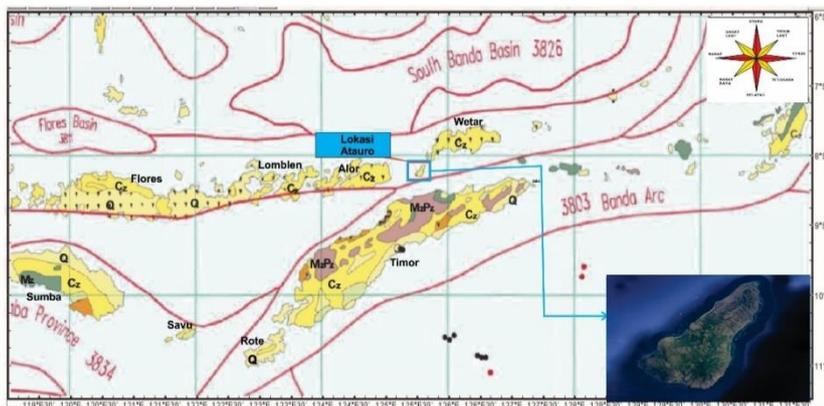
Daerah penelitian terletak di kabupaten Atauro, kira-kira 25 km dari kota Dili ke arah utara (Gb.1) secara tektonik termasuk dalam busur magmatik Banda Arc yang terbentuk selama jaman Tersier sampai Kuartar. Batuan penyusun daerah tersebut yaitu batuan beku, baik intrusi maupun ekstrusi. Pulau Timor merupakan hasil tumbukan antara dua lempeng besar yaitu lempengan kontinen Australia dan lempengan busur kepulauan Banda. Aktivitas tektonik tersebut mengakibatkan kondisi tatanan geologi yang terdapat di pulau Timor cukup kompleks. Proses tektonik akibat dari penunjaman yang terjadi dari pergerakan bagian paling jauh dari lempengan kontinen Australia sampai pada zona subduksi di Utara Timor bertemu dengan busur kepulauan (Wetar, Atauro, Alor Kisar), sehingga wilayah Timor mengalami pengangkatan, perlipatan, dan pensesaran.

Secara regional, tatanan geologi Atauro, Pulau Timor merupakan pulau yang terletak di selatan diantara pulau-pulau lain seperti Alor, Kisar, dan Wetar yang membentuk Busur Banda. Busur Banda sendiri dipisahkan dari paparan benua Australia oleh Terusan Timor dengan kedalaman 3 km. Kemunculan Atauro erat kaitannya dengan Busur Sunda Banda yang merupakan busur kepulauan ganda berbentuk tapal kuda yang merupakan pertemuan 2 antara 3 lempeng utama yaitu Lempeng Indo-Australia, Lempeng Pasifik, dan Lempeng Eurasia. Busur Banda sering juga disebut Banda Suture karena merupakan zona pertemuan dari tiga lempeng yang berbeda.

Data tentang karakteristik petrografi dan alterasi yang berkembang pada batuan sampling dalam suatu sistem hidrotermal akan sangat membantu untuk himpunan mineral alterasi yang dijumpai pada batuan sampling tersebut (Corbet dan Leach, 1996) . Data-data himpunan hasil alterasi akan sangat berguna dalam menentukan zona alterasi yang berkembang dan juga interpretasi awal tentang kisaran suhu proses mineralisasi dan alterasi yang terjadi serta menentukan estimasi atau perkiraan kedalaman pembentukannya (Cooke

dan Simon, 2000). Semua data-data tersebut pada akhirnya merupakan data yang sangat penting dalam melakukan eksplorasi lebih lanjut.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik petrografi dan alterasi batuan sampling atau wall-rock pada daerah propsek Atauro, Makili dan Villa. Data-data tersebut kemudian digunakan untuk mengetahui zona alterasi yang berkembang dan juga melakukan interpretasi kisaran suhu dan kedalaman pembentukan mineralisasi di bawah permukaan



**Gambar 1. Peta Tunjuk lokasi penelitian Pulau Atauro Indonesia (USGS)**

## **METODE PENELITIAN**

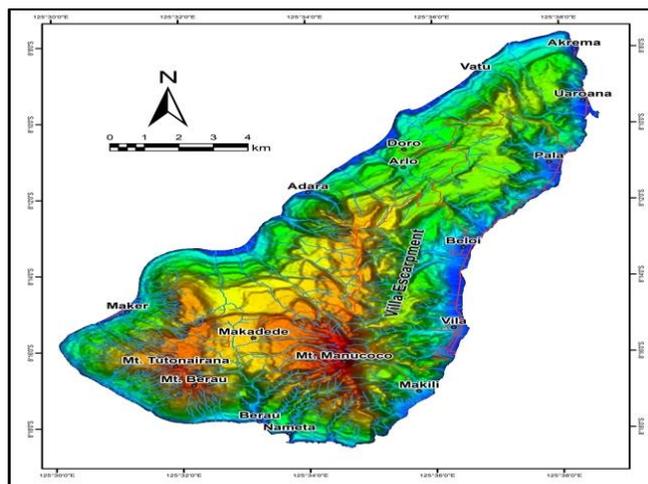
Penelitian ini dilakukan dengan metode penelitian geologi permukaan yaitu dengan melakukan survei lapangan secara langsung, mencakup pengambilan data geomorfologi, stratigrafi dan struktur geologi. Pada penelitian ini pemetaan geologi menjadi suatu rangkaian proses pengumpulan data yang didapat dari pengamatan lapangan, sehingga data yang dikumpulkan adalah data primer sesuai dengan fakta lapangan belum melalui proses analisis. Selain itu, pengambilan sampel secara detail dan terpadu dilakukan untuk mendapatkan sampel permukaan dari wall-rock pada daerah-daerah yang sudah ditentukan berdasarkan hasil pemetaan geologi. Pemilihan lokasi pengambilan data didasarkan pada kondisi singkapan yang memungkinkan untuk dilakukan pengukuran atau pengambilan data. Selain pengambilan sampel, dilakukan pengukuran arah penyebaran urat kuarsa dengan menggunakan kompas geologi dan koordinat titik sampel dengan menggunakan GPS dan pengambilan foto-foto singkapan serta geomorfologi. Pengambilan contoh batuan menggunakan palu geologi (pick point) dan pengambilan foto-foto geologi yang diperlukan menggunakan kamera digital. Selanjutnya sampel wall-rock batuan dasit, andesit dari lapangan dianalisis dengan menggunakan mikroskop Nikon digital yang dilakukan di laboratorium Petrografi Departemen Teknik Geologi Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta. Jumlah sampel yang dikumpulkan adalah 10 sampel yang terdiri dari batuan Andesit dan dasit. Sampel yang diambil berupa sampel batuan fresh, batuan teralterasi, dan urat kuarsa (vein/veinlets). Setelah sampel dikumpulkan metode Analisis yang dilakukan meliputi analisis petrografi, mineralogi dan streografis Dips (6.0) di Pusat

Sumber daya mineral batu-bara dan panas bumi di laboratorium Petrografi Departemen Teknik Geologi Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta.

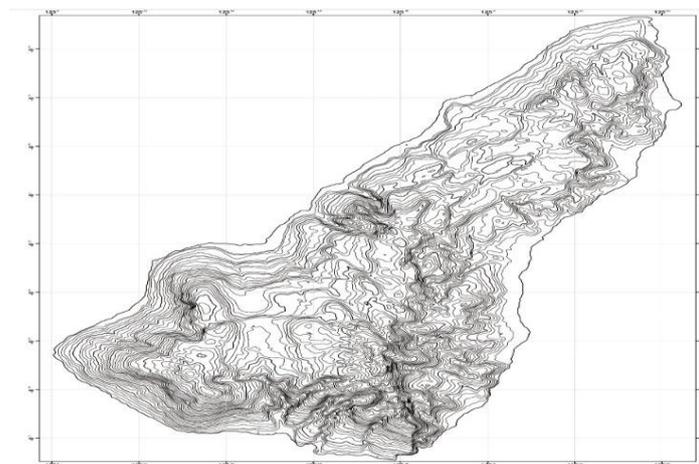
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Geografis Lokasi Penelitian

Secara geografis lokasi penelitian merupakan wilayah administratif Kotamadya (Distrik) yang termasuk dalam wilayah Kotamadya (Distrik) Atauro, Timor Leste. Lokasi penelitian meliputi lima *sucoss* (Desa) yaitu Biqueli, Beloi, Macadede, Maquili, dan Vila Maumeta. Pulau Atauro memiliki panjang 25 km dan lebar 10 km, terletak 25 km sebelah utara Dili, Timor Leste dan 12 km dari Pulau Liran. Secara geologi daerah penelitian atauro masuk dalam busur magmatic sunda banda arc Indonesia timur.



Gambar 2. Citra SRTM Pulau Atauro dan Sebaran Toponimi Utama di Pulau Atauro



Gambar 3. Peta Topografi Daerah Penelitian Atauro

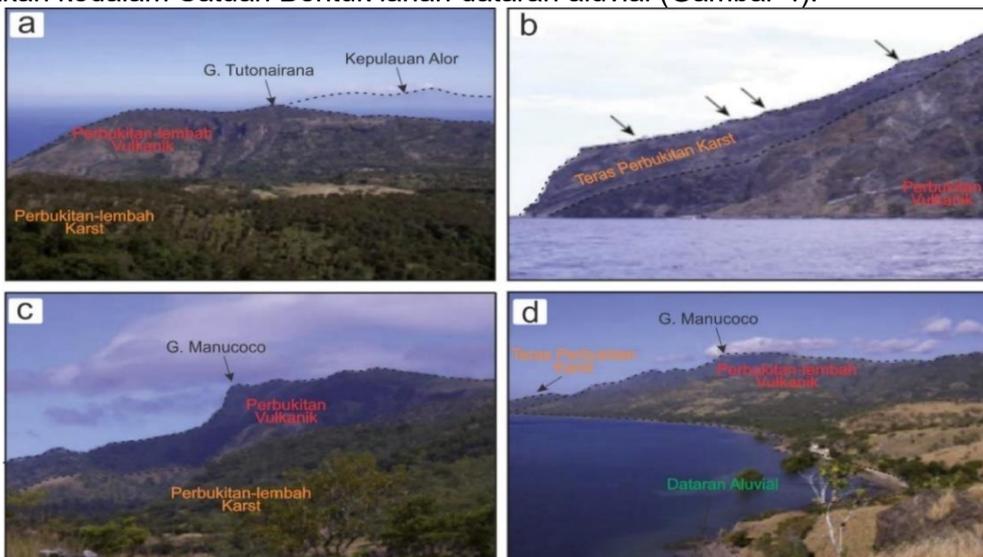
### Geomorfologi Daerah Penelitian

Satuan bentuk lahan daerah penelitian didasarkan atas aspek-aspek geomorfologi menurut Verstapphen (1985). Berdasarkan pembagian satuan bentuk lahan di atas, maka daerah penelitian dibagi menjadi 4 satuan bentuk lahan, antara lain Satuan bentuklahan Perbukitan Vulkanik (V1), Satuan Bentuklahan Tubuh Intrusi (V2), Satuan Bentuklahan Perbukitan Karst (K1), dan Satuan Bentuklahan Dataran Fluvial (F1).

**Tabel 1. Pembagian Satuan Geomorfologi Daerah Penelitian**

SIMBOL	MORFOLOGI		MORFOGENESA			SATUAN BENTUKASAL	SATUAN BENTUKLAHAN
	MORFOGRAFI	MORFOMETRI	MORFOSTRUKTUR AKTIF	MORFOSTRUKTUR PASIF	MORFOINAMIS		
V1	Bukit-Lembah	Elevasi 0 m - 987,5m , Pola Pengaliran Radial dan Subparalel, tingkat kelerengan curam-sangat curam. Luasan peta 40 %.	Magmatisme, kedudukan batuan, sesar mendatar kiri, sesar turun, dan sesar mendatar	Litologi dengan resistensi sedang-kuat berupa lava andesit-dasit, breksi vulkanik, dan tuf	Vulkanisme, Erosi, dan pelapukan	VULKANIK	PERBUKITAN SISA GUNUNGAPI
V2	Bukit-Punggungan	Elevasi 250 m - 500m , Pola Pengaliran -, tingkat kelerengan miring-curam. Luasan peta	Magmatisme	Litologi dengan resistensi kuat berupa intrusi dasit-riodasit	Erosi, dan pelapukan	VULKANIK	BUKIT-PUNGGUNGAN INTRUSI
K1	Bukit-Lembah	Elevasi 0 m - 950m , Pola Pengaliran subparalel dan subdendrik, tingkat kelerengan miring-sangat curam. Luasan peta 50 %.	Kedudukan batuan, sesar turun, sesar mendatar kanan, dan sesar mendatar kiri	Litologi dengan resistensi lemah-sedang dengan litologi berupa batugamping, konglomerat dan betupasir	Karsifikasi, erosi dan pelapukan	KARST	PERBUKITAN-LEMBAH KARST
F1	Dataran	Elevasi 0 m - 125m , Pola Pengaliran subdendrik, tingkat kelerengan miring-sangat curam. Luasan peta 7 %.	—	Litologi dengan resistensi lemah berupa endapan yang belum terkonsolidasi	Erosi dan pengendapan	FLUVIAL	DATARAN ALUVIAL

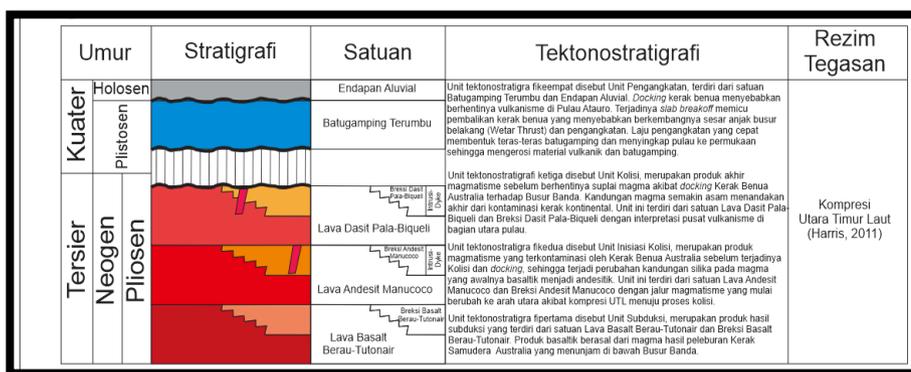
Berdasarkan data diatas, maka berdasarkan morfologi berupa dataran, dengan morfogenesis yang didominasi oleh proses fluviatil ataupun pengendapan maka satuan ini dimasukkan kedalam Satuan Bentuk lahan dataran aluvial (Gambar 4).



**Gambar 4. Kenampakan Satuan geomorfologi a) Gunung Tutonair dan Kepulauan Alor, b) Teras perbukitan kars, c) Gunung Manukoko, lembah kars, d) Perbukitan Lembah Vulkanik Manukoko Pulau Atauro.**

### Stratigrafi Regional Atauro

Stratigrafi regional Atauro mengacu peneliti terdahulu baik menurut Noya *et al* (1997) dalam Peta Geologi Lembar Alor dan Wetar Barat, Nusa Tenggara, dan Ely *et al* (2011) dalam Peta Geologi Atauro. Berdasarkan Noya *et al* (1997) Pulau Atauro termasuk kedalam *Old Volcanic Product* dimana memiliki ciri litologi berupa lava andesit, breksi, dan tuf pasir berbatuapung. Lava andesit dibagi menjadi lava andesit piroksen dan lava andesit hornblende, dengan struktur kekar kolom. Breksi dengan fragmen berupa andesit piroksen dan andesit hornblende, dengan matrik berupa batupasir tuf yang mudah lepas. Tuf pasir berbatuapung memiliki komposisi fragmen berupa batuapung, dengan matrik tuf kasar. Umur *Old volcanic Product* ini berdasarkan analisis K/Ar dating didapatkan umur 2,99±0,90 juta tahun lalu atau Pliosen- Plistosen. Menurut Ely *et al* (2011) stratigrafi daerah penelitian dibagi menjadi 7 satuan stratigrafi dari tua ke muda yaitu: Satuan lava-dasit Manukoko, Satuan lava-andesit Tutonairana, Satuan tuf-dasitik Berau, Litodem dasit Adara, Litodem riodasit Petenua, Satuan batugamping Anartulu, dan Satuan endapan Aluvial.



Gambar 5. Stratigrafi lokasi penelitian Atauro

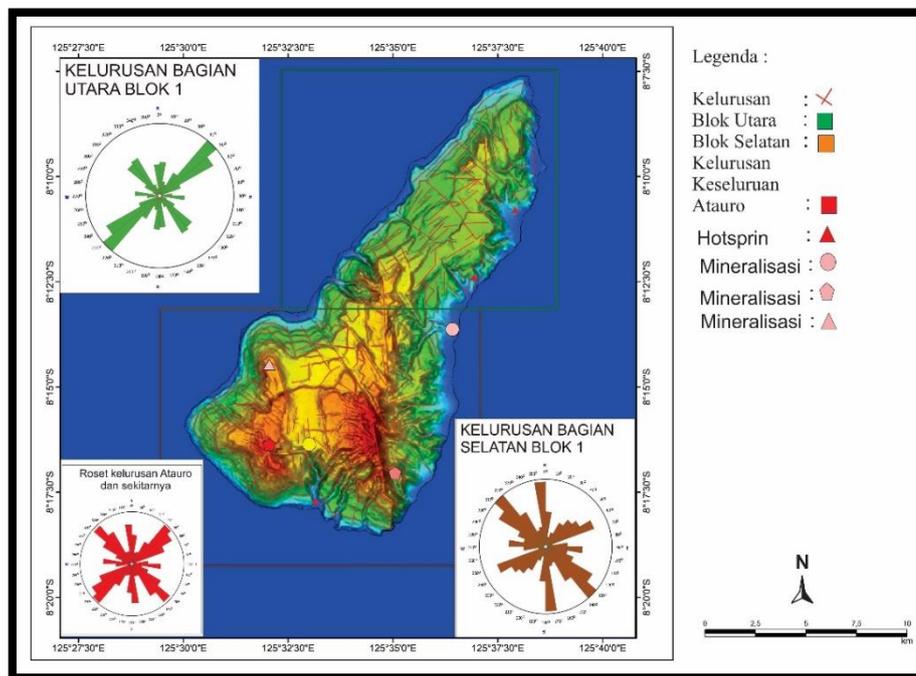
### Struktur Geologi dan pola kelurusan Atauro

Struktural geologi yang dominan di Atauro, dan memanjang di sepanjang sisi timur Gunung Manucoco, titik tertinggi di pulau itu. Secara rinci, Vila Escarpment sepanjang 10 km adalah yang terbesar dari serangkaian sesar normal, dengan semua sesar lainnya terletak di dalam *hanging wall* dari Vila Escarpment. Demikian pula, aktivitas hidrotermal yang dijelaskan di atas juga terbatas pada dinding gantung. Sesar di Atauro biasanya berorientasi utara ke timur laut, dan telah menghasilkan lereng sesar dalam berbagai tingkat. Bagian tengah dan utara Atauro memiliki serangkaian lereng curam yang subparalel sepanjang 5 km, dengan jarak 100–800 m. Lembah beralas datar dibatasi oleh tebing curam, yang membentuk lereng curam setinggi 80-130 m, dan sepuluh termasuk bagian tebing setinggi 20 m di atau dekat puncak lereng. Tebing curam memiliki kemungkinan paparan bidang patahan di beberapa tempat, meskipun indikator pergerakan tidak terlihat jelas pada bidang ini. Hubungan topografi menunjukkan sebagian besar patahan memiliki pergerakan sisi timur ke bawah, menunjukkan perkembangan patahan dari timur ke barat, sehingga patahan terbesar, Vila Escarpment, adalah yang terbaru. Sementara tanda-tanda patahan aktif tidak

mudah terlihat di lereng bervegetasi, bukti geomorfologi menunjukkan bahwa patahan sesudahnya mengangkat pulau di atas permukaan laut. Celah yang dihasilkan oleh sesar normal terletak tepat di sebelah barat desa Arlo. Desa ini terletak di lembah selebar 400 m yang merupakan salah satu dari beberapa cekungan drainase internal yang dibatasi oleh sesar di bagian utara Ataúro. Teras-teras batugamping terpotong oleh sesar-sesar ini, menunjukkan bahwa pengangkatan di atas permukaan laut terjadi sebelum, atau pada saat yang sama, sesar-sesar tersebut aktif.

Kelurusan yang berkembang di Daerah Atauro diduga mencerminkan tren struktur dan kedudukan batuan di daerah Atauro. Kelurusan secara keseluruhan memperlihatkan arah UBL-STG, BL-TG, BBL-TTG dan TL-BD. Arah-arrah tersebut memiliki tren yang sama dengan tren struktur regional dan sekilas memperlihatkan kenampakan *pure shear* dimana tegasan berasal dari BL-TG dan sejalan dengan arah kompresi yang berkembang di daerah ini. Sehingga dapat diinterpretasikan bahwa arah UBL-STG merupakan arah sesar mendatar kiri, arah BL-TG merupakan arah *extensional*, arah BBL-TTG merupakan tren sesar mendatar mengangan dan arah TL-BD merupakan arah *release*. Arah UBL-STG, BL-TG dan BBL-TTG tidak ditemukan di lapangan oleh peneliti lainnya, namun arah TL-BD memperlihatkan tren teras-teras pengangkatan dan *release* yang berkembang di *Wetar Seismic Gap*.

Untuk kepentingan statistik dan analisa lebih detail, tren kelurusan di Daerah Atauro dibagi menjadi dua blok, yaitu blok utara dan blok selatan dan disajikan dalam peta kerapatan kelurusan dimana kelas kerapatan tertinggi merupakan daerah dengan intensitas struktur yang tinggi dimana porositas sekunder berkembang baik di daerah tersebut. Untuk kepentingan survei lapangan, rekomendasi lokasi disarankan pada daerah yang memiliki kelas kerapatan tertinggi karena daerah tersebut diduga merupakan daerah yang prospek karena keberadaan porositas sekunder yang mengontrol *hotsprings* dan menjadi ruang mineralisasi. Hal ini sesuai dengan keberadaan *hotspring* dan mineralisasi yang pada umumnya berada di kelas tertinggi dimana hal tersebut memperlihatkan intensitas struktur yang tinggi atau berada pada perpotongan struktur. Pemilihan lokasi blok didasarkan pada tren kelurusan dan sebaran endapan hidrotermal. Pada blok selatan, tren kelurusan memperlihatkan arah yang sama dengan tren kelurusan total dan lebih intensif dibandingkan blok utara. Selain itu juga teridentifikasi bahwa tren BL-TG mengontrol sebaran mineralisasi dan tren ini diduga menjadi koridor mineralisasi blok selatan. Koridor mineralisasi yang lain juga dimungkinkan berada pada perpotongan *caldera structure* dan struktur lainnya. Pada blok selatan, tren kelurusan memperlihatkan arah TL-BD dan tidak seintensif blok selatan. Hal ini sesuai dengan keadaan blok utara dimana umur endapan di blok ini cenderung lebih muda dan tren yang berkembang merupakan arah dari teras-teras pengangkatan. Namun, tren UBL-SBD merupakan tren yang menarik untuk dikaji di daerah ini karena tren ini terekam baik melalui morfologi dan merupakan tren kedua yang memiliki intensitas tertinggi. Selain itu, tren ini dan *caldera structure* juga terlihat mengontrol keberadaan *hotspring* yang terletak pada perpotongan kedua struktur ini.



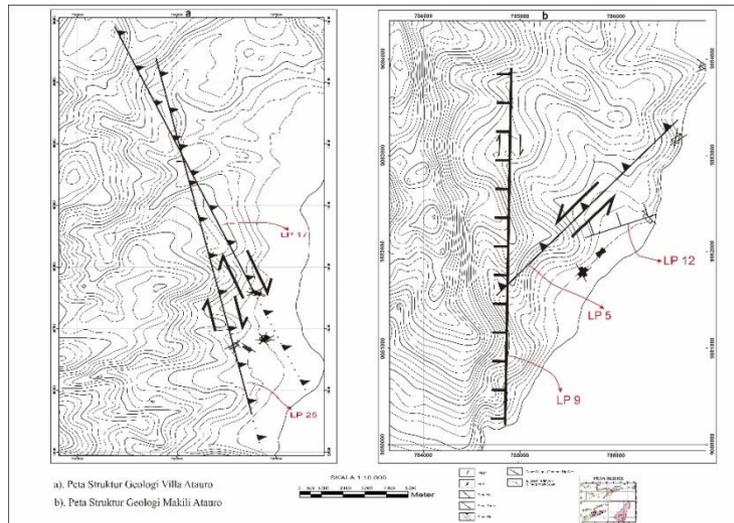
**Gambar 6. Citra SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) dan peta kelurusan dan kerapatan kelurusan yang menunjukkan pola kelurusan morfologi di daerah Atauro**

Secara umum, morfologi Daerah Atauro memperlihatkan kenampakan gunungapi strato purba yang sudah tidak sempurna. Gunungapi tersebut bersifat poligenetik dimana erupsi tersebut tidak terjadi dalam satu kejadian dan bersumber dari beberapa titik sentral. Titik sentral sumber erupsi terekam dengan baik di beberapa tinggian bagian selatan. Kenampakan lain juga diperlihatkan dari *circular feature* yang diduga merupakan bagian dari sayap barat suatu kaldera purba dimana sayap lain telah hilang dan ini sejalan dengan kedudukan perlapisan yang relatif mengarah menuju barat daya. *Circular feature* tersebut mengontrol morfologi secara umum dan membentuk morfologi berjenjang di bagian timur. Hal ini mirip dengan kenampakan *caldera structure* yang dapat dianalogikan dengan gunungapi strato saat ini. Sayangnya dikarenakan morfologi lain telah hilang, fasies gunungapi tidak sempurna dan tidak memperlihatkan gradasi fasies yang baik dari *central* menuju distal.

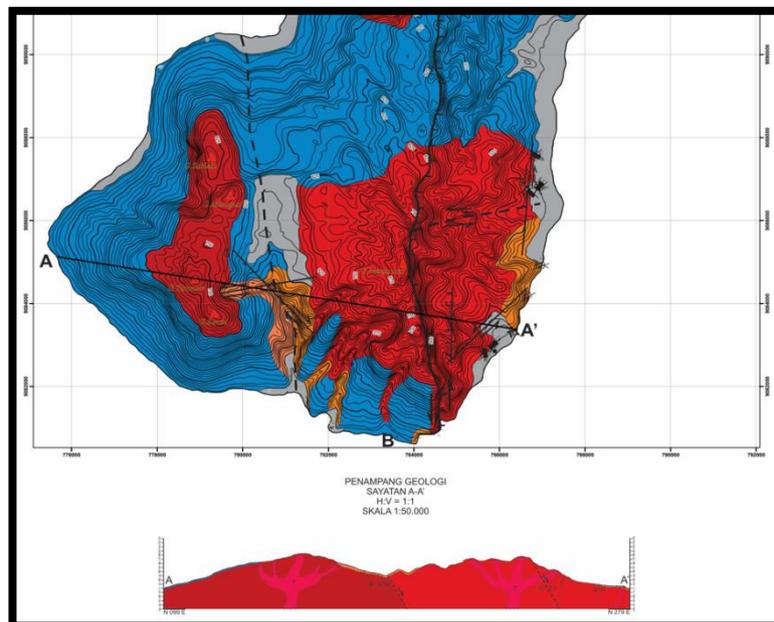
### **Struktur Geologi Daerah Penelitian**

Struktur geologi yang dapat diamati adalah berupa sesar, perlipatan, dan pengangkatan. Perkembangan pola struktur geologi di daerah ini sangat dipengaruhi oleh kondisi tektonik di wilayah timur Atauro, sesar sesar di lengan tenggara Atauro maupun sesar sesar yang ada di Pulau Atauro. Sesar-sesar tersebut umumnya berarah timurlaut-baratdaya di Atauro Selatan, utara-selatan di Atauro Tenggara dan baratlaut-tenggara di

Atauro Utara. Proses tektonik yang masih aktif sampai sekarang dapat memperkaya keberadaan mineral di masa yang akan datang. Potensi mineral yang masih diteliti hingga sekarang adalah mineral yang terdapat di Atauro Priowarsono, (2002). lokasi kemunculan intrusi Neogen, dan juga mengontrol posisi garis pantai dari pulau Atauro Garwin, (2002)



**Gambar 7. Peta Struktur daerah penelitian Atauro**

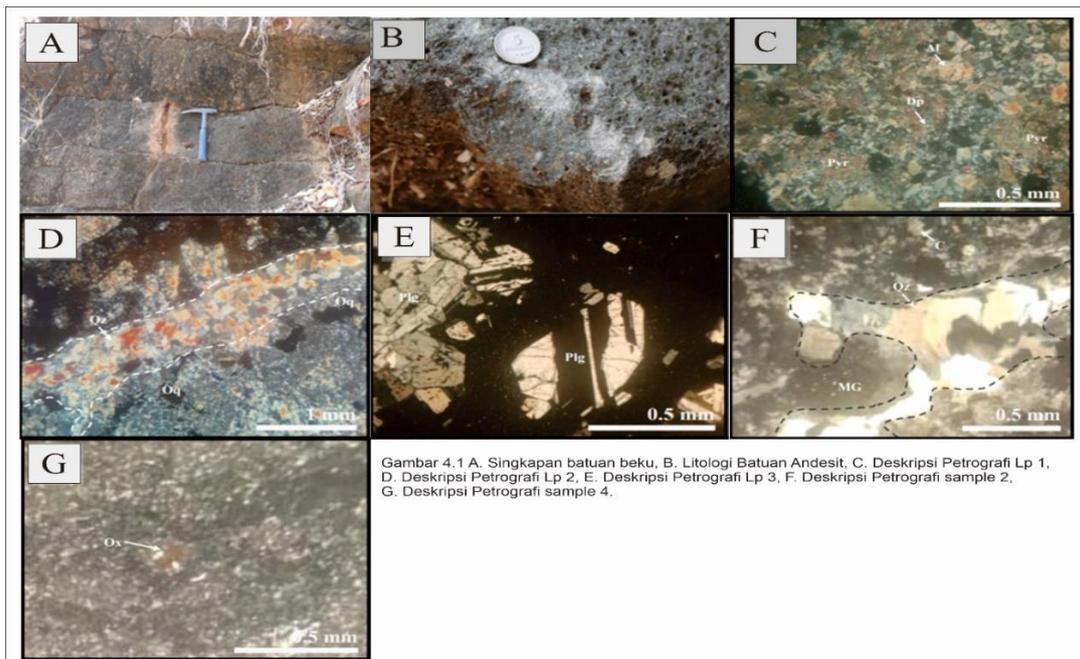


**Gambar 8. Peta Geologi Daerah Makili dan Villa Atauro**

### Analisis Petrografi

Hasil deskripsi menunjukkan bahwa batuan yang ditemukan merupakan batuan beku Andesitik. Batuan ini memiliki warna putih kecoklatan untuk sampel Lp 1, krem kecoklatan untuk sampel Lp 2, sedangkan sampel Lp 3 berwarna coklat dan putih hitam, untuk sampel 2 dan 4 memiliki warna krem kecoklatan dan warna intervensinya putih abu – abu. Sedangkan tekstur batuan untuk sampel Lp 1, Lp 2, Lp 3 dan sampel 4 termasuk memiliki tekstur porfiritik dari yang lemah sampai sedang dan kuat, sedangkan untuk sampel 2 tekstur batuan tidak terlihat akibat alterasi dan pola ubahan pervasif dengan intensitas ubahan kuat. Bentuk kristalisasi untuk sampel Lp 1, Lp 3, sampel 2 dan sampel 4 memiliki bentuk kristal anhedral – subhedral sedangkan untuk Lp 2 memiliki bentuk anhedral. Selanjutnya, sampel Lp 1, Lp 3 dan Lp 4 memiliki inequigranular vitroverik.

Rata - rata Kandungan mineral utamanya adalah Quartz (Qz), Plagioklas (Plg), Mineral opa (Oq), Massa gelas (Mg), Mineral Oksida (Ox), Clay mineral (C), Piroksen (PX), K- Feldspar (K-F), Alunite (Al), Pirofilit (Pyr), Diaspor (Dp), Serisit (Ser) dan persentasenya secara megaskopis. Pada Lp 1, sampel 2 dan sampel 4 memiliki kandungan mineral primer dan sekunder sedangkan untuk sampel Lp 2 tidak terkandung mineral primer dan sampel Lp 3 tidak terkandung mineral sekunder. Penamaan petrografis berdasarkan (Klasifikasi Gilbert 1954), (Klasifikasi Dott 1964 Vide Gilbert, 1982 (modifikasi)), (Klasifikasi Pettijohn, 1972 (modifikasi)).



Gambar 4.1 A. Singkapan batuan beku, B. Litologi Batuan Andesit, C. Deskripsi Petrografi Lp 1, D. Deskripsi Petrografi Lp 2, E. Deskripsi Petrografi Lp 3, F. Deskripsi Petrografi sample 2, G. Deskripsi Petrografi sample 4.

**Gambar 9. Petrografi a) singkapan batuan, b) Andesit, c) deskripsi petrografi Lp 1, d) deskripsi petrografi Lp 2, e) deskripsi petrografi Lp 3, f) deskripsi petrografi sample 2a, deskripsi petrografi sampel 4. Lokasi Penelitian Ataura**

**Tabel 2 Hasil analisis mineral pada tabel 2**

No	Sampel Name	Minerals											
		Qz	Plg	Oq	Mg	Ox	C	Px	K-F	Al	Pyr	Dp	Ser
1	Lp 1	45		5	-	-	-	-	-	20	20	10	-
2	Lp 2	39		14		13	24	-	-	-	-	-	3
3	Lp 3	1	40	3	47	-	-	3	3	-	-	-	-
4	Sampel 2	20	1	5	55		17	2	-	-	-	-	-
5	Sampel 4	5	55	10	29	1	-	-	-	-	-	-	-

### Mineralisasi Atauro

Mineralisasi dan struktur geologi atauro telah di pelajari sebelumnya dengan menggunakan berbagai metode. Batuan tersier gunungapi petenua manucoco, tutonoirana tersusun atas Andesit, Dasit riodasit dan batugamping koral atauro. Studi mineralisasi di atauro pada tiga blok jalur mineralisasi terukur mengungkapkan bahwa litologi terdiri dari batuan andesit dasit dan riodasit dengan penanggalan umur mutlak K-Ar 3.5-3.1 juta tahun Neogen, menunjukkan bahwa satuan Andesit Dasit Atauro merupakan intrusi pada kala neogen (Ely, 2009). Data lapangan *recognize* menunjukkan adanya vein kuarsa dan vein kalsit menyebar luas di daerah telitian dengan mineral dan unsur-unsur sebagai berikut Au, Ag, Fe, Cu, Mn, Mg, Pb, Cr, Zn pada batuan beku di Atauro (Aryanto & Kurnio, 2020). Sedangkan Atauro mineralisasi terbentuk pada zaman tersier, bahwa daerah telitian masuk dalam jalur subduksi Barat daya ke Timur Laut dan diharapkan dapat menjawab proses pembentukan mineralisasi di pulau Timor, Aturo.

**Tabel 3 Hasil analisis Geokimia AAS pada tabel di atas**

Elements	LP 1 Villa. AT	LP 1D Villa. Maum. Ata	LP 07. M. KVNGY Silika	LP 2D M. K	LP 71 FFD	N 23. EKM
Au	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Ag	6	6	6	6	6	6
Cu	35	9	10	31	12	17
Pb	49	11	11	225	43	11
Zn	14	61	14	14	36	14
Fe	1.68	1.3	2.18	2.19	0.94	2.21
Ni	4	4	8	12	4	4
Ca	0.08	0.64	0.52	0.05	0.18	0.15
Cd	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Cr	22	63	348	348	43	16
As	23	19	98	25	22	19
Hg	33	29	29	76	32	58

### Alterasi Hidrotermal Daerah Penelitian

Alterasi hidrotermal pada suatu tempat tertentu mempunyai karakteristik atau ciri-ciri tersendiri. Fluida hidrotermal yang mempunyai kondisi fisika – kimia tertentu akan melewati suatu batuan dinding (*wall-rock*) melewati permeabilitas sekunder maupun primer, dan

menghasilkan atau merubah batuan yang ada menjadi kumpulan/ asosiasi mineral ubahan (*alteration*). Pengendapan mineral tertentu ada yang bersifat pengisian dan juga pengalterasian terhadap batuan yang ada. Alterasi menyangkut kimiawi, mineralogi dan tekstur (Hedenquist dkk, 2000). Zona alterasi merupakan zona dimana proses ubahan mineral dari mineral primer menjadi mineral sekunder akibat proses hidrotermal. Pada prinsipnya proses alterasi hidrotermal ini merupakan ubahan yang disebabkan oleh sirkulasi fluida hidrotermal yang menyebabkan himpunan mineral pada batuan samping menjadi tidak stabil, dan cenderung menyesuaikan keseimbangan baru dengan membentuk himpunan mineral yang sesuai dengan kondisi yang baru (Evans, 1998). Injeksi larutan magma ke permukaan dapat membentuk batuan dan mineral baru serta mengakibatkan terjadinya alterasi pada batuan yang telah ada. Berdasarkan pada kumpulan mineral ubahan yang dapat teramati langsung di lapangan maupun dari hasil analisis laboratorium. Berdasarkan klasifikasi Lowell dan Guilbert (1970) maka himpunan mineral alterasi yang dijumpai pada daerah penelitian menunjukkan bahwa daerah penelitian masuk kedalam zona alterasi utama yaitu zona argilik, argilik lanjut, silisifikasi dan filik.

**Zona Argilik**

Clay Zona lempung ini dihasilkan oleh penguraian unsur kalium, kalsium, dan magnesium dalam mineral lempung. Zona ini ditandai dengan peningkatan mineral lempung yang berasosiasi dengan klorit. Mineral lempung yang ada bersama klorit menggantikan mineral plagioklas dan piroksen. Mineral lempung ditemukan sebagai alterasi akibat alterasi mineral mafik dan plagioklas yang kaya akan unsur Ca. Zona ini terletak pada bagian terluar dari zona hidrotermal. Berdasarkan pengamatan makroskopis dan petrografi singkapan diabas, terdapat beberapa mineral yang menjadi ciri zona lempung, antara lain mineral lempung, klorit, serisit, dan kuarsa. Zona lempung ini meluas hampir di seluruh area pengamatan lapangan dan terdapat pada semua sampel yang diamati. Kenampakan litologi sampel terpilih menunjukkan warna abu-abu kecoklatan. Hasil analisis penampang batuan untuk stasiun 1 s/d 10 (nomor bagian Lp1, Lp2, Lp3 Sm2, Sm4 Nz23, Nz26, Nz70, Nz71, Nz07) menunjukkan adanya kumpulan mineral ubahan berupa mineral lempung + kuarsa + klorit + serisit + mineral karbonat. Secara mikroskopis zona ini menunjukkan perubahan sedang dengan intensitas perubahan 5–25%. Berdasarkan kumpulan mineral teralterasi yang terdapat pada beberapa sampel diabas, daerah penelitian dapat diklasifikasikan sebagai endapan ektotermal yang terbentuk pada kisaran suhu 100 °C hingga 300 °C Hedenquist, (1996) dan (Hedenquist^ & 99, 2000) untuk lebih jelas lihat pada Tabel 4 dan 5.

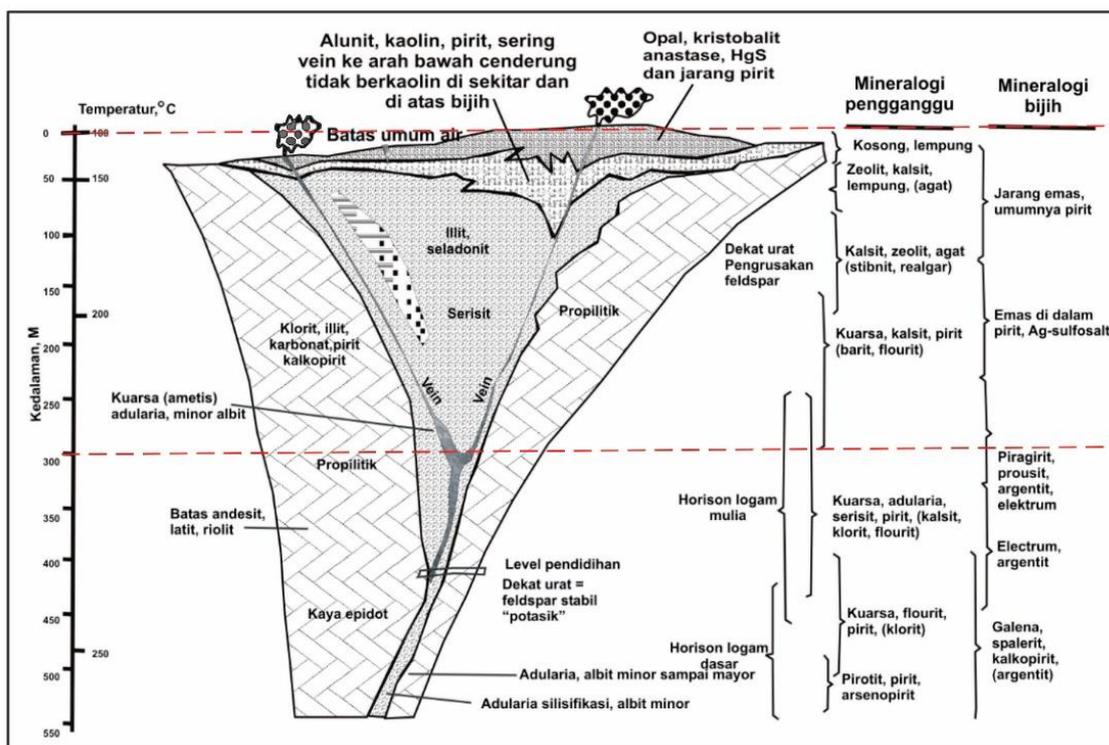
**Tabel 4 Kisaran temperatur pembentukan mineral alterasi pada batuan dasit dan andesit daerah Atauro.**

Alteration Mineral	Temperature (°C)		
	100	200	300
Quartz			

**Tabel 5 Kisaran temperatur pembentukan mineral alterasi pada batuan dasit dan andesit daerah Atauro.**

Alteration Mineral	Temperature (°C)		
	100	200	300
Quartz	[Bar chart showing range from 100 to 300°C]		
illite	[Bar chart showing range from 200 to 300°C]		
Serisit	[Bar chart showing range from 200 to 300°C]		

Berdasarkan korelasi luas kumpulan mineral teralterasi dengan model alterasi yang dibangun oleh Buchanan (1981) dalam Maulana (2017) (Gambar 6), mineral teralterasi di daerah Atauro terbentuk pada rentang 0 hingga 0. Dapat melihat. – 50 meter dari tanah.



**Gambar 10. Penampang zona-zona alterasi endapan *epithermal low-sulphidation* di daerah Atauro yang menunjukkan hubungan temperatur dan kedalaman berdasarkan jenis mineral alterasi (Modifikasi dari Buchanan, 1981 dalam Pirajno dkk., 1992; Maulana,(2017).**

## SIMPULAN

Berdasarkan isi jurnal yang disebutkan, berikut adalah kesimpulan yang dapat diambil: Penelitian ini dilakukan untuk mempelajari karakteristik petrografi dan alterasi batuan sampling (wall-rock) di daerah Makili, Kabupaten Atauro, Timor-Leste. Melalui pemetaan geologi permukaan dan pengambilan sampel batuan sampling yang telah mengalami alterasi, penelitian ini berhasil mengidentifikasi komposisi mineral utama, seperti Quartz (Qz), Plagioklas (Plg), Mineral opak (Oq), Massa gelas (Mg), Mineral Oksida (Ox), Clay mineral (C), Piroksen (PX), K-Feldspar (K-F), Alunite (Al), Pirofilit (Pyr), Diaspor (Dp), Serisit (Ser), serta persentasenya secara megaskopis. Pulau Atauro termasuk dalam Old Volcanic Product dengan litologi berupa lava andesit, breksi, dan tuf pasir berbatuapung. Umur Old Volcanic Product ini diperkirakan sekitar  $2,99 \pm 0,90$  juta tahun lalu atau Pliosen-Plistosen. Studi ini juga mengungkapkan adanya kelurusan yang mencerminkan tren struktur dan kedudukan batuan di daerah Atauro. Arah kelurusan tersebut adalah UBL-STG, BL-TG, BBL-TTG, dan TL-BD, yang sejalan dengan tren struktur regional dan mengindikasikan adanya tegasan dan pergerakan batuan. Berdasarkan mineral alterasi yang ditemukan, daerah penelitian termasuk dalam zona alterasi utama, yaitu zona filik dan zona argilik. Kesimpulan penting dari penelitian ini adalah data petrografi, alterasi, dan struktur geologi dapat memberikan pemahaman yang lebih baik tentang kondisi geologi di daerah penelitian. Data ini juga dapat menjadi dasar untuk eksplorasi mineral lebih lanjut di wilayah tersebut.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aryanto, N. C., & Kurnio, H. 2020. Tectonics of Volcanogenic Massive Sulphide (VMS) Deposits at Flores Back Arc Basin: A Review. *Bulletin of the Marine Geology*, 35(2), 91–102.
- Cooke, D.R. & Simmons, S.F., 2000, Characteristics and Genesis of Epithermal Gold Deposits, *SEG Reviews*, 13(6), 221-244.
- Corbett, G.J. & Leach, T.M., 1996. A Guide To Pacific rim Au/Cu Exploration, Corbett Geological Services Sidney
- Ely, K. S., 2009, Geochronology of Timor-Leste and Seismo-Tectonics Of The Southern Banda Arc. *School of Earth Sciences*, May, 282
- Evans, A.M. 1987. An Introduction to Ore Geology. Blackwell Scientific publications
- Hedenquist, J.W., Arribas, R.A., Gonzalez-Urien, E., 2000. Exploration for Epithermal Gold Deposits, *SEG Reviews*, 13(7), 245-277
- J. W. Hedenquist<sup>^</sup> and 99, "exploration for epithermal gold deposits," *gold 2000*, no. January 2000, pp. 245–277, 2000, doi: 10.5382/rev.13.07.
- J. W. Hedenquist<sup>^</sup> and 99, "Exploration for Epithermal Gold Deposits," *Gold 2000*, no. January 2000, pp. 245–277, 2020, doi: 10.5382/rev.13.07.
- Lowell, J. & J. Guilbert. 1970. Lateral and Vertical Alteration-Mineralitaiton Zoning Porphyry Ore Deposits. *Economic Geology*
- Maulana, A. 2017. Endapan Mineral. Penerbit Ombak, Jogjakarta. 280 Hal
- Noya Y., G. Buhan, S. Koesoemadinata dan S.A. Mangga. 1997., Peta Geologi Lembar Alor dan Wetar Barat, Nusatenggara. Publ., P3G, Bandung

Verstappen., H. Th. 1985. Applied Geomorphology. Geomorphological Sureys for Environmental Management. Amsterdam: Elsvier  
Pirajno, F., 1992. Hydrothermal Mineral Deposits; Principles and Fundamental Concepts for the Exploration Geologist, Springer-Verlag