

# Petrogenesis Batuan Beku Daerah Garapia Kecamatan Monano Kabupaten Gorontalo Utara Provinsi Gorontalo

Susilawati Karim<sup>1</sup>, Aang Panji Permana<sup>1</sup>, Ninasafitri<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,  
Universitas Negeri Gorontalo

\*e-mail: Rimakarim2002@gmail.com

## Abstract

*This study aims to examine the petrogenesis of igneous rocks exposed in the Garapia area, Anggrek District, North Gorontalo Regency, in order to identify their distribution, geochemical characteristics, and tectonic setting. The research methods included field survey, sample collection, petrographic analysis, and laboratory analysis using X-Ray Fluorescence (XRF), followed by CIPW normative calculation and construction of discrimination diagrams (QAPF, AFM, Harker). Petrographic analysis shows that the rocks are dominated by plagioclase (60–65%), quartz (10–15%), and pyroxene (20–25%), with minor accessory minerals. Mineral normalization places sample RK-01 in the basaltic andesite group, while sample RK-12 is classified as andesite. Normative CIPW analysis indicates the presence of normative quartz and labradorite as the dominant plagioclase, reflecting silica-oversaturated characteristics. Plotting on the AFM diagram (Irvine & Baragar, 1971) places the samples within the tholeiitic to calc-alkaline series. Overall, the results confirm that the igneous rocks in the Garapia area were formed in a volcanic arc magmatic environment, with magma evolution controlled by fractional crystallization of plagioclase and pyroxene, as well as magma differentiation processes that produced compositional variations from basalt to andesite.*

**Keywords:** Petrogenesis; Basaltic Andesite; Plagioclase; CIPW Norm; Garapia; Volcanic Arc

## Abstrak

*Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji kondisi petrogenesa batuan beku yang tersingkap di Daerah Garapia, Kecamatan Anggrek, Kabupaten Gorontalo Utara, guna untuk mengetahui penyebaran batuan beku, geokimia, serta tatanan tektoniknya. Metode penelitian meliputi survei lapangan, pengambilan sampel, analisis petrografi, dan analisis laboratorium dengan X-Ray Fluorescence (XRF). Yang dilanjutkan dengan perhitungan normative CIPW dan penyusunan diagram diskriminasi (QAPF, AFM, Harker). Hasil analisis petrografi menunjukkan bahwa batuan didominasi mineral plagioklas (60-65%) kuarsa (10-15%), dan piroksen (20-25%), dengan sedikit mineral aksesoris. Normalisasi mineral menempatkan sampel Rk-01 pada kelompok basalt, sedangkan sampel Rk-12 diklasifikasikan sebagai basaltik andesit. Analisis CIPW normatif menunjukkan keberadaan kuarsa normative dan labradorite sebagai plagioklas utama, yang mengindikasikan karakter batuan silika. Plotting pada diagram AFM (Irvine dan Baragar, 1971) menempatkan sampel pada jalur seri calc-alkaline. Keseluruhan hasil penelitian ini menegaskan bahwa batuan beku di daerah Garapia terbentuk dari proses magmatisme busur, dengan evolusi magma yang dikontrol oleh kristalisasi fraksional plagioklas dan piroksen, serta pengaruh diferensiasi magma yang menghasilkan variasi dari basalt hingga andesit.*

**Kata Kunci :** Petrogenesis; Basaltik Andesit; Plagioklas; CIPW Norm; Garapia; Busur Vulkanik

## 1. PENDAHULUAN

Pulau Sulawesi merupakan salah satu wilayah dengan kondisi geologi yang sangat kompleks di Indonesia. Kompleksitas tersebut disebabkan oleh posisi Pulau Sulawesi yang terletak pada zona pertemuan tiga lempeng besar dunia, yaitu Lempeng Indo-Australia yang bergerak ke arah utara, Lempeng Pasifik yang bergerak ke arah barat, dan Lempeng Eurasia yang bergerak ke arah Selatan-tenggara. Selain itu, terdapat juga lempeng mikro seperti Lempeng Filipina yang turut berperan dalam proses tektonik di Kawasan ini. Interaksi dan tumbukan antar lempeng tersebut menyebabkan Sulawesi memiliki empat lengan utama dengan karakter geologi dan tektonik yang berbeda-beda, namun membentuk satu kesatuan mozaik geologi yang utuh dan kompleks (Hall & Wilson, 2000)

Kondisi tektonik tersebut menjadikan wilayah Sulawesi bagian utara, termasuk Provinsi Gorontalo, sebagai daerah yang kaya akan rekaman aktivitas magmatis dan vulkanik. Berdasarkan berbagai penelitian terdahulu, diketahui bahwa batuan beku yang tersingkap di beberapa lokasi di

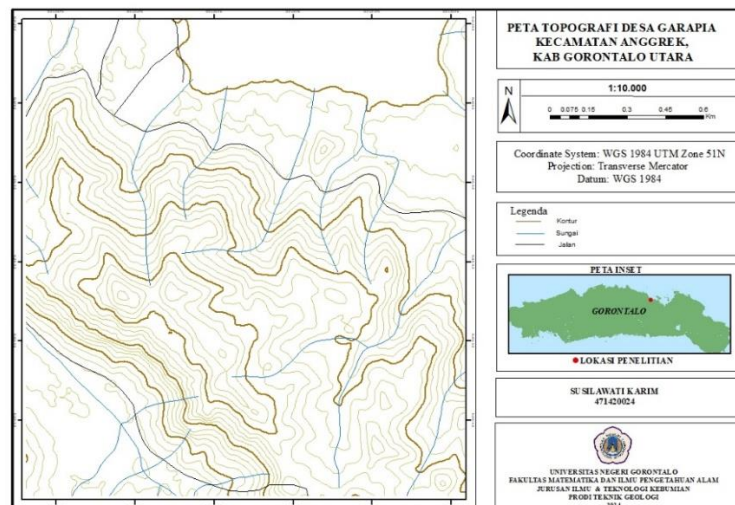
Gorontalo Utara memperlihatkan ciri khas batuan hasil aktivitas busur kepulauan. Salah satu penelitian relevan dilakukan oleh (Fandji, 2022), yang mengkaji petrogenesa batuan vulkanik di daerah Bualemo, Kecamatan Kwandang, Kabupaten Gorontalo utara. Hasil analisis geokimia menunjukkan bahwa batuan di daerah tersebut merupakan jenis basalt dan basaltic trachy-andesit dengan seri magma tholeiitic, yang terbentuk pada lingkungan busur kepulauan, khususnya tipe *Islan Arc Tholeiitic* (IAT) dan *Island Arc Calc-Alkaline Basalt* (IACAB). Secara tektonik, pembentukan batuan tersebut berkaitan erat dengan proses subduksi antara dua lempeng samudera, yaitu Lempeng Laut Sulawesi dan Lempeng Laut Sula, yang berlangsung sekitar 15 hingga 5 juta tahun yang lalu.

Namun demikian, hingga saat ini belum terdapat penelitian yang secara spesifik mengkaji petrogenesa batuan beku di Daerah Garapia. Penelitian terdahulu yang dilakukan di sekitar daerah Garapia sebagian besar hanya menekankan pada aspen pemetaan geologi umum tanpa menguraikan karakteristik kimia, mineralogi dan asal magma secara mendalam. Oleh sebab itu, penelitian ini dianggap penting untuk dilakukan guna mengisi kekosongan data ilmiah tentang petrogenesa batuan beku di daerah tersebut.

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai asal-usul dan evolusi magma penyusun batuan beku di daerah Garapia, serta memperkuat pemahaman terhadap tatanan tektonik dan sejarah geologi di daerah penelitian. Selain itu, penelitian ini juga dapat menjadi dasar bagi kajian geologi lanjutan yang berhubungan dengan potensi sumber daya mineral, aktivitas vulkanik, maupun interpretasi Sejarah magmatisme regional di Sulawesi bagian utara.

## 2. METODE

Lokasi penelitian berada di Desa Garapia, Kecamatan Monano, Kabupaten Gorontalo Utara, Provinsi Gorontalo dengan titik koordinat  $0^{\circ}51'54.4''$  LU  $122^{\circ}43'54.3''$  BT. Perjalanan ditempuh dengan menggunakan kendaraan roda dua dari Kampus 4 Universitas Negeri Gorontalo dengan waktu tempuh 1 jam 59 menit.



**Gambar 1.** Peta Topografi Daerah Penelitian

Pada penelitian ini, metode penelitian yang digunakan adalah metode pemetaan geologi dan metode analisa petrografi serta analisa geokimia. Metode pemetaan geologi digunakan pada saat observasi dan pengambilan data di lapangan. Untuk metode analisis petrografi digunakan pada saat akan meneliti sayatan pada batuan di bawah mikroskop untuk mengetahui kandungan mineral pada batuan, kemudian analisis geokimia pada sampel batuan terpilih untuk mengetahui komposisi kimia yang ada pada batuan tersebut.

Untuk analisis petrografi, sampel batuan yang telah dibuat menjadi sayatan tipis diamati menggunakan mikroskop polarisasi dengan pembesaran 7x di laboratorium Teknik Geologi Universitas Negeri Gorontalo. Pengamatan dilakukan baik pada Cahaya terpolarisasi sejajar (PPL-Plane Polarized Light) maupun Cahaya terpolarisasi silang (XPL-Cross Polarized Light). Pengamatan ini mencakup identifikasi mineral utama, mineral aksesoris, serta tekstur dan struktur batuan seperti bentuk butir,

ukuran kristal, orientasi mineral, dan hubungan antara mineral. Data yang diperoleh digunakan untuk menafsirkan proses pembentukan batuan, seperti Tingkat pendinginan, kedalaman kristalisasi, dan kondisi lingkungan magmatis yang mempengaruhinya (Travis,1955)

Analisis Geokimia dilakukan untuk menentukan kandungan unsur utama (Major oxides) dan unsur jejak (Trace elemnts) pada sampel batuan hasil penelitian. Analisis ini dilaksanakan di Laboratorium Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara, dan Panas Bumi (PSDMBP), Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), Bandung, Menggunakan metode X-Ray Fluoresence(XRF). Metode ini dipilih karena memiliki ketelitian dan presisi tinggi dalam menentukankonsentrasi unsur kimia pada batuan, terutama untuk analisis kandungan oksida utama seperti SiO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, FeO, MnO, MgO, CaO, Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, dan P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

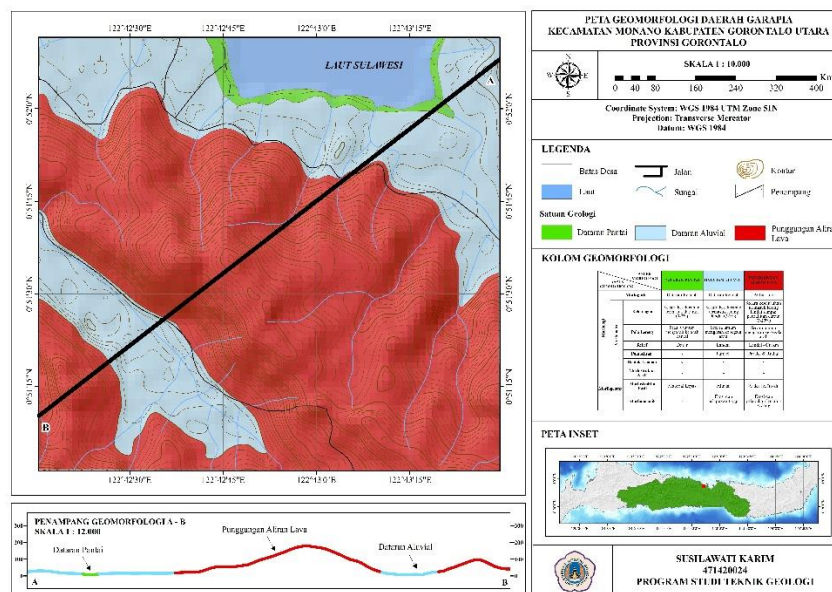
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Geomorfologi Daerah Penelitian

Pembagian satuan geomorfologi pada daerah penelitian mengacu pada klasifikasi menurut Van Zuidam (1985) dengan melihat kesamaan unsur-unsur geomorfologi yaitu kesamaan gambaran bentuk morfografi seperti perbukitan, pegunungan atau dataran. Proses morfogenetik atau asal-usul terjadinya suatu bentuk seperti proses asal fluvial, marin, denudasional (proses eksogen), struktur dan vulkanik (proses endogen).

Berdasarkan genetika pembentukan bentang alam yang mengacu kepada morfografi dan morfologi yang diklasifikasikan oleh Van Zuidam (1985), aspek morfologi ditinjau dari morfometri dan morfogenesis. Aspek morfometri dibagi lagi menjadi beberapa aspek yakni morfostuktur aktif, morfostuktur pasif dan morfodinamik, maka daerah penelitian dibagi menjadi tiga satuan geomorfologi, yaitu:

- a. Satuan Dataran Pantai
- b. Satuan Dataran Aluvial
- c. Satuan Punggungan Aliran Lava



Gambar 2. Peta geomorfologi daerah penelitian

#### B. Statigrafi Daerah Penelitian

Statigrafi daerah penelitian mengacu pada Sandi Statigrafi Indonesia (1996) dengan sistem penamaan Litostatigrafi tidak resmi yaitu penentuan satuan batuan didasarkan pada ciri-ciri litologi yang bisa diamati di lapangan dengan melihat jenis-jenis batuan, keseragaman batuan serta gejala lain yang terdapat pada batuan yang dapat diamati langsung di lapangan, Secara umum, berdasarkan hasil pengamatan di lapangan, daerah penelitian tersusun oleh batuan vulkanik, maka satuan statigrafi daerah penelitian dapat diurutkan dari tua ke muda yaitu satuan batuan basalt dan endapan aluvial.

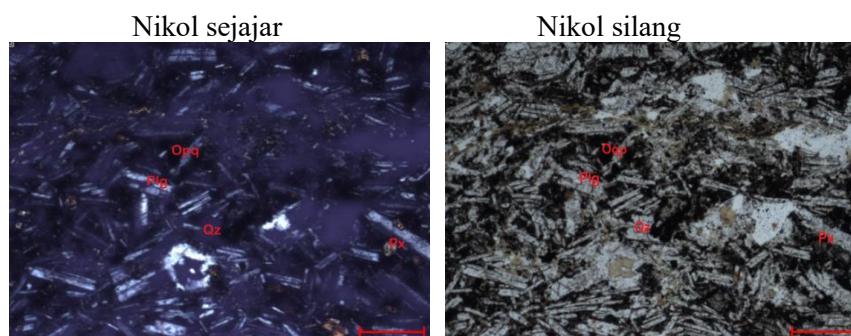
- a. Satuan Basalt

Satuan Basalt ini tersebar pada perbukitan rendah bagian timur pada daerah penelitian. Pada peta topografi satuan ini memiliki kontur yang rapat dengan ketinggian hingga 100mdpl. Batuan ini merupakan batuan eksrusi yang membuat ketebalan satuan ini sulit untuk diamati pada penampang geologi dan satuan ini diberi simbol berwarna merah pada peta geologi. Ciri litologi satuan ini secara megaskopis berwarna abu-abu kehitaman(segar), tingkat kristalin termasuk hipokristalin atau sebagian gelas, granularitas afanitik, bentuk kristal subhedral, kemas ekuigranular, komposisi mineral plagioklas, hornblende. Secara umum kondisi satuan ini telah banyak mengalami pelapukan.



**Gambar 3.** Singkapan dan *hand specimen* satuan basalt

Berdasarkan analisis petrografi batuan ini memiliki derajat kristalisasi holokristalin, berbentuk euhedral-subhedral, inekuigranular. Litologi batuan ini tersusun oleh kristal yang berukuran halus (<1 mm) yang terdiri dari Plagioklas (70%), Piroksen(20%), Opaq(8%), Quarsa(2%).



**Gambar 4.** Kenampakan sayatan Petrografi berdasarkan Nikol Silang dan Nikol Sejajar pada St Rk-01

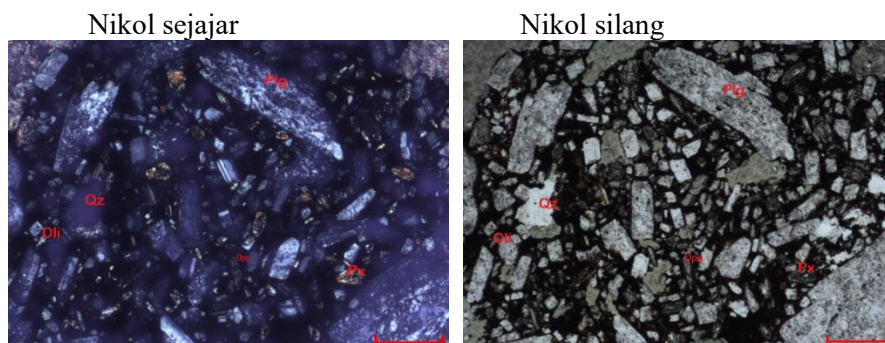
b. Satuan Andesit

Satuan andesite ini tersebar pada perbukitan rendah bagian barat pada daerah penelitian. Pada peta topografi satuan ini memiliki kontur yang rapat dengan ketinggian hingga 150mdpl. Satuan ini diberi simbol berwarna merah pada peta geologi. Ciri litologi satuan ini secara megaskopis berwarna abu-abu terang, tingkat kristali termasuk hipokristalin karena sebagian kristal dan sebagian gelas, serta komposisi fenokris berupa plagioklas, hornblend dan piroksen.



**Gambar 5.** Singkapan dan Hand specimen satuan andesit

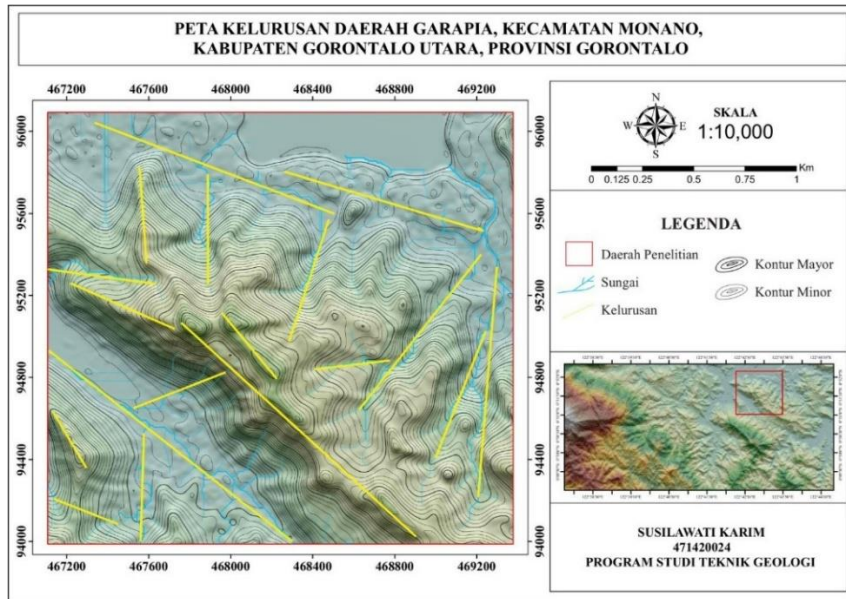
Berdasarkan analisis petrografi batuan ini memiliki derajat kristalisasi hipokristalin karena Sebagian kristal dan Sebagian gelas, homogenitas inequigranular karena ukuran kristalnya tidak sama besar, serta komposisi fenokris berupa plagioklas(55%), Piroksen(15%), Olivin(8%), Quarsa(8%), Opaq(4%), Gelas(10%).



**Gambar 6.** Kenampakan sayatan Petrografi berdasarkan Nikol Silang dan Nikol Sejajar pada St Rk-1

### C. Struktur Geologi Daerah Penelitian

Analisis struktur geologi daerah penelitian dilakukan berdasarkan analisis *lineament* dari data DEMNAS dikarenakan kurangnya data struktur pada daerah penelitian. Kelurusan yang teridentifikasi pada peta dapat diartikan sebagai manifestasi struktur geologi yang berkembang di daerah penelitian. Hasil analisis menunjukkan bahwa pola kelurusan utama di daerah penelitian memiliki arah dominan Timur Laut- Barat Daya, dengan beberapa kelurusan minor berarah relative tegak lurus. Pola ini mengindikasikan adanya pengaruh struktur tektonik regional yang mengontrol bentuk morfologi, termasuk lembah Sungai dan punggung aliran lava. Struktur yang terbentuk diperkirakan berhubungan dengan aktivitas tektonik berupa sesar atau rekahan yang berkembang di batuan beku vulkanik. Kehadiran kelurusan Timur Laut- Barat Daya berpotensi menjadi bidang lemah yang dapat mempengaruhi kestabilan lereng. Hal ini mengindikasikan bahwa aktivitas tektonik di masa lalu kemungkinan besar berperan dalam pembentukan morfologi saat ini.



**Gambar 7.** Pola Kelurusan Daerah Penelitian

D. Hasil Analisis Geokimia XRF (*X-Ray Flouresence*)

|                                                                   | Kode Sampel                    | Rk.1  | Rk.12 |
|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------|-------|-------|
|                                                                   |                                | (%)   | (%)   |
| M<br>a<br>j<br>o<br>r<br><br>E<br>l<br>e<br>m<br>e<br>n<br>t<br>s | SiO <sub>2</sub>               | 50,38 | 52,65 |
|                                                                   | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 15,61 | 14,57 |
|                                                                   | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 10,72 | 8,60  |
|                                                                   | MgO                            | 4,97  | 5,19  |
|                                                                   | CaO                            | 7,66  | 6,12  |
|                                                                   | Na <sub>2</sub> O              | 2,47  | 1,54  |
|                                                                   | K <sub>2</sub> O               | 0,90  | 2,20  |
|                                                                   | TiO <sub>2</sub>               | 1,43  | 0,93  |
|                                                                   | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0,29  | 0,12  |
|                                                                   | MnO                            | 0,14  | 0,15  |
| Lol                                                               | 4,22                           | 6,07  |       |

**Tabel 1.** Tabel Major Elements

Berdasarkan analisis geokimia (XRF), batuan Rk-01 mengandung SiO<sub>2</sub> sebesar 50,38% dengan NaO<sub>2</sub> + K<sub>2</sub>O sebesar 2,9% sehingga termasuk kedalam batuan basalt, sedangkan Rk-12 memiliki SiO<sub>2</sub> sebesar 52,38% dengan NaO<sub>2</sub> + K<sub>2</sub>O sebesar 3,8%, termasuk dalam batuan basaltic andesit. Plottingan pada diagram (Le Bass, 1986) menempatkan kedua sampel dalam sub-alkaline basalt-basaltic andesite.

Diagram AFM (Irvine & Baragar, 1971) menunjukkan bahwa Rk-01 dan Rk-12 termasuk dalam seri calc-alkaline, yang menunjukkan terjadinya proses fraksional mineral mafik (piroksen, olivine, dan plagioklas kaya kalsium) selama evolusi magmanya.

Sementara itu, diagram  $TiO_2$ - $MnOx10$ - $P_2O_5x10$  (Mullen, 1983) menunjukkan bahwa Rk-01 dan Rk-12 berada pada bidang Island Arc Theloiitic ( IAT ). Hasil perhitungan CIPW normative juga mendukung interpretasi tersebut. Kandungan normatif meningkat dari 3,5% pada Rk-01 menjadi 4,2% pada Rk-12, diikuti dengan peningkatan orthoklas dan anorthit serta diopsid. Perubahan ini menunjukkan peningkatan kadar silika dan proses diferensiasi magma seiring perkembangan evolusi batuan.

Secara tektonik, daerah Garapia merupakan bagian zona busur vulkanik lengan utara Sulawesi yang terbentuk akibat penunjaman Lempeng Laut Sulawesi ke bawah Lempeng Sangihe. Aktivitas subduksi ini menghasilkan magma dengan karakter calc-alkaline yang kemudian membentuk batuan beku basalt dan basaltic andesite yang tersebar luas di permukaan.

Dengan demikian, hasil keseluruhan penelitian menunjukkan bahwa batuan beku di daerah Garapia terbentuk dari aktivitas magmatis busur kepulauan (Volcanic arc magmatism) yang mengalami proses kristalisasi fraksional dan diferensiasi magma. Sampel Rk-01 dan Rk-12 sama-sama mencerminkan tahapan evolusi magma dalam satu seri yang sama, yaitu calc-alkaline series, dimana Rk-01 mewakili tahap awal evolusi magma basaltic dan Rk-12 mewakili tahap lanjut dengan kadar silika lebih tinggi. Kondisi ini menunjukkan adanya transisi evolusi magmatic dari magma basa menuju magma menengah, yang merupakan ciri khas batuan vulkanik busur subduksi di wilayah Sulawesi Utara (Gill, 1981; Hall & Wilson, 2000).

#### 4. KESIMPULAN

- a. Daerah penelitian terbagi menjadi tiga satuan geomorfologi, yaitu dataran pantai, dataran aluvial, dan punggung aliran lava. Satuan punggung aliran lava mendominasi 50% wilayah penelitian dengan litologi utama basalt - andesite Secara stratigrafi, penyusunnya termasuk Formasi TQpv berumur pliosen akhir-pliosen awal.
- b. Batuan beku di daerah Garapia menunjukkan arah penyebaran barat daya-timur laut (SW-NE) yang sejajar dengan struktur utama Lengan Sulawesi. Satuan andesit menempati sekitar 40% wilayah bagian barat hingga barat daya, satuan basalt mencakup sekitar 50% Bahian Tengah timur laut daerah penelitian. Sementara itu endapan alluvial menutupi sekitar 10% bagian utara dan pesisir. Pola penyebaran ini menunjukkan bahwa aktivitas vulkanik di daerah Garapia dikontrol oleh struktur regional berarah barat daya-timur laut, yang berperan sebagai jalur keluarnya magma.
- c. Analisis petrografi memperlihatkan batuan didominasi oleh plagioklas (labradotit-andesin), piroksen, hornblend, serta sedikit olivin dengan tekstur holokristalin, euhedral-subhedral, dan berbutir halus. Analisis geokimia (XRF) menunjukkan sampel Rk-01 ( $SiO_2$  50,38%) termasuk basalt. Sedangkan sampel Rk-12 ( $SiO_2$  52,38%) termasuk basaltic andesite. Kandungan kuarsa normatif lebih tinggi pada Rk-12(12,97) dibanding Rk-01 (4,30%), menandakan adanya diferensiasi lebih lanjut pada sampel Rk-12. Berdasarkan interpretasi lebih lanjut diagram geokimia, kedua sampel tergolong seri magma calc-alkaline yang terbentuk pada lingkungan busur kepulauan (Island Arc) akibat proses subduksi aktif. Perhitungan kedalaman sumber magma berkisar antara 143-158 km, sesuai dengan zona Benioff. Hal ini menegaskan bahwa batuan beku di daerah penelitian terbentuk akibat aktivitas magmatisme busur kepulauan sejak pliosen akhir-awal.

#### 5. UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih kepada Laboratorium Pusat Sumber Daya Mineral Batubara Panas Bumi atas fasilitas analisis geokimia *X-Ray Fluorescence* (XRF) yang telah diberikan. Penghargaan yang tulus penulis sampaikan kepada rekan-rekan di lapangan dan laboratorium atas bantuan teknis dan kerja sama yang baik selama kegiatan penelitian.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Boehler, R. (1996). *Melting Temperatures of the Earth's Mantle and Core*. Dover Publishing.
- Fandji, M. (2022). *Petrogenesis Batuan Andesit Daerah Bualemo, Kecamatan Kwandang, Kabupaten Gorontalo Utara*
- Gill, J.B. (1981). *Orogenic Andesites and Plate Tectonics*. Springer-Verlag, Berlin.

- Hall, R., & Wilson, M. (2000). Neogene sutures in eastern Indonesia. *Journal of Asian Earth Sciences*, 18, 781–808.
- Irvine, T.N., & Baragar, W.R.A. (1971). A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 8, 523–548.
- Travis, R. B. (1955). *Classification of Rocks*. Quarterly of the Colorado School of Mines, 50(1), 51–77.
- Van Zuidam, R.A. (1985). *Aerial Photo-Interpretation in Terrain Analysis and Geomorphologic Mapping*. ITC, Enschede, The Netherlands.