

## Karakteristik Batuan Beku Berdasarkan Petrografi dan Geokimia di Kecamatan Sojol Utara, Kabupaten Donggala, Provinsi Sulawesi Tengah

Syahdinah Uswatun Darmatazia\*, Resty Intan Putri, Muhammad Rizqy Septyandy

Teknik Geologi, Universitas Mulawarman

E-mail: syahdinahuswatun@gmail.com

### ABSTRAK

Kecamatan Sojol Utara merupakan daerah yang berada pada bagian leher Sulawesi dan termasuk pada Mandala Barat yang didominasi oleh batuan gunungapi dan batuan plutonik. Penelitian petrografi dan geokimia di Kecamatan Sojol Utara belum pernah dilakukan sehingga kegiatan ini dimaksudkan untuk mengetahui karakteristik batuan beku, sebaran, posisi tektonik, dan genesa batuan beku. Metode penelitian mencakup pengambilan sampel acak di lapangan serta analisis petrografi dan geokimia menggunakan *X-Ray Fluorescence* (XRF). Kelompok batuan yang ditemukan terdiri dari diorite dan granodiorit yang merupakan batuan beku plutonik yang bersifat menengah hingga asam. Secara fisik, batuan beku tersebut menunjukkan struktur massif dan xenolit, tekstur holokristalin, faneritik, dengan bentuk kristal euhedral-subhedral, dan relasi termasuk inequigranular (porfiritik) serta equigranular. Jenis batuan dapat dibedakan berdasarkan persentase komposisi mineral kuarsa, alkali feldspar, dan plagioklas serta komposisi geokimia ( $\text{SiO}_2$  dengan total alkali ( $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ )). Analisis geokimia batuan menunjukkan terjadinya proses diferensiasi dengan adanya peningkatan  $\text{SiO}_2$  dan penurunan beberapa unsur mayor lainnya, kecenderungan sifat magnesian dengan indeks saturasi alkali tergolong metaluminus, jenis dan afinitas magma kalk-alkalin serta shosonit. Berasosiasi dengan zona subduksi dengan sumber peleburan batuan seluruhnya berasal dari *high - K mafic rock*. Berdasarkan petrografi dan geokimia keseluruhan batuan tergolong dalam granotoid tipe I.

Kata Kunci: Batuan Beku, Geokimia, Leher Sulawesi, Petrografi, Sojol Utara

### ABSTRACT

*North Sojol sub-district is an area located in the neck of Sulawesi and included in the West Mandala which is dominated by volcanic rocks and plutonic rocks. Petrographic and geochemical research in North Sojol Sub-district has never been conducted so this activity is intended to determine the characteristics of igneous rocks, distribution, tectonic position, and igneous rock genesis. The research method includes random sampling in the field and petrographic and geochemical analysis using X-Ray Fluorescence (XRF). The rock group found consists of diorite and granodiorite which are plutonic igneous rocks that are intermediate to acidic in nature. Physically, the igneous rocks show massif and xenolith structures, holocrystalline textures, faneritic, with euhedral-subhedral crystal shapes, and relations including inequigranular (porphyritic) and equigranular. Rock types can be differentiated based on the percentage mineral composition of quartz, alkali feldspar and plagioclase and geochemical composition ( $\text{SiO}_2$  with total alkali ( $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ )). Geochemical analysis of the rocks shows the occurrence of a differentiation process with an increase in  $\text{SiO}_2$  and a decrease in several other major elements, the tendency of magnesian properties with alkali saturation index classified as metaluminous, type and affinity of calc-alkaline magma and shosonite. Associated with the subduction zone with source rock melting entirely from high-K mafic rock. Based on petrography and geochemistry, all rocks are classified as type I granotoids.*

*Keywords: Geochemistry, Igneous Rocks, North Sojol, Petrography, Sulawesi Neck.*

## 1. Pendahuluan

Sulawesi dan sekitarnya merupakan daerah yang kompleks karena tempat pertemuan 3 (tiga) lempeng besar, yaitu lempeng Indo-Australia, lempeng Pasifik, dan lempeng Eurasia. Proses tumbukan keempat lempeng menyebabkan Pulau Sulawesi memiliki empat buah lengan dengan proses tektonik yang berbeda-beda membentuk satu kesatuan mosaik geologi dimana berbagai jenis batuan (Sompotan, 2012). Lokasi penelitian termasuk pada Mandala Barat, didominasi oleh batuan gunungapi dan batuan plutonik dan disebut sebagai Busur Gunungapi Sulawesi Barat (Surono, dkk. 2013). Batuan beku diklasifikasikan menurut cara pembentukan dan mineralogi (kimiawi komposisi). Menurut Best (1982) dalam Ansori, dkk., (2019) untuk mengetahui asal-usul

batuan (petrogenesa) perlu diperhatikan komposisi kimia, mineralogi, tekstur, dan asosiasi batuan tersebut di lapangan.

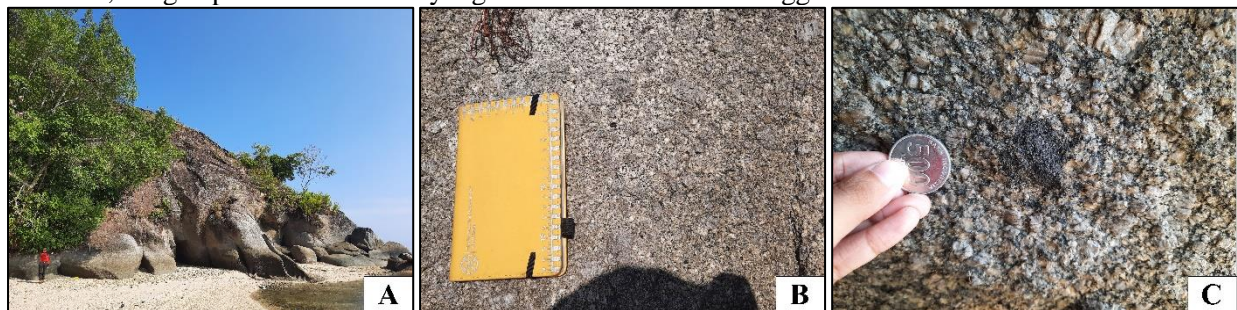
Dengan hadirnya batuan beku di daerah penelitian, menunjukkan adanya suatu aktivitas magmatik. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi karakteristik mineralogi dan komposisi kimia serta interpretasi genesa batuan beku di daerah Kecamatan Sojol Utara.

## 2. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian terdiri dari metode survei dan analisis. Metode survei yang dilakukan yaitu observasi lapangan berupa pengambilan sampel acak (*random sampling*) batuan di lapangan dan pemetaan geologi permukaan. Metode analisis dilakukan untuk mengamati hasil yang diperoleh dari lapangan meliputi analisis petrografi dan geokimia batuan menggunakan XRF (*X-Ray Fluorescence*) dengan menggunakan tiga sampel. Analisa geokimia XRF dilakukan untuk mendapatkan unsur-unsur oksida utama dalam persen berat dan dinormalkan menjadi 100%. Selanjutnya, data geokimia diolah menggunakan perangkat lunak GCDkit berbasis Bahasa pemrograman R menghasilkan diagram diskriminan (Janousek dkk., 2006 dalam Permanadewi dkk. 2022).

## 3. Hasil dan Pembahasan

Lokasi penelitian yang berada pada kecamatan Sojol Utara dan termasuk kedalam 3 (tiga) desa yang berbeda, yaitu Desa Ogoamas II, Desa Lenju, dan Desa Pesik. Batuan beku menjadi litologi dominan pada lokasi penelitian, dengan persebaran batuan yang luas dari arah selatan hingga utara.



**Gambar 1.** Granodiorit STA 1 (GR-1) A) Singkapan, B) Litologi, C) Struktur *xenolite*

Litologi penyusun satuan batuan ini merupakan batuan granodiorit dengan karakteristik batuan beku plutonik berwarna abu-abu hingga kecoklatan, struktur xenolit berupa batuan beku dan tekstur holokristalin, faneritik, dan hubungan antar kristalnya inequigranular (porfiritik). Tersusun dari komposisi mineral berupa kuarsa, plagioklas, K-Felspar, sebagai fenokris serta biotit dan hornblen. Pengamatan granodiorit salah satunya dilakukan pada STA 1 (Gambar 1) dan STA 30 (Gambar 2).



**Gambar 2.** Granodiorit STA 30 (GRD-30) A) Singkapan, B) Litologi, C) Struktur *xenolite*

Singkapan satuan granodiorit ditemukan paling banyak pada daerah penelitian, dengan perkiraan persebaran batuan seluas  $\pm 40\%$  yang berada pada Desa Ogoamas dan Desa Lenju. Ditunjukkan dengan warna merah pada bagian timur laut dan barat laut hingga tenggara pada peta geologi. Umur satuan batuan ditentukan berdasarkan peta geologi regional lembar Tolitoli (Ratman, 1976) berumur Miosen Tengah – Miosen Akhir yang merupakan bagian dari Formasi Batuan Terobosan.



**Gambar 3.** Diorit STA 46 (DRT-46) A) Singkapan, B) Litologi, C) *Dyke* Basal

Litologi penyusun satuan batuan ini merupakan batuan diorit dengan karakteristik, yaitu tergolong kedalam batuan beku plutonik berwarna putih kehitaman, struktur masif, tekstur holokristalin, faneritik, dan equigranular. Ditemukan adanya vein berupa kuarsa dan struktur *dyke* berupa batuan basalt. Komposisi mineral yang terlihat plagioklas, biotit, hornblend, kuarsa, dan K-felspar.

Singkapan satuan diorit ditemukan pada daerah penelitian dengan perkiraan persebaran batuan seluas  $\pm 10\%$  yang berada pada Desa Pesik. Ditunjukkan dengan warna merah muda pada bagian barat pada peta geologi Umur satuan batuan ditentukan berdasarkan peta geologi regional lembar Tolitoli (Ratman, 1976) berumur Miosen Tengah – Miosen Akhir yang merupakan bagian dari Formasi Batuan Terobosan.

#### A. Analisis Petrografi

Analisis petrografi dilakukan untuk mengetahui komposisi mineral dan karakteristik batuan secara mikroskopis. Hasil pengamatan pada 3 (tiga) sampel batuan. Pengamatan petrografi STA 1 dengan perbesaran okuler 10x serta perbesaran objektif 4x menunjukkan tekstur holokristalin dan bentuk kristal euhedral-subhedral. Komposisi mineral kuarsa 38,57%, plagioklas 31,59%, k-felspar 17,48%, biotit, 3,07%, hornblend, 5,5%, dan tambahan apatit 3,7%. Berdasarkan klasifikasi QAPF IUGS termasuk kedalam batuan granodiorit.



**Gambar 4.** Mikrofoto sampel GR-1

Pengamatan di bawah mikroskop STA 30 (Gambar 5) dengan perbesaran okuler 10x serta perbesaran objektif 4x pada pengamatan petrografi menunjukkan komposisi mineral kuarsa 32,03%, plagioklas 27,36%, k-felspar 11,54%, biotit, 15,88%, hornblend, 11,52%, dan tambahan apatit 0,976% serta mineral opak 0,672%. Tekstur holokristalin, bentuk kristal euhedral-subhedral. Ditemukan adanya struktur *oscillatory zoning* pada plagioklas. Berdasarkan klasifikasi QAPF IUGS termasuk kedalam batuan granodiorit.



**Gambar 5.** Mikrofoto sampel GRD-30

Secara petrografi diorit (Gambar 6) dengan perbesaran okuler 10x serta perbesaran objektif 4x menunjukkan tekstur holokristalin, bentuk kristal euhedral-subhedral. Komposisi mineral kuarsa 43,33%, plagioklas 39,70%, k-felspar 3,49%, biotit, 11,62%, horblend, 4,54%, dan mineral opak 0,108%. Berdasarkan klasifikasi QAPF IUGS termasuk kedalam batuan tonalit.



Gambar 6. Mikrofoto sampel DRT-46

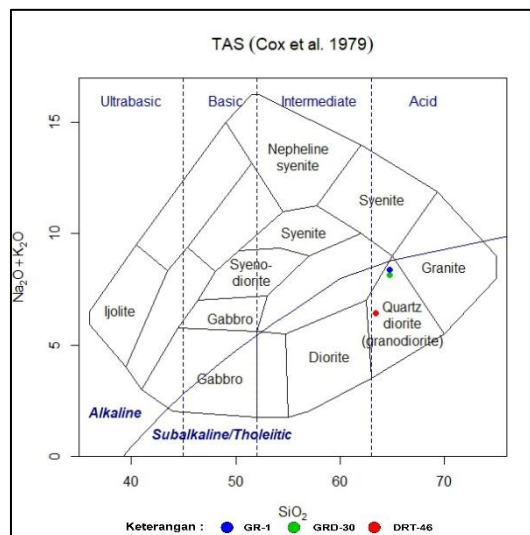
## B. Analisis Geokimia

Keseluruhan sampel batuan yang telah dilakukan analisis petrografi juga dilakukan analisis geokimia untuk mengetahui komposisi unsur mayor. Berdasarkan data di bawah (Tabel 1), diketahui kesepuluh komposisi unsur mayor batuan dari 3 (tiga) conto sampel. Dengan SiO<sub>2</sub> sebagai unsur yang paling mendominasi dibandingkan unsur lainnya dan GRD-30 memiliki nilai tertinggi sebesar 64,77%. Selanjutnya Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> unsur kedua yang memiliki persentase tinggi, yaitu pada DRT-46 sebesar 16,61% dan diikuti unsur-unsur lainnya. Adapun unsur yang memiliki jumlah yang paling kecil adalah MnO, yaitu pada GR-1 yang hanya memiliki persentase 0,067%.

Tabel 1. Hasil analisis kimia batuan dengan metode XRF dalam berat persen (wt.%)

No.	Unsur Mayor	GR-1	GRD-30	DRT-46
1.	SiO <sub>2</sub>	64,72	64,77	63,44
2.	TiO <sub>2</sub>	0,495	0,437	0,440
3.	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16,25	15,86	16,61
4.	FeOt	5,55	6,11	7,59
5.	MnO	0,067	0,075	0,069
6.	MgO	2,54	2,781	3,68
7.	CaO	4,01	4,16	4,95
8.	Na <sub>2</sub> O	3,11	2,81	2,20
9.	K <sub>2</sub> O	5,25	5,34	4,24
10.	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,501	0,421	0,20

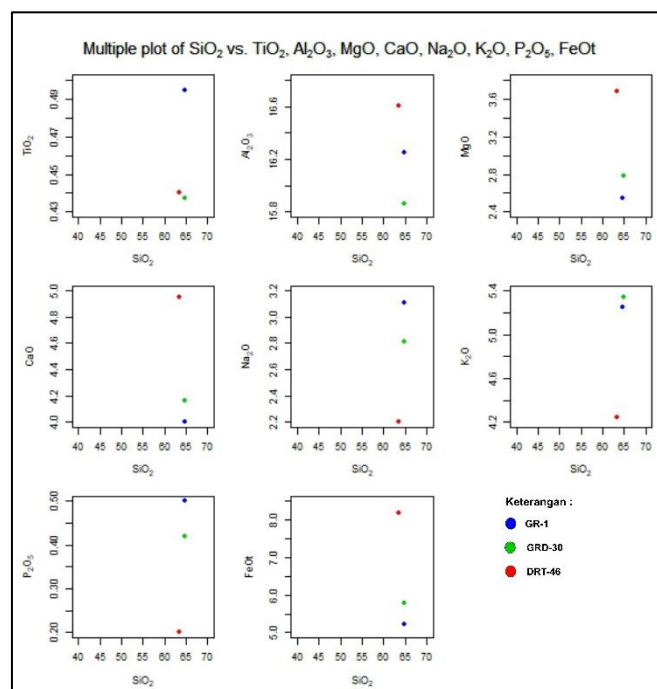
Penentuan jenis batuan dengan menggunakan diagram diskriminan total alkali silika (TAS), didasarkan pada perbandingan komposisi SiO<sub>2</sub> dengan total alkali (Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O). Berdasarkan data tabel diatas dapat dilihat bahwa kandungan SiO<sub>2</sub> berkisar antara 63,44 – 64,77% dan nilai Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O menunjukkan rentang nilai antara 6,45-8,36%. Dengan nilai SiO<sub>2</sub> diketahui bahwa tergolong kedalam batuan asam (magma granitik). Dengan hal tersebut, conto batuan yang dianalisis didapat jenis batuan, yaitu granodiorit atau *quartzdiorite* Proses diferensiasi magma pada diagram TAS, pada kelompok batuan *quartzdiorite* atau granodiorit dengan kandungan FeOt yang mempresentasikan kehadiran mineral mafik sebesar 7.59 %.



**Gambar 7.** Diagram Total Alkali Silika (TAS) (Cox dkk., 1979 dalam Wilson 1989)

Diferensiasi magma yang terjadi pada dapur magma akan menyebabkan adanya perubahan komposisi magma sehingga menghasilkan batuan yang berbeda. Fase pertama merupakan fase kristalisasi fraksional dengan terbentuknya mineral penyusun batuan. Dalam melihat seberapa besar perbandingan diferensiasi magma yang terjadi pada ketiga jenis batuan dapat dilihat dari nilai unsur mayor dengan  $\text{SiO}_2$  sebagai parameter perbandingan. Pada diagram Harker (Gambar 8) menunjukkan tren evolusi magma ditandai dengan peningkatan kadar  $\text{SiO}_2$  dan penurunan kadar unsur-unsur lain, seperti  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{FeO}$ , dan  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .

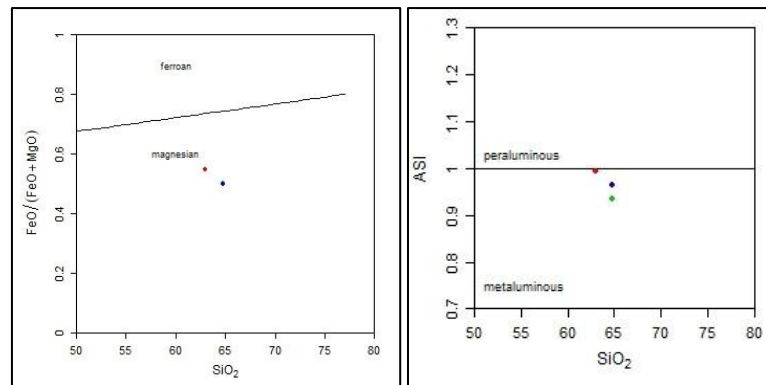
Peningkatan kadar  $\text{SiO}_2$  menunjukkan proses diferensiasi. Dengan GRD-30 memiliki kandungan  $\text{SiO}_2$  yang paling tinggi diantara ketiga contoh batuan, namun memiliki kandungan  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{FeO}$ , dan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  yang rendah. Hal tersebut berbanding terbalik dengan DRT-46 yang kandungan  $\text{SiO}_2$  yang terendah, sedangkan memiliki nilai paling tinggi pada kandungan  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{FeO}$ , dan  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Sehingga dindikasikan bahwa DRT-46 mendingin dan mengkristal terlebih dahulu.



**Gambar 8.** Diagram Harker (Winter, 2014)

Selanjutnya nilai komposisi silika dilakukan perbandingan pada diagram  $\text{FeO}/(\text{FeO} + \text{MgO})$  terhadap  $\text{SiO}_2$  (Gambar 9) sekitar 0,6%. Keseluruhan batuan tergolong kedalam kelompok magnesian. Dalam diagram indeks saturasi alkali (ASI) (Gambar 9) menunjukkan bahwa ketiga sampel termasuk kelompok

metaluminus, yang berarti memiliki proporsi molar  $\text{Al}_2\text{O}_3$  yang lebih rendah dari kombinasi molar  $\text{CaO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ , dan  $\text{K}_2\text{O}$  (Shand, 1943 dalam Masse, dkk. 2022).

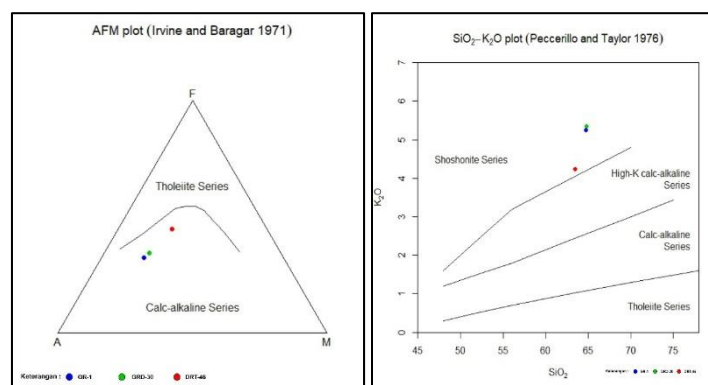


**Gambar 9.** Diagram  $\text{FeO}/(\text{FeO}+\text{MgO})\text{-SiO}_2$  (kiri), Diagram Indeks Saturasi Alkali (kanan) (Frost, dkk., 2001)

Penentuan jenis magma menggunakan diagram AFM (Irvine dan Baragar, 1971) berdasarkan perbandingan komposisi kimia unsur total Alkali ( $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ ),  $\text{MgO}$ , dan  $\text{FeO}$  ( $\text{FeO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$ ). Berdasarkan diagram AFM menunjukkan bahwa keseluruhan batuan berada pada kelompok seri *calc-alkaline*. Posisi sampel batuan di dalam diagram dengan komposisi silika lebih rendah, yakni DRT-46 berada di dekat garis batas antara seri teolitik dengan kal-alkalin. Namun, pada batuan yang memiliki komposisi silika lebih tinggi berada lebih di bawah. Hal tersebut menggambarkan bahwa makin besar nilai komposisi silika, maka nilai M ( $\text{MgO}$ ) dan F ( $\text{FeO}$ ) cenderung makin rendah.

Selain itu, proses diferensiasi magma juga ditunjukkan pada diagram AFM (Gambar 10) dimana terbentuk tren makin besar komposisi silika, maka akan terjadi penurunan komposisi  $\text{FeO}$  dan  $\text{MgO}$  larutan magma. Dalam Prabowo, dkk. (2021) seri magma *calc-alkaline* banyak mengandung air sehingga bersifat hidrous, lebih teroksidasi, dan mempunyai kadar  $\text{O}_2$  yang relatif tinggi. Komposisi magma ini dipengaruhi oleh proses yang berkaitan dengan kadar air dan tingkat oksida magma. Perubahan komposisi dimulai dengan peleburan sebagian (*partial melting*) dari material yang tertunjamkan.

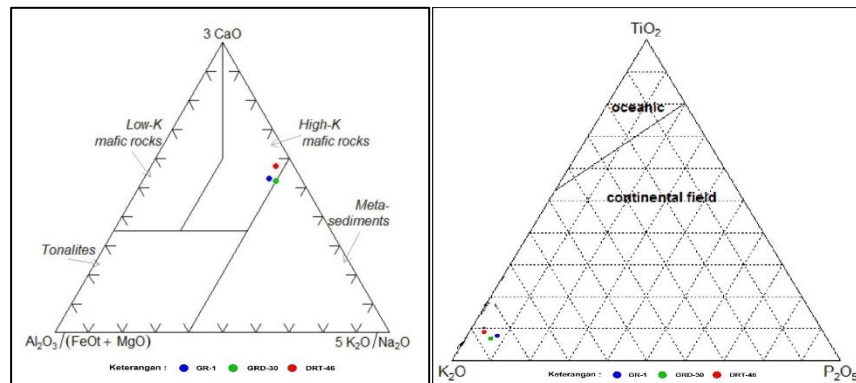
Afinitas magma ditentukan dengan menggunakan beberapa diagram klasifikasi. Pada diagram Peccerillo dan Taylor (1976) perbandingan komposisi silika ( $\text{SiO}_2$ ) dengan potasium  $\text{K}_2\text{O}$  pada seluruh (Gambar 10) sampel menunjukkan hasil seri *shosonite*. Dengan memiliki kandungan alkali ( $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ ) yang tinggi dibandingkan dengan seri lainnya berkisar 6,45-8,36 %. Berdasarkan dua klasifikasi tersebut, disimpulkan bahwa batuan beku yang ditemukan memiliki afinitas magma *calc-alkaline* dan *shosonite*. Wilson (1991) menyebutkan bahwa afinitas magma tersebut dapat terbentuk pada busur kepulauan (*island arc*) atau pada batas lempeng benua aktif *active kontinental margin* yang termasuk kedalam zona subduksi.



**Gambar 10.** Diagram AFM (kiri) (Irvine & Baragar, 1971 dalam Permainadewi dkk., 2022), Diagram  $\text{K}_2\text{O}$  versus  $\text{SiO}_2$  (kanan) (Peccerillo & Taylor 1976 dalam Rollinson dkk., 2021)

Berdasarkan data perbandingan komposisi batuan pada diagram  $3 \text{ CaO-Al}_2\text{O}_3/(\text{FeO}+\text{MgO})\text{-}5 \text{ K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$  (Gambar 11) menunjukkan bahwa keseluruhan batuan memiliki material atau batuan asal dan terbentuk dari hasil peleburan dengan jenis *high-K mafic*. Adanya jenis batuan beku yang berbeda

membuktikan bahwa intrusi yang terjadi di daerah penelitian pada Miosen lebih dari satu kali fase intrusi. Lingkungan tektonik berdasarkan diagram menurut Pearce (1975) merupakan perbandingan antara  $K_2O$ ,  $Ti_2O$ , dan  $P_2O_5$ . Seluruh conto batuan menunjukkan asal magma yang berasal dari kontinen (Gambar 11).



**Gambar 11.** Diagram sumber peleburan magma (kiri) (Laurent, 2014 dalam Permanadewi dkk., 2022), Diagram perbandingan antara  $K_2O$ ,  $Ti_2O$ , dan  $P_2O_5$  (Pearce, 1975 dalam Masse dkk., 2022)

	Plate margin		Within plate	
Tectonic setting	Convergent (destructive)	Divergent (constructive)	Intra-oceanic	Intra-continental
volcanic feature	island arcs, active continental margins	mid-oceanic ridges back-arc spreading centres	oceanic islands	continental rift zones continental flood-basalt provinces
characteristic magma series	tholeiitic calc-alkaline alkaline	tholeiitic — —	tholeiitic — alkaline	tholeiitic — alkaline
$SiO_2$ range	basalts and differentiates	basalts	basalts and differentiates	basalts and differentiates

**Gambar 12.** Karakteristik seri magma dengan posisi tektonik (Wilson, 1989)

Berdasarkan unsur mayor batuan secara geokimia dapat mendeskripsikan bahwa lingkungan tektonik dindikasikan termasuk *active continent margin* atau *island arc* (Gambar 12) pada zona konvergen. Seiring terjadinya perubahan nilai kadar alkali  $K_2O$  yang semakin besar kenaikannya (Wilson, 1989 dalam Masse, dkk. 2022).

### C. Genesa Batuan

Pembentukan batuan beku pada lokasi penelitian berdasarkan hubungan petrografi dan data geokimia yang diperoleh. Kristalinitas batuan beku di daerah penelitian berbentuk euhedral-subhedral, maka disimpulkan bahwa pembentukan batuan tersebut berada jauh di bawah permukaan bumi (batuan plutonik) sehingga terjadinya proses pengkristalan mineral secara perlahan (Maulana, 2019). Berdasarkan petrografi pada granodiorit terdiri dari komposisi mineral kuarsa, plagioklas, k-felspar (fenokris), biotit, hornblen, dan apatit. Mineral yang diindikasikan pertama terbentuk adalah plagioklas dengan perkiraan suhu antara  $1200^{\circ}C$  -  $800^{\circ}C$  dan k-felspar (fenokris) dengan waktu pendinginan yang relatif lebih lama. Kemudian terbentuk hornblen dan biotit disuhu sekitar  $800^{\circ}C$ , selanjutnya kuarsa dengan bentuk subhedral pada suhu sekitar dibawah  $600^{\circ}C$ . Selain itu, terbentuk juga apatit dengan bentuk subhedral. Menurut Masse, dkk. (2022) adanya kandungan mineral apatit diinterpretasikan sebagai proses dari segregasi magma yang mengakibatkan mineral apatit terkonsentrasi pada granodiorit sebagai mineral aksesoris.

Ditemukan adanya struktur *oscillatory zoning* pada plagioklas, mencerminkan adanya proses penurunan temperatur magma yang relatif cepat sehingga kristal-kristal tidak mendapatkan waktu untuk membentuk posisi yang homogen (Hutabarat, dkk. 2007). Komposisi mineral pada diorit terdiri dari mineral kuarsa, plagioklas, k-felspar, biotit, hornblen, dan mineral opa. Sama dengan granodiorit mineral yang terbentuk diawal adalah plagioklas dengan perkiraan suhu antara  $1200^{\circ}C$  -  $800^{\circ}C$ , kemudian hornblen dan biotit di suhu sekitar  $800^{\circ}C$ . Selanjutnya, terbentuknya k-felspar dan kuarsa pada suhu sekitar dibawah  $600^{\circ}C$ . Bentuk

subhedral menunjukkan bahwa mineral mengkristal ketika ruang didalam magma sudah mulai terbatas, sehingga kristal tidak memiliki ruang yang cukup untuk tumbuh sempurna. Terjadinya peningkatan kadar  $\text{SiO}_2$  dari diorit ke granodiorit menunjukkan proses diferensiasi magma. Didukung dengan kenampakan megaskopis granodiorit yang ditemukan tekstur porfiritik, menurut Masse, dkk. (2022) tekstur porfiritik menunjukkan perbedaan signifikan pada ukuran mineral yang dapat dindikasikan adanya perbedaan tahapan kristalisasi pada proses magmatisme dan terjadinya proses pencampuran (diferensiasi) magma.

Berdasarkan geokimia diorit dengan kandungan  $\text{SiO}_2$  yang lebih rendah dibandingkan dengan granodiorit, dan memiliki nilai paling tinggi pada kandungan  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{FeO}$ , dan  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Didukung dengan kandungan mineral plagioklas yang lebih banyak dibandingkan granodiorit. Dinterpretasikan bahwa diorit terbentuk terlebih dahulu dari proses fraksionasi kristal dari magma felsik yang kemudian magma sisa dari proses tersebut membeku dan membentuk granodiorit (Chen, dkk. 2018 dalam Prasetya, dkk. 2022). Pada saat magma naik akan terjadi proses asimilasi dengan batuan samping yang mengakibatkan peningkatan derajat keasaman magma hingga membentuk batuan granodiorit. Ditemukannya mineral dengan ukuran paling besar mencapai 2-3 cm yaitu ortoklas (K-felspar) pada sampel batuan, sehingga diinterpretasikan bahwa batuan tersebut terbentuk pada tahap akhir proses kristalisasi magma.

Menurut Permanadewi, dkk. (2022) kehadiran komposisi mineral mafik hidrous hornblen dan biotit mengindikasikan bahwa sistem magma terbentuk pada lingkungan tektonik subduksi yang umum membentuk mineral-mineral hidrous akibat proses peleburan kerak batuan. Didukung dengan data geokimia yang menunjukkan adanya karakterisasi seri magma yang bersifat kalk-alkalin, jenis indeks saturasi alumunium pada seluruh batuan adalah metaluminous dan sumber batuan asal sebagai bahan utama peleburan magma berasal dari jenis batuan *high-K mafic rocks* dimana hal tersebut umumnya berasosiasi dengan lingkungan subduksi yaitu *active continent margin* atau *island arc*.

Gill, 2010 dalam Masse, dkk. 2022 ada beberapa mineral yang ditemukan pada tipe batuan granitoid tertentu, pada lokasi penelitian ditemukan granodiorit dan tonalit. Berdasarkan komposisi mineral pada petrografi yaitu plagioklas, kuarsa, biotit, dan hornblen, batuan beku pada lokasi penelitian diinterpretasikan sebagai batuan granitoid tipe I (Gambar 13) yang terbentuk pada zona subduksi atau zona kolisis orogenesis (Barbarin, 1999 dalam Masse, dkk. 2022). Didukung dengan kandungan silika sebesar 63 % - 64% berdasarkan data geokimia sampel batuan.

Elemen Utama	Type I Metaluminous	Type S Peraluminous	Type A Metaluminous-Peralkaline
Jenis Batuan yang Mewakili	Batuan plutonik dengan kandungan silika 56%-77%.	<i>Leucogranite</i> dengan kandungan silika 64%-77%, tidak berasosiasi dengan batuan mafik.	Umumnya batuan granitoid dengan silika tinggi (berasosiasi dengan syenit)
Tipe Mineral	Hornblenda, biotit	Muscovit (umumnya biotit, atau mineral lainnya yang kaya alumina)	Mafik mineral, Fe-rich biotit, atau alkali piroksen dan alkali hornblenda
Nilai (87 Sr / 86 Sr)	0.704-0.706	0.708-0.765	0.702-0.717
Jenis <i>Xenolith</i>	Batuan beku	Batuan sedimen atau metasedimen	Semua jenis batuan
Asosiasi Endapan Mineral Ekonomi	Endapan porfiri Cu, Mo, sulfida, urat pirit pembawa Ag-Au	Sn, W, U (Li, Be, B)	Zr, Hf, Nb, Ta, Y, REE, U, Th

Gambar 13. Tipe batuan granitoid (Chappel & White, 1974 dalam Masse, dkk. 2022)

#### 4. Kesimpulan

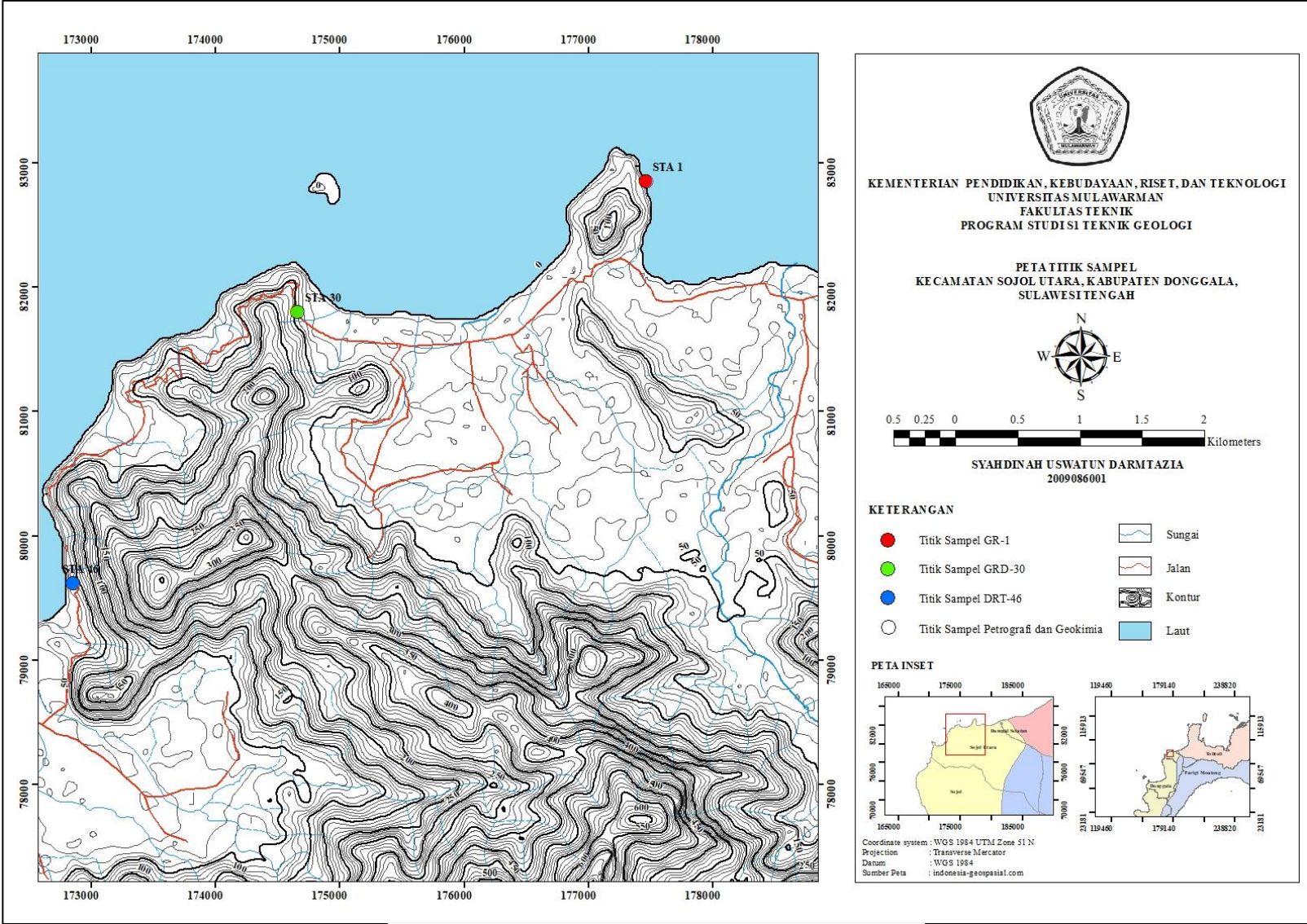
Hasil analisis petrografi dan geokimia pada keseluruhan sampel memiliki karakteristik sebagai batuan granodiorit-tonalit (petrografi) dan granodiorit (geokimia). Adanya peningkatan  $\text{SiO}_2$  dan penurunan beberapa unsur mayor lainnya mengindikasikan bahwa magma telah mengalami diferensiasi magma, diantaranya *magma mixing*, *gravitational settling*, dan fraksinasi mineral. Keseluruhan conto batuan tergolong kedalam kelompok magnesian dan indeks saturasi alkali termasuk metaluminus. Adapun penentuan jenis dan



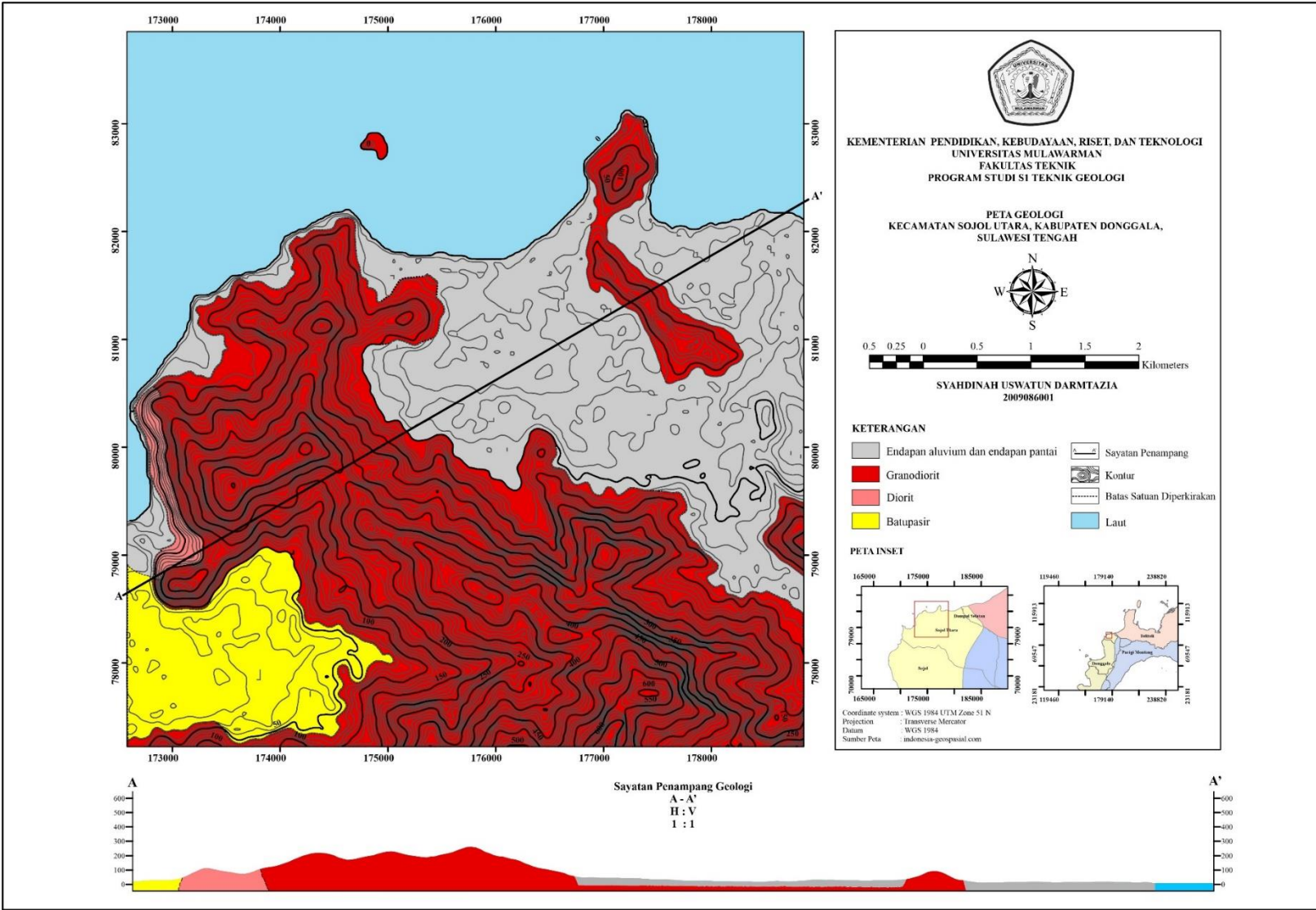
afanitas magma diklasifikasikan dalam calc-alkaline dan shosonite. Sumber peleburan batuan asal yaitu *high-K mafic* dan berdasarkan unsur mayor tersebut dindikasikan lingkungan tektonik batuan termasuk pada zona konvergen bagian *active continental margin* atau *island arc*. Dan tergolong dalam granitoid tipe I.

## 5. Daftar Pustaka

- Ansori, Chusni, Isyqi dan Fitriany A. Wardhani. (2019). Tipe Magmatik Batuan Beku Formasi Gabon di Tinggian Karangbolong, Kebumen. *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral* Vol. 20, No. 2, 63 -74.
- Erzagian E., Setijadji, Lucas D., dan Warmada, I Wayan. 2016. *Studi Karakteristik dan Petrogenesis Batuan Beku di Daerah Singkawang dan Sekitarnya, Provinsi Kalimantan Barat*. *Proceeding Seminar Nasional Kebumihan Ke-9 Graha Sabha Pramana*, 421-424.
- Frost, B. Ronald dan Carol D. Frost. (2014). *Essentials of Igneous and Metamorphic Petrology*. Cambridge University Press, New York.
- Gill Robin. 2010. *Igneous Rocks and Processes*. Wiley-Blackwell, United Kingdom.
- Haldar, S.K. dan Josip T. 2014. *Introduction to Mineralogy and Petrology*. Elsevier, United Kingdom.
- Hutabarat, Johannes. (2007). Studi geokimia Bauan Vulkanik Primer Kompleks Gunung Singa-Gunung Hulu Lisung, Bogor – Jawa Barat. *Bulletin of Scientific Contribution*, Vol. 5, No. 3, 141-151.
- Le Bas, M. J. dan A. L. Streckeisen. (1991). The IUGS Systematics of Igneous Rocks. *Journal of the Geological Society*, Vol. 148, 825-833.
- MacKenzie, W. S., C. H. Donaldson, dan C. Guilford. 1982. *Atlas of Igenous Rocks and Their Textures*. Longman Scientific and Technical, United States of America.
- Masse, Asti Gindasari, Mega Fatimah Rosana, dan Agus Didit Haryanto. (2022). Karakteristik dan Petrogenesis Batuan Beku di Kecamatan Cisolok (Daerah Geopark Ciletuh-Palabuhanratu), Kabupaten Sukabumi. *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral*, Vol. 23, No. 3, 141-153.
- Maulana, Adi. 2019. *Petrologi*. Ombak, Yogyakarta.
- Mukhtar, Wahdaniah dan Nurhikmah Supardi. 2022. Karakteristik dan Petrogeneses Batuan Beku Granit di Daerah Sibayu, Kecamatan Balaesang, kabupaten Donggala, Provinsi Sulawesi Tengah. *Jurnal Geomine*, Vol. 10, No. 2, 168-175.
- Permandewi, Sam dan Hanang Samodra. (2022). Analisis Petrografi dan Geokimia Batuan Diorit-Granodiorit-Granit di Daerah Gorontalo, Sulawesi. *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral* Vol.23, No. 4, 235-246.
- Prasetya, Yoga Adi, Lamganda Nainggolan, dan Bilal Al Farishi. 2022. *Petrologi Granitoid Kapur di Kompleks Granitoid Padean*. *Jurnal Geofisika Eksplorasi*, Vol. 8, No.2, 127-136.
- Rollinson, Hugh dan Victoria Pease. (2021). *Using Geochemical Data to Understand Geological Processes*. Cambridge University Press, United Kingdom.
- Ratman, N. (1976). Peta Geologi Lembar Tolitoli, Sulawesi Utara, Skala 1 : 250.000. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Sompotan, Armstrong F. (2012). *Struktur Geologi Sulawesi*. Perpustakaan Sains Kebumihan ITB, Bandung.
- Surono. (2013). *Geologi Lengan Tenggara Sulawesi*. Badan Geologi Kemeterian Energi dan Sumber Daya Mineral, Bandung.
- Surono dan Udi Hartono. (2013). *Geologi Sulawesi*. LIPI Press, Jakarta.
- Verdiansyah, Okki. 2017. Petrogeneses Batuan Intrusif Gunung Berjo-Butak, Daerah Godean Berdasarkan Data Petrografi. *KURVATEK*, Vol. 2, No. 1, 55-64.
- Wilson, Marjorie. (1989). *Igneous Petrogenesis*. Harper Collins Academic, Hammersmith, London.
- Winter, John D. (2014). *Principles of Igneous and Metamorhic Petrology*. Pearson Education, United States of America.



Gambar 1. Peta Titik Sampel Lokasi Penelitian



Gambar 2. Peta Geologi Lokasi Penelitian