

SKRIPSI

**STUDI KARAKTERISTIK GEOKIMIA GRANITOID
DAERAH WAITULIA KECAMATAN MANGOLI TENGAH
KABUPATEN KEPULAUAN SULA
PROVINSI MALUKU UTARA**

Disusun dan diajukan oleh :

ASMITA

D061 20 1022



**DEPARTEMEN TEKNIK GEOLOGI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

GOWA

2024

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

STUDI KARAKTERISTIK GEOKIMIA GRANITOID DAERAH WAITULIA KECAMATAN MANGOLI TENGAH KABUPATEN KEPULAUAN SULA PROVINSI MALUKU UTARA

Disusun dan diajukan oleh :

ASMITA
D061 20 1022

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian pada tanggal 26 November 2024
yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi
Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Menyetujui,

Pembimbing



Prof. Dr. Adi Tonggiroh, S.T., M.T., IPM

NIP. 19650928200003 1 002

Ketua Departemen Teknik Geologi Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin



Dr. Eng. Hendra Pachri, S.T., M.Eng.

NIP. 19771214200501 1 002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Asmita
NIM : D061201022
Program Studi : Teknik Geologi
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

“Studi Karakteristik Geokimia Granitoid Daerah Waitulia Kecamatan Mangoli
Tengah Kabupaten Kepulauan Sula Provinsi Maluku Utara”

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambil alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 25 November 2024

Yang menyatakan


Asmita



ABSTRAK

ASMITA. Studi Karakteristik Geokimia Granitoid Daerah Waitulia Kecamatan Mangoli Tengah Kabupaten kepulauan Sula Provinsi Sulawesi Selatan (dibimbing oleh Prof. Dr. Adi Tonggiroh, S.T., M.T., IPM).

Penelitian ini dilakukan di daerah Waitulia, yang memiliki persebaran kelompok Granitoid. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi mineralogi granitoid, karakteristik geokimia granitoid, dan persebaran granitoid berdasarkan geokimia. Metodologi penelitian meliputi analisis litologi dan struktur geologi menggunakan deskripsi makroskopis dan mikroskopis serta pengolahan data slickenside dan kekar. Selain itu, dilakukan analisis geokimia menggunakan metode XRF (*X-Ray Fluorences*) untuk mengetahui senyawa utama pada batuan dengan memperhatikan Total Alkali Silika, Afinitas Magma, dan Saturasi Alumina. Hasil analisis Total Alkali Silika menunjukkan bahwa granitoid memiliki 3 jenis yaitu *Quartz Monzonite*, *Quartz Syenite*, dan *Granite* yang tersebar pada satuan granit dan granit pegmatit. Afinitas Magma bersifat dominan *Shoshonitic* dan beberapa *High K-Calc Alkaline*. Saturasi Alumina pada batuan bersifat dominan peraluminus, dan beberapa peralkaline dan setempat metaluminus dan bersifat Dasitik-riolitik dimana nilai Saturasi alumina menunjukkan maka granitoid Waitulia memiliki tipe I dan S.

Kata Kunci : Waitulia, Kepulauan Sula, Granitoid, Geokimia, Total Alkali Silika, Afinitas Magma, Saturasi Alumina.

ABSTRACT

ASMITA. *Study of Geochemical Characteristics of Granitoids in the Waitulia Region, Central Mangoli District, Sula Islands Regency, South Sulawesi Province (supervised by Prof. Dr. Adi Tonggiroh, S.T., M.T., IPM).*

This research was conducted in the Waitulia area, which has a distribution of the Granitoid group. This research aims to identify granitoid mineralogy, geochemical characteristics of granitoids, and distribution of granitoids based on geochemistry. The research methodology includes analysis of lithology and geological structure using macroscopic and microscopic descriptions as well as slickenside and joint data processing. In addition, geochemical analysis was carried out using the XRF (X-Ray Fluorescence) method to determine the main compounds in the rock by paying attention to Total Alkali Silica, Magma Affinity and Alumina Saturation. The results of the Total Alkali Silica analysis show that granitoids have 3 types, namely Quartz Monzonite, Quartz Syenite, and Granite which are distributed in granite and granite pegmatite units. Magma affinity is predominantly Shoshonitic and some High K-Calc Alkaline. Alumina saturation in rocks is predominantly peraluminous, and some are peralkaline and locally metaluminous and are Dacitic-rhyolitic where the alumina saturation value shows that the Waitulia granitoid has types I and S.

Keywords: Waitulia, Sula Islands, Granitoids, Geochemistry, Total Alkali Silica, Magma Affinity, Alumina Saturation.

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kita hanturkan kepada Allah s.w.t, karena atas berkat dan rahmat-Nya sehingga penulisan dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Studi Karakteristik Geokimia Batuan Granitoid Daerah Waitulia Kecamatan Mangoli Tengah Kabupaten Kepulauan Sula Provinsi Maluku Utara”. Shalawat dan salam juga senantiasa kita kirimkan kepada Rasulullah Muhammad SAW, yang telah menjadi teladan terbaik bagi umat manusia. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah membimbing, mengarahkan dan membantu penulis dalam penelitian ini diantaranya :

1. Bapak Prof. Dr. Adi Tonggiroh, S.T, M.T., IPM sebagai pembimbing akademik di Jurusan Teknik Geologi, yang senantiasa memberikan arahan dan masukan baik dalam proses pengambilan dan pengolahan data, serta penulisan laporan. Semoga Allah s.w.t lancarkan dan mudahkan urusan – urusan Bapak yang akan datang.
2. Bapak Dr. Ir. Musri Ma’waleda, M.T. sebagai dosen penguji yang telah meluangkan waktu dan tenaganya dalam memberikan saran dan masukan serta kritik yang membangun kepada penulis. Semoga Allah s.w.t lancarkan dan mudahkan urusan – urusan Bapak yang akan datang.
3. Ibu Dr. Ir. Haerany Sirajuddin, M.T. sebagai dosen penguji yang telah meluangkan waktu dan tenaganya dalam memberikan saran dan masukan serta kritik yang membangun kepada penulis. Semoga Allah s.w.t lancarkan dan mudahkan urusan – urusan Ibu yang akan datang.
4. Bapak Dr. Eng. Hendra Pachri S.T, M. Eng. sebagai Kepala Department dan Kepala Program Studi Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Semoga Allah lancarkan dan mudahkan urusan – urusan Bapak yang akan datang.
5. Bapak Ibu Dosen Departemen Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah memberikan ilmunya selama saya menempuh pendidikan perkuliahan. Semoga Allah lancarkan dan mudahkan urusan – urusan Bapak dan Ibu yang akan datang.
6. Seluruh Dosen dan Staf Jurusan Teknik Geologi Fakultas Teknik

Universitas Hasanuddin.

7. Bapak Betras Ediwana selaku *Super Intendent* dan dan pembimbing tugas akhir pada PT. Indomineral Utama Sejahtera yang senantiasa memberikan waktu dan ilmu selama pengambilan dan pengolahan data Tugas Akhir penulis.
8. Bapak M. Dzulfikar Faruqi selaku ketua pembimbing dan Senior Geologist PT. Indomineral Utama Sejahtera yang senantiasa memberikan waktu dan ilmu selama pengambilan dan pengolahan data Tugas Akhir penulis.
9. Tim Eksplorasi dan seluruh kru IUP PT. Indomineral Utama Sejahtera yang mendampingi penulis selama pengambilan data skripsi.
10. Ibu penulis Alm. Elisabeth yang sampai akhir hayatnya masih memberikan bantuan moril dan motivasi kepada penulis semoga Allah s.w.t memberikan tempat terbaik di sisi-Nya.
11. Bapak penulis yang senantiasa memberikan bantuan moral dan moril semoga Allah s.w.t. memberikan kesehatan kepada bapak.
12. Saudara penulis satu-satunya Aswar yang mendukung penuh penulis dalam seluruh hal positif yang penulis lakukan, semoga Allah s.w.t memberikan kemudahan dalam rencana baik saudara.
13. Saudara Dwi Randi Murhum, Virly Fakhriyah U.I., Gradjeskpm Sambenthio, Manda Erica Purnamasari, dan Alfauzan Pratama yang senantiasa mendampingi penulis selama menempuh studi ini.
14. Saudara Fachrul Hadi, Erika Patadungan dan Fatur Tardiansyah Tamrin yang mendampingi dan mendukung penulis dalam bentuk tenaga, moral, dan moril untuk keberhasilan dalam pengambilan data lapangan.
15. Saudari Ghaida Tsuraya dan Zaharani Putri yang memberikan dukungan dan sumbangsih ilmu pada studi tugas akhir penulis.
16. Saudari Natasha Putri Khamila sahabat penulis yang senantiasa mendampingi penulis disetiap dinamika dan senantiasa meluangkan waktu untuk mendukung penulis.
17. Tim AAPG UNHAS-SC yang senantiasa memberikan dukungan moral dan moril dalam penyelesaian skripsi penulis.
18. Rekan - rekan HMG-FT UH yang selalu memberikan wadah kepada penulis

untuk mengembangkan diri.

19. Rekan - rekan Radar 2020 yang telah memberikan banyak bantuan saat pengerjaan laporan ini.

Penulis menyadari banyaknya ketidaksempurnaan yang terdapat pada tulisan ini. Oleh karenanya penulis sangat mengharapkan saran dan masukan demi perbaikan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat dimanfaatkan dan memberikan sumbangsih pemikiran untuk perkembangan pengetahuan bagi penulis maupun bagi pihak banyak, serta dapat diterima dan menjadi acuan dalam tahap penelitian selanjutnya.

Gowa, 25 November 2024

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	ii
PERNYATAAN KEASLIAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	1
1.3 Maksud dan Tujuan	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	3
1.6 Waktu, Letak, dan Kesampaian Daerah.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Geologi Regional Daerah Penelitian.....	5
2.1.1 Stratigrafi Daerah Penelitian.....	5
2.1.2 Geomorfologi Daerah Penelitian	8
2.1.3 Struktur Geologi Regional	10
2.1.4 Komposisi Magma Batuan Beku	13
2.1.5 Differensiasi dan Asimilasi Magma	14
2.1.6 Granit	14
2.1.7 Klasifikasi Mineralogi Granit	15
2.1.8 Klasifikasi Geokimia Granit	17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	25
3.1 Metode Penelitian	25
3.2 Persiapan	26
3.2.1 Kajian Pustaka	26

3.2.2	Administrasi	26
3.3	Tahap Pengambilan Data Lapangan	26
3.3.1	Data Geomorfologi	26
3.3.2	Data Litologi Dan Sampel	26
3.3.3	Struktur Geologi	27
3.4	Pengolahan Data Lapangan.....	27
3.4.1	Analisis Petrografi	27
3.4.2	Analisis Geokimia.....	27
3.4.3	Analisis Struktur Geologi	27
3.5	Pembuatan Peta	28
3.5.1	Peta Geomorfologi	28
3.5.2	Peta Stasiun Pengamatan	28
3.5.3	Peta Geologi.....	28
3.5.4	Peta Sebaran Geokimia Granitoid.....	28
3.6	Pembuatan Laporan	28
BAB IV GEOLOGI DAERAH WAITULIA		30
4.1	Geomorfologi Daerah Penelitian	30
4.1.1	Satuan Perbukitan Miring Denudasional	30
4.1.2	Satuan Perbukitan Bergelombang Struktural	33
4.1.3	Satuan Perbukitan Terjal Struktural	35
4.2	Stratigrafi Daerah Penelitian	37
4.2.1	Satuan Andesit	38
4.2.2	Satuan Granit Pegmatit	39
4.2.3	Satuan Granit	41
4.3	Analisis Kekar	44
4.4	Analisis Sesar	47
BAB V PETROGRAFI GRANITOID WAITULIA		49
5.1	Analisis Petrografi	49
5.1.1	Satuan Granit Pegmatit	50
5.1.2	Satuan Granit	50
BAB VI GEOKIMIA GRANITOID WAITULIA.....		56
6.1	Geokimia Batuan Granitoid	56

6.2	Total Alkali Silika.....	56
6.3	Diskriminasi R1-R2	58
6.4	Afinitas Magma	59
6.5	Saturasi Alumina	61
BAB VII PENUTUP.....		63
7.1	Kesimpulan	63
7.2	Saran	64
DAFTAR PUSTAKA.....		65

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1	Peta Geologi Regional Lembar Sanana, Maluku (Suroño dan D. Sukarna, 1993).....	5
Gambar 2	Peta Geologi Lengan Timur Sulawesi dan Kepulauan Banggai-sula menurut Rusman et al. (1993), Supandjono & Haryono (1993) dan Suroño & Sukarna (1993). Offshore Faults menurut Hamilton (1979), Silver et al. (1983) dan Garrard et Al. (1988).....	5
Gambar 3	Pembagian Granit Banggai-Sula berdasarkan umur dan tektonik pembentukan modifikasi dari (John Decker Et.al, 2017)	8
Gambar 4	Tatanan tektonika wilayah Kepulauan Sula dan sekitarnya (modifikasi dari Audley-Charles, 1972; Silver, 1977; Hamilton, 1979).....	10
Gambar 5	Evolusi Paleotektonik Gondwana pada Permian awal hingga Trias Akhir	11
Gambar 6	Skema 6 yang merupakan Mikro-kontinen banggai sula hasil rifting pada kontinen Australia	11
Gambar 7	Skema kenampakan kerak Gondwana di indonesia bagian timur pada akhir trias tengah.....	12
Gambar 8	Skema Deformasi Tektonik dan struktur Geologi Indonesia bagian Timur (Ian M. Watkinson, Robert Hall & Farid Ferdian, 2011)	12
Gambar 9	Diagram Q-A-P berdasarkan keterdapatan mineral.....	16
Gambar 10	Diagram Total Alkali-Silika berdasarkan perbandingan kandungan $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ (Alkali) dengan SiO_2	17
Gambar 11	Diagram TAS (Total Alkali Silica) oleh Cox (1979, dalam Wilson, 1989)	18
Gambar 12	Diagram Perbandingan R1-R2 (De La Roche, 1980).....	19
Gambar 13	Diagram pembagian golongan jenis magma berdasarkan perbandingan SiO_2 vs K_2O oleh Peccerillo dan Taylor (1976)	20
Gambar 14	Pembagian jenis granit peralumina, metalumina, dan peralkalin merupakan hasil plot kandungan senyawa Al_2O_3 , Na_2O , K_2O , dan CaO (dalam satuan molar) (Gill, 2010).	22
Gambar 15	Diagram Alir Penelitian.....	24

Gambar 16	Kenampakan Debris slide pada lereng sungai wainin	28
Gambar 17	Kenampakan Gully Erosion pada daerah sekitar sungai waikili.....	29
Gambar 18	Kenampakan pengikisan vertikal pada dinding anak sungai waikili dan berjenis episodik dengan tipe genetik insekuen.....	29
Gambar 19	Kenampakan lembah sungai pada sungai wainin berbentuk "U" dan berjenis permanen dengan tipe genetik insekuen.....	30
Gambar 20	Kenampakan tataguna lahan Perkebunan Kakao (a) Kelapa (b)	30
Gambar 21	Kenampakan Mylonite pada singkapan granit biotit yang telah terbreksikan pada stasiun ASM0014	31
Gambar 22	Kenampakan lembah sungai permanen berbentuk "V" yang bertipe genetik insekuen pada sungai wainin.....	31
Gambar 23	Kenampakan Kelokan sungai secara tajam pada daerah sungai Wainin difoto dari arah N 85 ⁰ E.....	32
Gambar 24	Kenampakan breksi sesar pada litologi litologi granit biotit danandesit ST ASM0062 (a) dan andesit ST ASM0032B (b).....	32
Gambar 25	Kenampakan tataguna lahan Perkebunan Kakao dan Cengkeh difotodari arah N 74 ⁰ E	32
Gambar 26	Kenampakan breksi sesar pada litologi granit pegmatit pada stasiun ABE0266	33
Gambar 27	Kenampakan lembah sungai periodik (a) sungai pemanen (b) yang bertipe genetik insekuen pada anak sungai Wainin	33
Gambar 28	Singkapan andesit menerobos Granit biotit yang mengisi Gash Fracture pada stasiun ASM0095.....	36
Gambar 29	Singkapan granit pegmatit pada stasiun ASM0096.....	38
Gambar 30	Singkapan Granit Biotit Coarse Grain pada stasiun ASM0017 di Sungai Wainin.....	39
Gambar 31	granit biotit fine grain pada stasiun ASM0093 di sungai Waikili	40
Gambar 32	Singkapan granit Aplit pada stasiun ASM0094 di sungai Waikili ...	40
Gambar 33	SingkapanGranit alkali pada stasiun ASM0031 di Sungai Wainin ..	41
Gambar 34	Kenampakan kekar sistematis pada stasiun ASM0095	42
Gambar 35	Plot Stereonet analisis kekar dan kenampakan arah tegasan pada daerah penelitian.....	42

Gambar 36	Kenampakan kekar sistematis pada stasiun ASM0095	43
Gambar 37	Plot Stereonet analisis kekar dan kenampakan arah tegasan pada daerah penelitian.....	44
Gambar 38	Singkapan granit biotit yang tersesarkan pada sesar mendatar kiri (Rickard, 1972. Terdapat gores garis dan bidang sesar mempunyai kedudukan N 220° E/36°	45
Gambar 39	Plot Q-A-P(Streckeisen, 1974; Le Maitre, 2012).	46
Gambar 40	Kenampakan petrografi ISPT.05	47
Gambar 41	Kenampakan Petrografi ISPT.20	48
Gambar 42	Kenampakan petrografi ISPT.08	48
Gambar 43	Kenampakan petrografi ISPT.09	49
Gambar 44	Kenampakan petrografi ISMN.13	49
Gambar 45	Kenampakan petrografi ISPT.17	50
Gambar 46	Kenampakan petrografi ISPT.19	50
Gambar 47	Kenampakan petrografi ISPT.04	51
Gambar 48	Kenampakan petrografi ISPT.21	52
Gambar 49	Hasil pengeplotan sampel granitoid Waitulia pada klasifikasi batuan beku plutonik $K_2O + Na_2O$ (wt%) terhadap SiO_2 (wt%). (Cox, et al. 1979, dalam Wilson, 1989).....	54
Gambar 50	Hasil pengeplotan sampel granitoid Waitulia pada klasifikasi batuan beku plutonik $K_2O + Na_2O$ (wt%) terhadap SiO_2 (wt%). (Middlemost,1994)	55
Gambar 51	Hasil pengeplotan sampel granitoid Waitulia kedalam klasifikasi batuan plutonik berdasarkan parameter R1 dan R2 (De la Roche, dkk, 1980), dihitung dari proporsi milikation. $R1 = 4Si-11(Na+K) - 2(Fe+Ti)$; $R2 = 6Ca+2Mg+Al$ (Rollinson, 1993).	56
Gambar 52	Hasil pengeplotan granitoid Waitulia kedalam diagram SiO_2 terhadap K_2O (Peccerillo dan Taylor, 1976).	57
Gambar 53	Diagram saturasi alumina menurut S.J. Shand (1943)	58

DAFTAR TABEL

Table 1 Karakteristik Granit berdasarkan kenampakan di Lapangan (arbarin,1999)	16
Table 2 Karakteristik Geokimia terhadap Indeks alumina pada jenis-jenis Granit (Barbarin, 1999).....	22
Table 3 Hubungan Tipe Granit berdasarkan petrogenesanya (Chappel & White, 2001)	23
Table 4 Data pengukuran kekar sistematis pada stasiun ASM0095.....	42
Table 5 Hasil analisis pengukuran kekar sistematis pada stasiun ASM0095.....	43
Table 6 Data pengukuran kekar sistematis pada stasiun ASM0095.....	43
Table 7 Hasil analisis pengukuran kekar sistematis pada stasiun ASM0095.....	44
Table 8 Deskripsi kandungan kuarsa, Alkali Feldspar dan Plagioklas pada sampel	46
Table 9 Tabel persentase <i>mayor element</i> pada sampel granitoid daerah Waitulia53	
Table 10 Kandungan molar <i>mayor element</i>	58

DAFTAR LAMPIRAN

1. Hasil Assay Geokimia sampel granitoid Waitulia
2. Petrografi Sampel ISPT 04
3. Petrografi Sampel ISPT 05
4. Petrografi Sampel ISPT 08
5. Petrografi Sampel ISPT 09
6. Petrografi Sampel ISPT 09
7. Petrografi Sampel ISPT 13
8. Petrografi Sampel ISPT 17
9. Petrografi Sampel ISPT 19
10. Petrografi Sampel ISPT 20
11. Petrografi Sampel ISPT 21
12. Plot Diagram Q-A-P Granitoid

Lampiran Lepas :

1. Peta Geomorfologi
2. Peta Geologi
3. Peta Sebaran Geokimia Granitoid
4. Peta Stasiun Pengamatan

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kepulauan Sula terletak di antara dua lempeng tektonik utama, yaitu Lempeng Pasifik dan Lempeng Filipina. Mikroplate Banggai adalah sebuah lempeng tektonik kecil yang terletak di sebelah selatan Kepulauan Sula. Mikroplate ini terpisah dari Lempeng Australia akibat subduksi Lempeng Pasifik ke bawah Lempeng Filipina. Fenomena ini menyebabkan subduksi yang membentuk pegunungan dan struktur geologi, serta munculnya aktivitas magmatisme sehingga batuan magmatik dapat tersingkap di permukaan dengan sifat magma yang berbeda-beda. Salah satu batuan magmatik yang dapat ditemukan dengan dimensi yang luas pada *microplate* Banggai adalah Granit. Batuan granit merupakan batuan plutonik yang paling melimpah pada kerak bumi bagian atas (Winter, 2001).

Kelompok granit Banggai yang tersusun oleh granit, granodiorit, diorit kuarsa, dan pegmatit berumur Trias pada daerah Kepulauan Sula. Granit Banggai umumnya mengandung mineral-mineral seperti kuarsa, feldspar, biotit, dan muskovit. Beberapa granit Banggai juga mengandung mineral-mineral lain seperti hornblende, piroksen, dan apatit (Gill, 2010). Granit Banggai umumnya memiliki komposisi granit alkali yang kaya akan kalium dan natrium dengan penciri Granit tipe S dan I. Hal ini berbeda dengan granit di wilayah lain yang umumnya memiliki komposisi granit kalk-alkali. Karakteristik geokimia granit tersebut dipengaruhi oleh aktivitas magma dan juga tatanan tektonik.

Penelitian secara detail terkhusus mengenai karakteristik geokimia granitoid di Daerah Waitulia Kecamatan Mangoli Tengah Kepulauan Sula belum pernah dilakukan oleh peneliti-peneliti sebelumnya, sehingga diharapkan penelitian ini dapat memberikan gambaran baru mengenai karakteristik geokimia granitoid di Pulau Mangoli Kabupaten Kepulauan Sula Provinsi Maluku Utara.

1.2 Rumusan Masalah

Penulis merumuskan permasalahan di daerah penelitian untuk dapat dikaji hubungan karakteristik geokimia dengan magmatisme. Adapun rumusan masalahnya sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik dan mineralogi pada granitoid dalam kenampakan makroskopis dan mikroskopis di Daerah penelitian?
2. Bagaimana karakteristik geokimia granitoid meliputi afinitas magma, saturasi alumina, tipe dan jenis granitoid pada Kelompok Granitoid di Daerah Penelitian?
3. Bagaimana persebaran geokimia granitoid di Daerah penelitian?

1.3 Maksud dan Tujuan

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik geokimia granitoid pada Desa Waitulia Pulau Mangoli Kabupaten Kepulauan Sula Provinsi Maluku Utara sehingga dapat diketahui karakteristik geokimia Granitoid pada daerah penelitian.

Adapun Tujuan penelitian ini yaitu :

1. Mengidentifikasi mineralogi batuan granitoid pada daerah penelitian
2. Mengetahui karakteristik geokimia dan tipe batuan granitoid pada Daerah Penelitian
3. Mengetahui persebaran geokimia batuan granitoid pada Daerah penelitian

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diperoleh dari penelitian ini yaitu :

1. Bagi Peneliti
 - a. Mengkarakterisasi geokimia batuan granitoid daerah Waitulia Kecamatan Mangoli tengah Kabupaten Kepulauan Sula Provinsi Maluku Utara.
 - b. Mengidentifikasi tipe dan persebaran batuan granitoid daerah Waitulia Kecamatan Mangoli tengah Kabupaten Kepulauan Sula Provinsi Maluku Utara.
 - d. Dapat menyelesaikan kurikulum yang ditetapkan oleh Program Studi Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin dan mendapatkan gelar sarjana pada program pendidikan strata satu (S1).
2. Bagi Institusi
 - a. Memperkenalkan institusi Program Studi Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin kepada masyarakat maupun aparatur negara sekitar daerah penelitian.

- b. Menambah koleksi pustaka dan literatur Program Studi Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
- 3. Bagi Perusahaan
 - a. Pembaharuan data – data secara rinci Batuan dan hasil analisis geokimia granit di Pulau Mangoli.
 - b. Ketersediaan literatur terbaru terkait magmatisme pembentuk Pulau Mangoli berdasarkan data geokimia granit.

1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada Penelitian ini sebagai berikut :

1. Membahas Geologi daerah penelitian meliputi Geomorfologi, Struktur Geologi, Litologi dan Stratigrafi.
2. Membahas karakteristik geokimia dan petrografi granit yang ditemukan di daerah penelitian berdasarkan data primer yang didapatkan.
3. Membahas persebaran granit hanya pada Daerah Waitulia.

1.6 Waktu, Letak, dan Kesampaian Daerah

Penelitian ini dilaksanakan mulai tanggal 3 Juni 2024 sampai 2 September 2024 di wilayah IUP PT. Indomineral Utama daerah Waitulia Kecamatan Mangoli Tengah Kabupaten Kepulauan Sula Provinsi Maluku Utara (gambar 1).

Lokasi penelitian ini dapat dijangkau dari Kampus Departemen Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin dengan cara sebagai berikut :

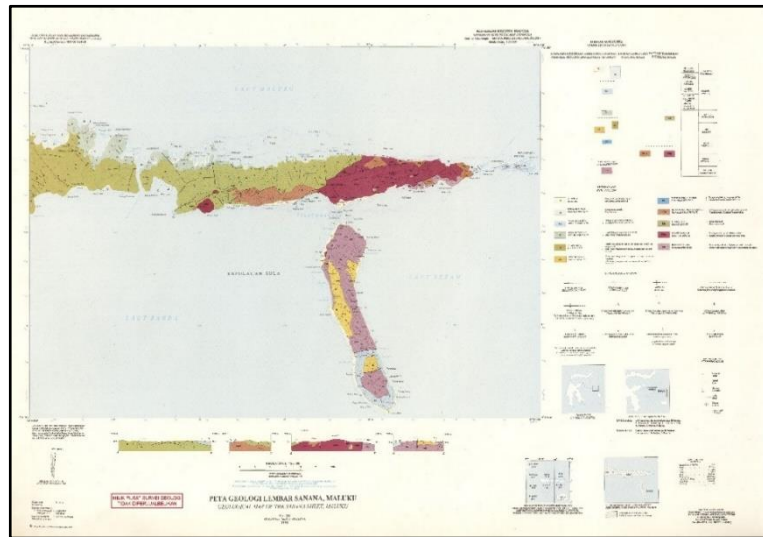
1. Kampus Teknik Gowa UNHAS – Bandara Sultan Hasanuddin
Ditempuh dengan menggunakan kendaraan darat seperti motor atau mobil dari kampus teknik gowa menuju Bandar Udara Internasional Sultan Hasanuddin Makassar di Maros selama kurang lebih 75 menit atau ± 28 km.
2. Bandara Sultan Hasanuddin – Bandara Pattimura.
Perjalanan dilanjutkan menggunakan pesawat udara dari bandar udara Internasional Sultan Hasanuddin Makassar menuju Bandar udara Internasional Pattimura di Ambon selama ± 2 jam.
3. Bandara Pattimura – Bandara Sanana
Setelah tiba di Bandar Udara Pattimura, dilanjutkan penerbangan menuju Bandar Udara Sanana selama ± 1 jam.

4. Bandara sanana – Pelabuhan Sanana
Setelah tiba di Bandar Udara Sanana, dilanjutkan menuju Pelabuhan Sanana menggunakan kendaraan darat yakni mobil selama 20 menit.
5. Pelabuhan Sanana - *Office site* PT. Indomineral utama sejahtera
Lokasi penelitian dapat ditempuh menggunakan kendaraan laut dari Pelabuhan Sanana menuju IUP *Office site* PT. Indomineral utama sejahtera sejauh ± 35 menit.

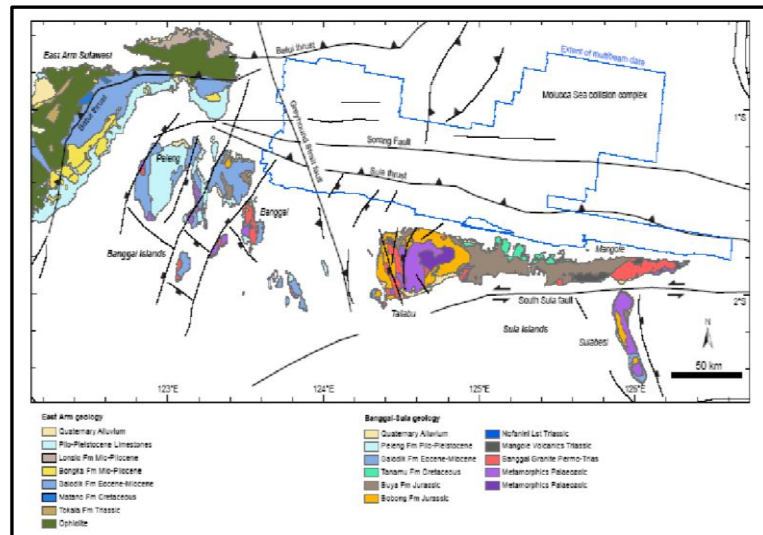
BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Geologi Regional Daerah Penelitian

Secara administratif daerah penelitian panas bumi Pulau Mangole termasuk dalam Wilayah Kecamatan Pulau Mangole Kabupaten Kepulauan Sula Provinsi Maluku Utara. Informasi mengenai Geologi Kepulauan Sula diperoleh dari publikasi Peta Geologi Lembar Banggai, dan Lembar Sanana skala 1 : 250.000, terbitan Puslitbang Geologi Bandung (Supandjono dkk., 1993; Surono dkk., 1993).



Gambar 1 Peta Geologi Regional Lembar Sanana, Maluku (Surono dan D. Sukarna, 1993)



Gambar 2 Peta Geologi Lengan Timur Sulawesi dan Kepulauan Banggai-sula menurut Rusman et al. (1993).

Peta Geologi Lembar Banggai dan Sanana mencerminkan Geologi Kepulauan Sula, Provinsi Maluku Utara. Dari peta Geologi Lembar Banggai dan Sanana yang disusun oleh Yasin. Sesar Sorong di wilayah Kepulauan Sula terpisah menjadi dua sistem sesar, yakni Sesar Sula Utara, dan Sesar Sula Selatan Kepulauan Banggai-Taliabu-Mangole yang terpisah dengan Pulau Sanana di selatan. Bentuk Pulau Taliabu-Mangole mencirikan pergerakan sesar Sorong yang berarah barat – timur dan *South sula Fault*. Sementara itu, Pulau Sanana-Sula yang berarah utara - selatan memotong tegak lurus kedua pulau tersebut.

Dengan batas-batas wilayah sebagai berikut :

- Sebelah Utara berbatasan dengan laut Banda.
- Sebelah Selatan berbatasan dengan laut Seram.
- Sebelah Timur berbatasan dengan laut Maluku.
- Sebelah Barat berbatasan dengan Sulawesi Tengah.

2.1.1 Stratigrafi Daerah Penelitian

D. Sudana dan Sutisna K 1994 (Gambar 2.1 Peta geologi Pulau Mangole), batuan yang ada di daerah penyelidikan terdiri dari batuan-batuan malihan, gunung api dan granit berumur Paleozoikum Sampai Trias (J A. Katili: $\pm$ 345 sampai 215 JutaTahun).

Berdasarkan Sukanto & Simandjuntak (1983), Pigram dkk. (1985), Garrard dkk. (1988), peta geologi lembar Banggai (Supandjono & Haryono, 1993), peta geologi lembar Sanana (Surono & Sukarna, 1993), Kusnama (2008), Lelono dkk. (2011), serta dua sumur pemboran di lepas pantai utara dan barat Kepulauan Taliabu (Sumur Alpha-1 dan Loku-1), Mandala Banggai – Sula dialasi oleh batuan malihan, granit dan batuan gunungapi. Adapun tatanan tektostratigrafi Mandala Banggai-sula dari tertua ke paling muda sebagai berikut :

Komplek batuan malihan (PZm) yang terdiri dari sekis, genes dan kuarsit.

Formasi menanga (Cmm) yang terbentuk oleh perselingan batugamping hablur, batupasir malih, batusabak dan filit, penarikan radiometri menyatakan umurnya adalah Karbon. Kedua satuan ini terlipat kuat dan mengalami beberapa kali pencenangaan. Menindih tak selaras satuan Batuan gunungapi Mangole (TRPmv)

Satuan Batuan gunungapi Mangole (TRPmv) yang terdiri dari riolit, ignimbrit, tufa lapili dan breksi gunungapi. Umurnya mutlak satuan ini adalah Permo – Trias.

Formasi Granit Banggai (Ptrbg) yang secara petrologi terdiri dari granit, granodiorit, diorite kuarsa dan pegmatit. Umur mutlaknya juga Permo – Trias. Formasi ini menerobos Batuan malihan dan Formasi Menanga. Menurut John Decker (2017), Formasi ini beranggotakan beberapa jenis Granit yang dari muda ke paling tua sebagai berikut :

- *Granite Pegmatite* berumur Late Oligosen (24,3 Ma)
- *Fine Grained Biotit Granite* berumur Late Trias (226,7Ma)
- *Course Grained Granit with Aplite* berumur Middle Trias (238,1 Ma)
- *Course-Grained Kspar-Qtz-Biotit Granit* berumur Middle Trias-Late Trias (229,6 Ma-243,7 Ma)
- *Pink Course-Grained Granite* berumur Middle Trias (243,8 Ma)

Formasi ini menindih tak selaras Formasi Bobong (Jbs)

Formasi Bobong (Jbs) yang terdiri dari konglomerat, batupasir, bersisipan serpih dan Endapan Skarn (*Gold Deposit*), setempat mengandung lensa batutahu dan bintal pirit. Formasi ini diduga berumur Jura Awal sampai Jura Tengah, bagian atasnya menjemari dengan Formasi Buya (Jb).

Formasi Buya (Jb) bagian bawah, yang terdiri dari serpih, batulumpur dan batulempung gampingan dengan sisipan batupasir kuarsa halus dan kalkarenit. Kandungan Fosil Amonit dan Belemnit menunjukkan umur Jura tengah sampai Jura akhir.

Retas diabas (Da) Pada zaman Jura masih terdapat kegiatan magma yang menghasilkan terobosan yang menerobos Formasi Bobong dan Formasi Buya.

Formasi Tanamu (Kt), Di atas Formasi Buya secara tidak selaras menindih Formasi Tanamu (Kt) yang terdiri dari napal berfosil kapur Akhir. Formasi Tanamu tertindih tak selaras oleh Formasi Salodik (Tems)

Formasi Salodik (Tems) yang berupa perselingan batugamping dan napal, umurnya Eosen sampai Miosen Tengah Tak selaras di atas satuan yang lebih tua menindih Formasi Peleng (Qppl)

Formasi Peleng (Qppl) yang terdiri dari batugamping terumbu. Formasi ini berumur Plistosen sampai Holosen, setempat terumbu ini masih tumbuh.

Aluvium (Qa), Satuan ini merupakan satuan termuda di daerah ini adalah berupa endapan sungai, rawa dan pantai.

UMUR			FORMASI	LITOLOGI	TEKTONIK	STRUKTUR	KETERANGAN	
MASA	ZAMAN	KALA						
K E N O Z O I K U M	NEOGEN	MIOSEN	ATAS		Roll Back	Fault (WE)	Terbentuk Mikro kanyon Banggai Sula dan South Sula Fault dan North Molucca Fault	
			TENGAH		Collusion	Fault (NS)	Tumbukan Sula Spur dan East Arm Sulawesi	
			BAWAH					
	PALEOGEN	OLIGOSEN	ATAS					
			BAWAH					
			ATAS					
		EOSEN	TENGAH					
			BAWAH		Spreading	Fault (NS)	Molucca Sea Plate Subduksi dengan Pasukan dan Lipang Filipas membentuk Sesar Sorong	
			ATAS					
		PALEOSEN	BAWAH					
M E S O Z O I K U M	KAPUR	ATAS	Jda					
		BAWAH						
	JURA	ATAS						
		TENGAH						
	TRIAS	BAWAH						
		ATAS			Ptbg			
		TENGAH						
BAWAH								
P A L E O Z O I K U M	PEREM	ATAS		Subduksi	Fault (NE)	Tumbukan Sula Spur dengan Panthalassa		
		BAWAH						

KETERANGAN

1.Diabas/Andesit

2.Granite Pegmatit

3.Fine Grained Biotit Granite

4.Course Grained Granit with Aplite

5.Course-Grained Kipan-Qtz-Biotit Granitoid

6.Pink Course-Grained Granite

Gambar 3 Pembagian Granit Banggai-Sula berdasarkan umur dan tektonik pembentukan modifikasi dari (John Decker Et.al, 2017)

2.1.2 Geomorfologi Daerah Penelitian

Kondisi topografi daerah penelitian umumnya adalah daerah perbukitan yang bergelombang dengan kemiringan yang terjal rata-rata mencakup 25% antara 5⁰ sampai 30⁰ dan terdapat pada sepanjang daerah Auponia dan Buruakol. Kondisi morfologi daerah penelitian Mangole berdasarkan bentuk bentang alam dikelompokkan menjadi 3 (tiga) satuan morfologi yaitu:

1. Satuan Morfologi Perbukitan Terjal (ST), berada pada lokasi Auponia menempati bagian Tenggara dan Timur, mencakup 40% dari daerah penelitian, berketinggian antara 250 sampai 600 meter dari permukaan laut. Kemiringan lereng > 15⁰.
2. Satuan morfologi Perbukitan Bergelombang, berada pada lokasi Buruakol menempati bagian Barat Daya, Tenggara dan Utara, mencakup 14% dari

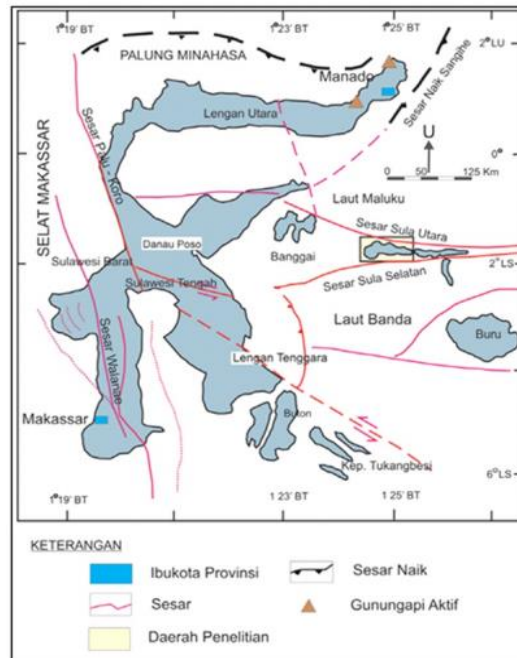
wilayah penyelidikan, berketinggian antara 50 sampai 300 meter dari permukaan laut. Kemiringan lereng > 5 sampai $< 10^0$.

3. Satuan morfologi Pedataran (SP) menempati bagian Barat Laut, Selatan dan Timur Laut berada pada berada pada Kaporol dan Buruakol. Bagian Timur dan bagian Selatan (dataran Aponia). daerah ini mencakup 20% wilayah penelitian, berketinggian antara 0 sampai < 10 meter dari permukaan laut. Kemiringan lereng 0 hingga $< 5^0$.

Seperti umumnya wilayah Kepulauan Maluku, Sula pun merupakan daerah agraris, khususnya perkebunan. Dari tanah Sula dihasilkan kelapa, cengkeh, pala dan kakao. Selain produk tanaman pangan seperti padi ladang, ubi kayu dan ubi jalar yang produksinya tergolong besar. Kecamatan Sanana dan Taliabu Timur adalah penghasil utama kelapa yang produk akhirnya berupa kopra. Sementara untuk komoditas perkebunan lain seperti cengkeh, pala dan kakaobanyak ditanam di Kecamatan Sanana dan Taliabu Barat. Adapun dijumpai daerah Hutan Produksi Konversi yaitu Hutan yang dirancang dengan izin (IPK) dann Hutan lindung.

2.1.3 Struktur Geologi Regional

Tektonik daerah Indonesia timur merupakan daerah yang kompleks karena merupakan tumbukan antara tiga lempeng yaitu: Lempeng India, Lempeng Indo-Australia dan Lempeng Samudera Pacific-Philipina (Hamilton, 1979; Davidson, 1991). Bagian dari Daratan Gondwana/benua Australia Utara New Guinea bergerak kearah barat Lempeng Asia akibat dari gerakan lempeng indo-australia sejak zaman Mesozoikum. Kepulauan Indonesia timur sebagian besar merupakan pecahan-pecahan benua hasil proses rifting dari bagian utara Australia (Metcalf, 2006). Hal ini didasarkan pada korelasi fosil-fosil berumur Mesozoikum yang banyak di kepulauan Indonesia timur seperti Buru, Seram, Banggai-Sula, Timor dan Pulau Buton.

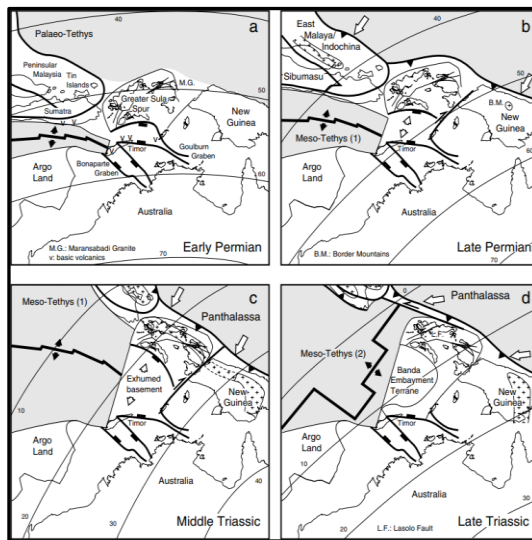


Gambar 4 Tatanan tektonika wilayah Kepulauan Sula dan sekitarnya (modifikasi dari Audley-Charles, 1972; Silver, 1977; Hamilton, 1979).

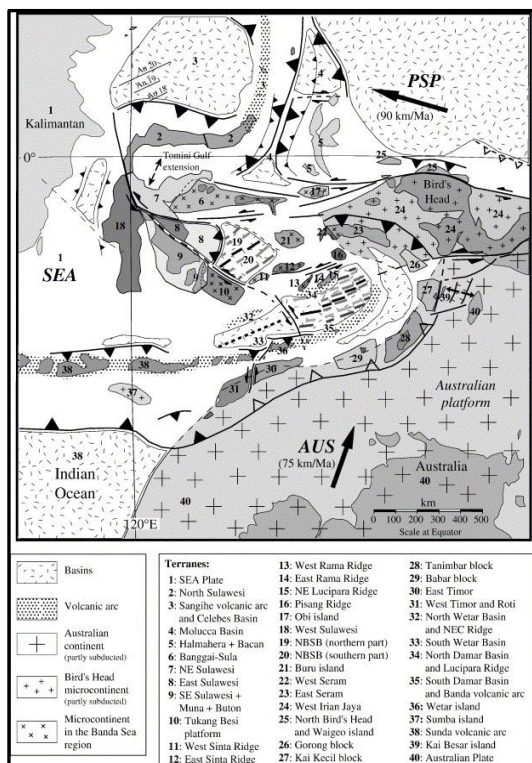
Tektonik daerah Indonesia timur merupakan daerah yang kompleks karena merupakan tumbukan antara tiga lempeng yaitu: Lempeng India, Lempeng Indo-Australia dan Lempeng Samudera Pacific-Philipina (Hamilton, 1979; Davidson, 1991). Bagian dari Daratan Gondwana/benua Australia Utara New Guinea bergerak kearah barat Lempeng Asia akibat dari gerakan lempeng indo-australia sejak zaman Mesozoikum. Kepulauan Indonesia timur sebagian besar merupakan pecahan-pecahan benua hasil proses rifting dari bagian utara Australia (Metcalf, 2006). Hal ini didasarkan pada korelasi fosil-fosil berumur Mesozoikum yang banyak di kepulauan Indonesia timur seperti Buru, Seram, Banggai-Sula, Timor dan Pulau Buton.

Menurut Charlton (2000), Sama halnya dengan Pulau Buton dan Kepulauan Tukang Besi, Kepulan Sula dimana cekungan Taliabu berada serta pulau mangoli, merupakan fragmen mikro-kontinen Australia. yang mulai mendekati lengan Sulawesi pada Miosen awal dan menubruk bagian timur Sulawesi (*collusion*) pada Miosen Tengah akibat Rifting. Hasil rifting tersebut menyebabkan pecahnya bagian Utara kontinen Australia menjad Mikro-Kontinen yang disebut Mikro-kontinen

Banggai-Sula. Fenomena ini menyebabkan deformasi dan uplift di wilayah tersebut, membentuk pegunungan.



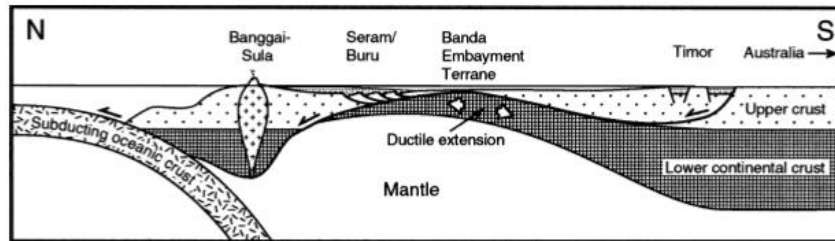
Gambar 5 Evolusi Paleotektonik Gondwana pada Permian awal hingga Trias Akhir



Gambar 6 Skema 6 yang merupakan Mikro-kontinen banggai sula hasil rifting pada kontinen Australia

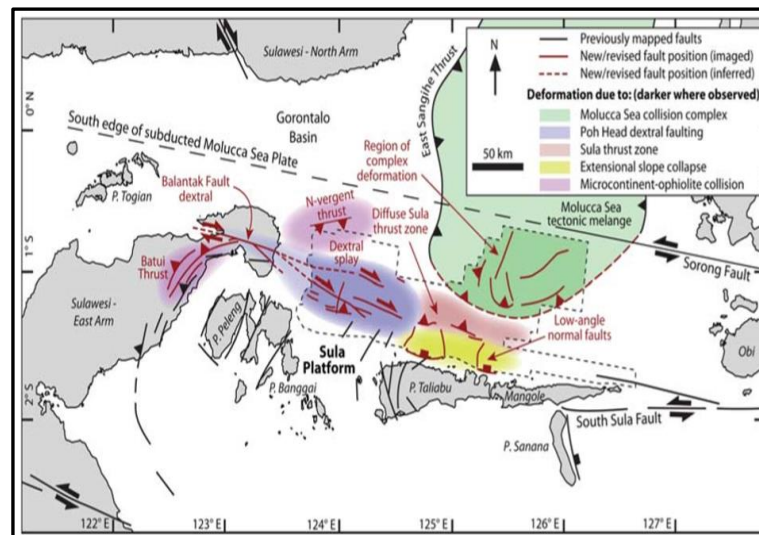
Tabrakan antara *micro*-kontinen banggai dengan Lempeng Panthalassa mengakibatkan proses subduksi yang mebuatkan granit banggai pada *Volcanic Arc*

(roberthall, and chaltan, 2001). Mikro Kontinen Banggai secara geografis berada di antara *Molucca Sea Plate* di selatan dan Lempeng Filipina di utara.



Gambar 7 Skema kenampakan kerak Gondwana di Indonesia bagian timur pada akhir trias tengah

Molucca sea plate merupakan lempeng tektonik di timur Indonesia yang bergerak ke barat laut dan berinteraksi dengan Lempeng Eurasia dan Filipina akibat spreading pada kala Eosen. Pergerakan ini yang menyebabkan aktivitas Vulkanisme di bagian Indonesia timur, subduksi dan membentuk sesar-sesar regional seperti Sesar sorong di barat laut Maluku yang mengakibatkan deformasi dan uplift pada kala yang sama yakni Eosen dan *North Sula Thrust* serta *South sula* fault yang berjenis *strike-slip* dari barat laut ke utara pada kala Miosen.



Gambar 8 Skema Deformasi Tektonik dan struktur Geologi Indonesia bagian Timur (Ian M. Watkinson, Robert Hall & Farid Ferdian, 2011)

2.1.4 Komposisi Magma Batuan Beku

Secara umum batuan beku disusun oleh enam kelompok mineral seperti olivin, piroksen, amfibol, mika, feldspar dan kuarsa. Kita ketahui bahwa batuan beku merupakan hasil pembekuan langsung magma baik didalam bumi maupun diatas permukaan bumi, jadi komposisi magma dapat diketahui dari studi batuan

beku. Contoh magma di permukaan bumi adalah lava. Unsur-unsur yang terkandung didalam mineral-mineral penyusun batuan beku adalah Si (silikon), Al (Aluminium), Ca (Kalsium), Na (Sodium), K (Potasium), Fe (Besi), Mg (Magnesium), H (Hidrogen), O (Oksigen), unsur-unsur ini sering dijumpai dalam ion oksida sebagai SiO_2 , Al_2O_3 , dan unsur-unsur yang ada dalam periode 3. Oleh sebab itu unsur-unsur ini merupakan hal yang terpenting didalam magma sehingga unsur ini sering dipakai para ahli sebagai komponen pembanding untuk klasifikasi batuan. Secara mendasar komposisi kimia dan mineralogi daerah sumber memperlihatkan proses-proses penting yang mengendalikan komposisi batuan beku. Komposisi unsur-unsur utama dan jejak ditentukan oleh proses peleburan dan derajat partial melting, walaupun komposisi peleburan dapat berubah dalam jumlah besar selama menuju permukaan bumi (Rollinson, 1993 dalam Mustikayanti, 2021). Komposisi magma hasil analisis kimia menunjukkan kisaran 45% berat dan sampai 75% berat SiO_2 . Hanya sedikit lava yang komposisi SiO_2 mencapai serendah 30% berat dan setinggi 80% berat, tetapi variasi ini terbentuk apabila magma terasimilasi oleh fragmen batuan sedimen dan batuan malihan atau ketika diferensiasi magma sehingga menyebabkan komposisi magma berubah. Berdasarkan analisis kimia tersebut diperoleh tiga jenis magma yaitu:

- A. Magma mengandung sekitar 50% SiO_2 membentuk batuan beku basal, diabas dan gabro.
- B. Magma mengandung sekitar 60% SiO_2 membentuk batuan beku andesit dan diorite
- C. Magma mengandung sekitar 70% SiO_2 membentuk batuan beku riolit dan granit.

2.1.5 Differensiasi dan Asimilasi Magma

Differensiasi magma adalah semua proses magmatisme yang dapat menghasilkan berbagai variasi/jenis perubahan komposisi magma atau batuan. Proses ini dapat membentuk perubahan komposisi dalam satu atau lebih fasa kristalisasi, namun melalui proses segregasi atau fraksionasi susunan kimianya, laju perubahan sifat kimia magma batuan tersebut tetap terjaga secara konstan. Sedangkan asimilasi adalah semua proses magmatisme yang juga menghasilkan sifat dan komposisi magma atau batuan baru, melalui interaksinya dengan batuan

dinding. Proses differensiasi dan asimilasi magma berlangsung pada batuan cair (magma) selama perjalanannya. Pada awalnya batuan leleh tersebut memiliki komposisi eutatik konstan, hingga salah satu fasa mineral sumbernya berubah komposisi atom dan struktur kristalnya (unsur-unsur jejaknya berubah). Ketika satu fasa berubah, maka akan digantikan oleh unsur lain pada kondisi suhu, tekanan dan lingkungan geologi yang berbeda. Sistem tersebut disebut sebagai sistem eutatik. menjelaskan proses segregasi dan pemisahan kristal-kristal sesuai dengan sifat kimianya yang membentuk lapisan-lapisan batuan leleh dalam kantung magma, serta pemisahan kristal mineral yang telah membeku (padat) dari fluida magma. Kristal yang terbentuk terlebih dahulu dengan densitas yang lebih besar terendapkan pada dasar kantung, sedangkan kristal yang lebih ringan mengapung pada lapisan di atasnya. Larutan sisa berada pada bagian yang dalam dengan suhu yang lebih tinggi. Pada tubuh magma yang berada dekat dengan bagian dinding magma terjadi proses pembekuan terlebih dahulu, mengikuti hukum perpindahan panasnya. (Mulyaningsih, 2015)

2.1.6 Granit

Granit merupakan istilah untuk kelompok batuan beku plutonik dengantekstur faneritik dan komposisi asam sehingga Intermediate (Gill, 2010)

Mineral penyusun yang terbentuk pada fase awal adalah plagioklas, sedangkan kuarsa dan alkali feldspar terbentuk kemudian (Winter, 2001). Granit umumnya hanyatersusun oleh kristal karena proses pendinginandari kristalisasi magmavyang berlangsung secara perlahan yang menghasilkan tekstur faneritik, sehingga tingkat kristalinitasnya umumnya holokristalin. Batuan granit merupakan batuan yang keberadaannya melimpah di kerak benua.

Bantuan ini dapat ditemukan di berbagai tatanan tektonik,vmulai dari zona orogenik dan zona tumbukan antar lempeng benua, hingga tatanan anorogenik. Umumnya granit terbentuk akibat proses anatexis dari kerak, tetapi kontribusi darimantel juga dapat berpengaruh dalam terbentuknya granit (Winter, 2001). Selain itu batuan ini juga dapat ditemukan di bagian punggung tengah samudra (Mid Oceanic Ridge) dan kompleks ofiolit dalam skala kecil (Campbell dan Taylor,

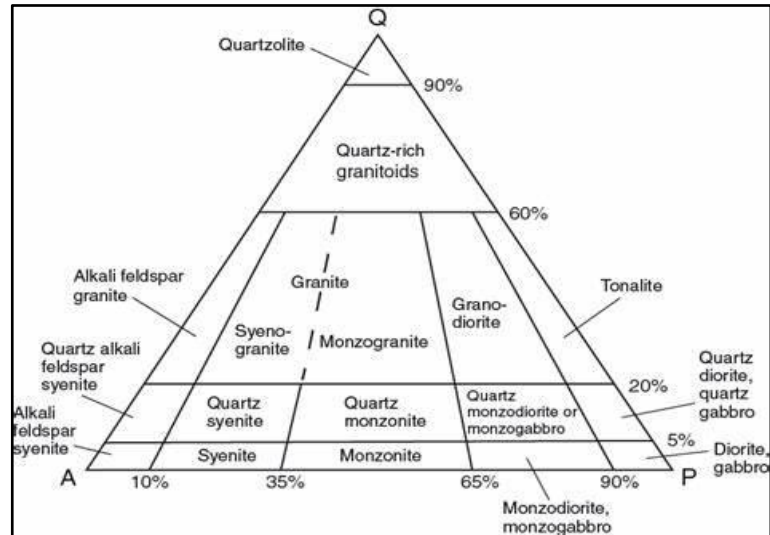
1983,dalam Gill, 2010). Contoh dari kelompok batuan granit adalah granit, granodiont, monzonit, tonalit, alkali granit, syenit, dan diorit (Gill, 2010)

Batuan granit merupakan batuan plutonik yang paling melimpah pada kerak bumi bagian atas (Winter, 2001). Setiap jenis batuan granit memiliki sumber dan proses pembentukan yang berbeda-beda. Pembentukannya tidak hanya dihasilkan oleh proses subduksi saja, melainkan dapat terbentuk pada tatanan tektonik yang beragam.

2.1.7 Klasifikasi Mineralogi Granit

Ahli petrologi menggunakan metode kualitatif dengan melihat kandungan mineral dan tekstur batuan secara petrografis. Mineral utama yang dijadikan dasar untuk pengklasifikasian adalah kuarsa, K-Felspar, dan plagioklas.

- Diorit: batuan yang memiliki ukuran butir kasar, mesokratik, terutama mengandung mineral plagioklas sodic ($>Na$). Memiliki kandungan hornblenda yang melimpah yang membedakannya dengan batuan gabro (piroksen $>$ hornblend).
- Tonalit: batuan yang memiliki ukuran butir kasar, mesokratik atau leukokratik. Terdiri dari mineral plagioklas sodic ($>Na$) dan kuarsa, dengan satu atau lebih mineral mafik hidrous.
- Granodiorit: batuan yang memiliki ukuran butir kasar, leukokratik, terdiri dari plagioklas sodic ($>Na$), alkali felspar (termasuk perthite), dan kuarsa. Hadir juga satu atau lebih dari satu jenis mineral mafik hidrous. Perbedaannya dengan granit yaitu presentase plagioklas pada granodiorit lebih melimpah daripada granit (Plagioklas $>$ K-Felspar)..
- Granit: batuan yang memiliki ukuran butir kasar, leukokratik, terdiri dari kuarsa, K-Felspar (termasuk perthite), dan plagioklas. Yang membedakan granit dengan granodiorit yaitu pada presentase K-Felspar yang melimpah (K-Felspar $>$ Plagioklas).
- Granit Alkali: batuan berbutir kasar, leukokratik yang terutama mengandung mineral kuarsa dan K-Felspar (termasuk perthite) dengan plagioklas yang sangat sedikit. Hadir juga piroksen alkali atau amfibol alkali..



Gambar 9 Diagram Q-A-P berdasarkan keterdapatan mineral Kuarsa (Q), K-Felspar (A), dan Plagioklas (P) (Streckeisen 1974, dalam Le Maitre, 2002).

Table 1 Karakteristik Granit berdasarkan kenampakan di Lapangan (arbarin,1999)

PETROGRAFI	MPG	CPG	KCG	ACG	RTG	PAG
Tipe petrografi	Leukogranit (Granit)	Leukogranit (Granit) Granodiorit (Diorit Kuarsa)	Leukogranit (Granit) Granodiorit (Diorit Kuarsa)	Granit Granodiorit Tonalit Gabro	Plagiogranit Tonalit Kuarsa Tonalit Gabro	Granit Alkali Syenit Alkali Syenit Granit (Gabro) (Anorthosit)
Asosiasi batuan						
Metamorf	o	Migmatit Anateksis	o	o	o	o
Vulkanik	o	o	Lava asam (Tuff)	Andesit & Dasit	Olivine-bearing Tholeiites	Lava alkali
Mafik	o	Diorit Kuarsa (<i>Feugnerites</i>)	Diorit Kuarsa Gabro (<i>Appinites</i>)	Gabro (dalam jumlah besar)	Gabro (dalam jumlah besar)	Gabro (dalam jumlah besar)
Enclave						
Xenolit	x	o-x	x	x	x	x
Residu	x	xxx	x	o	o	o
Felsic M.E.	x	o-x	x	x	x	x
Mafic M.E.	o	x	xx	xxx	xxx	x
Proses diferensiasi	<i>Fractional crystallization</i>	<i>Fractional crystallization atau reactive unmixing</i>	<i>Fractional crystallization dan reactive unmixing</i>	<i>Fractional crystallization kuat dan magma mixing</i>	<i>Fractional crystallization ekstrem</i>	<i>Fractional crystallization ekstrem dan subsolidus interactions</i>

2.1.8 Klasifikasi Geokimia Granit

Berdasarkan kemelimpahannya dalam batuan, unsur dibagi menjadi tiga yaitu unsur utama (major element), unsur tambahan (minor element), dan unsur

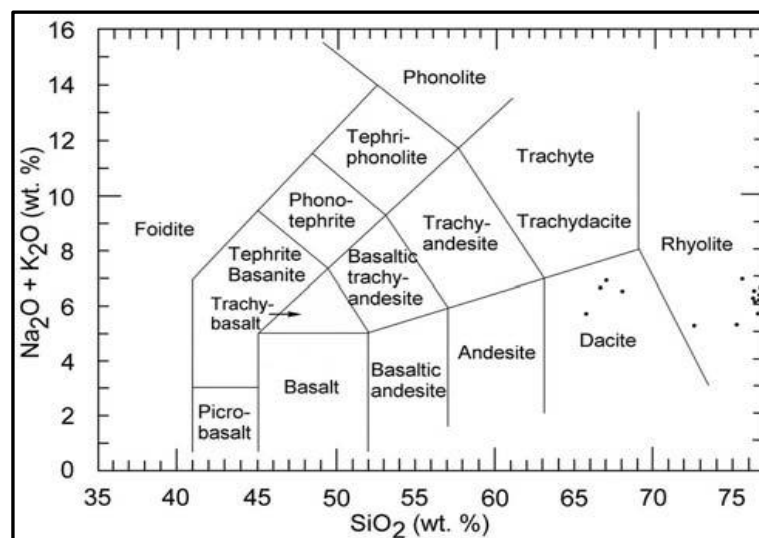
jejak (trace element). Menurut Winter (2001), unsur utama didefinisikan sebagai unsur yang persentasenya lebih dari 1% dari berat total ($> 1,0$ wt. %). Sedangkan unsur tambahan didefinisikan sebagai unsur yang persentasenya 0,1 hingga 1 persen dari berat total ($0,1 - 1,0$ wt. %). Dan Unsur jejak merupakan unsur yang persentasenya kurang dari 0,1% dari berat total ($< 0,1$ wt. %).

Komposisi kimia magma terususun dari 2 Jenis unsur yang terbagi sebagai berikut :

1. Unsur utama (*major element*) yang terkandung sebanyak 99% dalam magma meliputi O, Si, Al, Fe, Ca, Mg, Na, dan K
2. Unsur tambahan (*minor element*) meliputi Ti, P, dan Mn
3. Unsur jejak (*trace element*) yang terdiri dari Rb, Ba, Sr, Ni, Li, Cr, S, dan Pb (Winter, 2001).

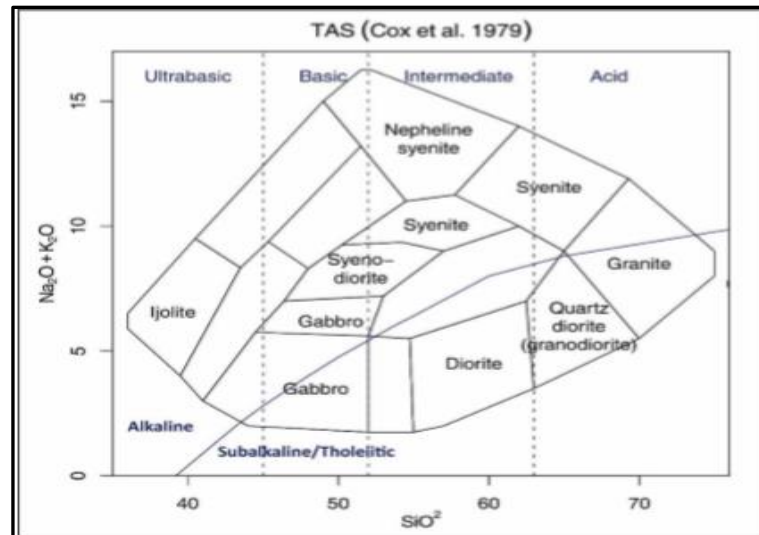
Selain itu komposisi kimia magma juga terususun dari 2 Jenis senyawa yang terbagi sebagai berikut :

1. Senyawa Oksida (senyawa non-volatil) meliputi SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MnO , MgO , CaO , Na_2O , K_2O , TiO_2 , Cr_2O_3 , P_2O_5 , dan FeO .
 2. Senyawa volatil yang tersusun oleh fraksi-fraksi Gas meliputi H_2O , CH_4 , CO_2 , HCl , H_2S , dan SO_4
- A. (TAS) Total Alkali-Silika
- a) Middle Most (1994)



Gambar 10 Diagram Total Alkali-Silika berdasarkan perbandingan kandungan $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ (Alkali) dengan SiO_2

b) Cox 1979



Gambar 11 Diagram TAS (*Total Alkali Silica*) oleh Cox (1979, dalam Wilson, 1989)

Diagram Harker merupakan diagram yang pertama kali digunakan pada pengolahan data geokimia. Diagram ini dibuat oleh ahli petrologi asal Britania yang bernama Alfred Harker pada tahun 1909. Diagram ini terdiri dari dua sumbu yaitu sumbu x dan sumbu y yang digunakan untuk memplotkan silika (SiO_2) terhadap unsur atau senyawa lain.

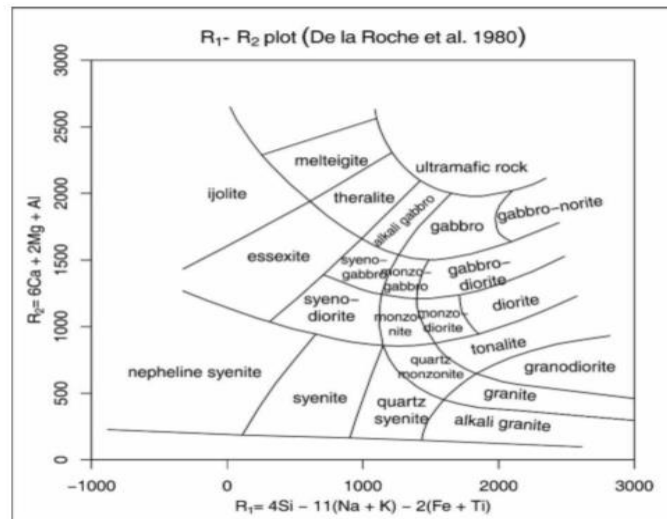
Dalam penamaan batuan plutonik dapat menggunakan diagram TAS (*Total Alkali Silica*) oleh Cox (1979, dalam Wilson, 1989). Parameter yang digunakan dalam diagram TAS yaitu senyawa $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ yang merupakan senyawa pada mineral alkali felspar dan senyawa SiO_2 yang merupakan senyawa pada mineral kuarsa atau silika.

Klasifikasi batuan beku plutonik $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ (wt%) terhadap SiO_2 (wt%). Garis pemisah antara alkalik dan sub-alkalik dibuat oleh Miyashiro (1978) (setelah Cox, dkk., 1979, dalam Wilson, 1989).

B. Klasifikasi R1-R2

De la Roche, dkk. (1980) memperkenalkan skema klasifikasi batuan beku vulkanik dan plutonik berdasarkan proporsi kation yang dinyatakan dalam satuan milikation (Rollinson, 1993). Cara menentukan nilai milikation yaitu dengan rumus $(\text{wt\%/mol wt}) \times \text{jumlah kation} \times 1000$. Diagram ini lebih cocok digunakan untuk batuan plutonik. Parameter yang digunakan dalam diagram ini dinyatakan dalam

R1 (sumbu-x) dan R2 (sumbu-y) dimana $R1 = [4Si - 11(Na + K) - 2(Fe + Ti)]$ $R2 = (Al + 2Mg + 6Ca)$. Diagram R1 dan R2 untuk menentukan jenis batuan beku plutonik (De la Roche, dkk. (1980). Hasil perhitungan parameter R1 dan R2 menggunakan semua unsur utama dari batuan. Diagram ini dapat diaplikasikan untuk semua jenis batuan beku. Selain itu, derajat kejenuhan silika dan perubahan komposisi felspar dapat diketahui (Rollinson, 1993).



Gambar 12 Diagram Perbandingan R1-R2 (De La Roche, 1980)

C. Indeks Kalk-Alkali dan Afinitas Magma

Indeks kalk-alkali adalah angka yang digunakan untuk mengukur kandungan mineral alkali tanah (magnesium dan kalsium oksida) dan alkali (natrium dan kalium) dalam magma atau batuan beku. Semakin tinggi indeksnya, semakin banyak kandungan alkali tanah dan alkali dalam batuan tersebut.

Indeks kalk-alkali dihitung dengan rumus berikut:

$$\text{Indeks Kalk-alkali} = (Na_2O + K_2O) / (Al_2O_3 + SiO_2) \times 100 \quad (1)$$

Nilai indeks kalk-alkali dapat diinterpretasikan sebagai berikut:

- < 35: Magma/batuan toleitik
- 35 - 65: Magma/batuan kalk-alkali
- > 65: Magma/batuan shoshonitik

Magma dan batuan kalk-alkali umumnya terbentuk di zona subduksi, di mana lempeng samudera tertekuk ke bawah lempeng benua. Saat lempeng

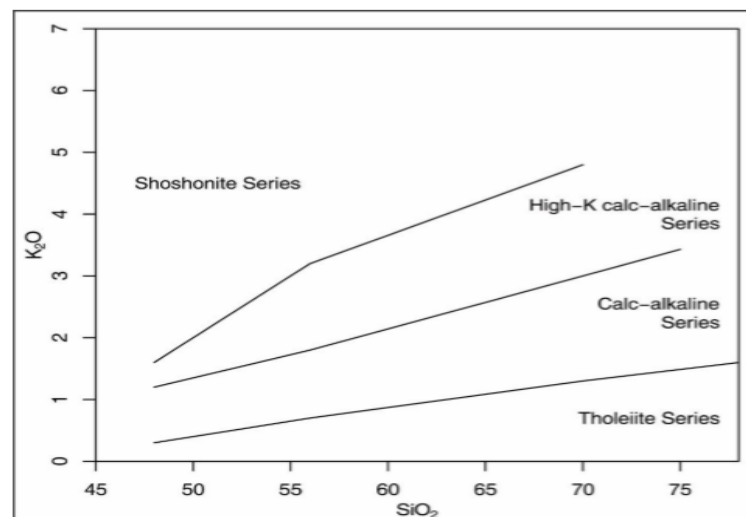
samudera turun, ia membawa air dan mineral bersamanya. Air ini menurunkan titik leleh batuan di atasnya, dan mineralnya bercampur dengan magma. Campuran ini kemudian naik ke permukaan dan mendingin, membentuk batuan kalk-alkali. Beberapa contoh batuan kalk-alkali termasuk andesit, dasit, riolit, dan granit. Batuan ini umum ditemukan di pegunungan vulkanik seperti Andes di Amerika Selatan dan Cascades di Amerika Utara.

Peccerillo & Taylor (1976) mengklasifikasikan jenis magma berdasarkan kandungan silika (SiO_2) dan kalium oksida (K_2O) sebagai berikut:

- Basaltik: SiO_2 rendah, K_2O rendah
- Andesitik: SiO_2 sedang, K_2O sedang
- Dacitik: SiO_2 tinggi, K_2O sedang
- Ryolitik: SiO_2 tinggi, K_2O tinggi

Lalu Pearce (1983) menggolongkan jenis magma tersebut kedalam 4 golongan berdasarkan rasio unsur utama terhadap afinitas magma sebagai berikut:

- *Tholeiite*: Magnesium tinggi, besi rendah, dan kalium rendah
- *Calc-alkaline*: Magnesium sedang, besi sedang, dan kalium sedang
- *High K Calc-Alkaline*: Magnesium sedang, besi sedang, dan kalium tinggi
- *Shoshonite*: Magnesium rendah, besi rendah, dan kalium tinggi



Gambar 13 Diagram pembagian golongan jenis magma berdasarkan perbandingan SiO_2 vs K_2O oleh Peccerillo dan Taylor (1976)

D. Saturasi Alumina

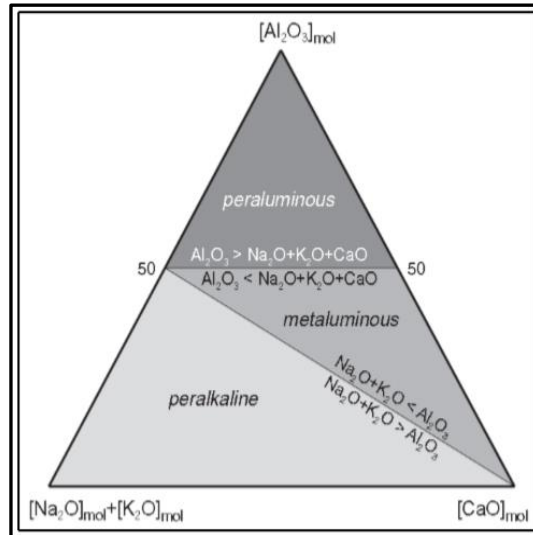
Saturasi alumina menurut Gill (2010) adalah ukuran kandungan aluminium oksida (Al_2O_3) dalam batuan granit, relatif terhadap kandungan kalsium oksida (CaO), natrium oksida (Na_2O), dan kalium oksida (K_2O). Satuan yang digunakan untuk menyatakan saturasi alumina adalah mol Al_2O_3 per mol ($\text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$). Gill (2010) mengklasifikasikan saturasi alumina batuan granit menjadi tiga kategori:

- Peralumina: Saturasi alumina > 1.1
- Metaluminium: Saturasi alumina $0.9 - 1.1$
- Peralkali: Saturasi alumina < 0.9

Klasifikasi ini didasarkan pada perbandingan kandungan Al_2O_3 dengan jumlah basa (CaO , Na_2O , dan K_2O) dalam batuan. Batuan granit dengan saturasi alumina tinggi (peralumina) memiliki lebih banyak Al_2O_3 dibandingkan dengan basa, sedangkan batuan granit dengan saturasi alumina rendah (peralkali) memiliki lebih sedikit Al_2O_3 dibandingkan dengan basa. Saturasi alumina memiliki beberapa implikasi penting untuk memahami asal dan evolusi batuan granit:

- Batuan granit peralumina umumnya terbentuk dari leleh parsial batuan metamorfosa yang kaya akan aluminium, seperti sekis dan granit yang lebih tua.
- Batuan granit metaluminium dapat terbentuk dari berbagai sumber, termasuk leleh parsial batuan metamorfosa, kerak samudera, dan mantel bumi.
- Batuan granit peralkali umumnya terbentuk dari leleh parsial batuan metamorfosa yang kaya akan alkali, seperti nepheline dan syenite. Saturasi alumina dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$\text{Saturasi alumina} = \text{Al}_2\text{O}_3 / (\text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) \quad (2)$$



Gambar 14 Pembagian jenis granit peralumina, metalumina, dan peralkalin (Gill, 2010).

Table 2 Karakteristik Geokimia terhadap Indeks alumina pada jenis-jenis Granit (Barbarin, 1999)

SIFAT KIMIA	MPG	CPG	KCG	ACG	RTG	PAG
Indeks Alumina A/CNK (molar)	A≥CNK ≥1		CNK>A>NK <1			A≤NK Alkalin
Al ₂ O ₃	xxx	xxx	xx	xx	xx	x
CaO	x	x	xx	xxx	xx	x
Na ₂ O	xx	xx	xx	xx	xxx	xxx
K ₂ O	xx	xxx	xxx	xx	x	xxx
FeOt+MgO+MnO	x	xx	xx	xxx	xx	xxx
Fe ³⁺ /(Fe ³⁺ +Fe ²⁺)	x	x	xx	xxx	xxx	xx
FeOt/(FeOt+MgO)	<0,8	<0,8	0,8-1,0	<0,8	>0,8	>0,8
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr	0,706 hingga 0,760	>0,708	0,706 hingga 0,712	0,706 hingga 0,708	≤0,704	0,704 hingga 0,712
εNd	-4 hingga -17	-6 hingga -9	-4 hingga -9		-	-
δ ¹⁸ O (‰)	10 hingga 14	10 hingga 13	5 hingga 10		-	-
δ ³⁴ S (‰)	-12 hingga 2		5 hingga 20		-	-

Dilihat dari data kimia dan isotop, granit peralumina merupakan granit asal kerak. Granit tholeiitic, alkalin, dan peralkalin merupakan granit dengan sumber mantel. Granit *calc-alkaline* bersumber dari campuran antara material kerak dan mantel. Oleh karena itu, tipe MPG dan CPG menunjukkan asal sumber kerak. Tipe KCG dan ACG menunjukkan sumber campuran antara kerak dan mantel. Komponen asal kerak lebih dicirikan oleh KCG dengan kandungan unsur K₂O yang tinggi dan CaO yang rendah. Sedangkan komponen mantel lebih dicirikan oleh ACG dengan kandungan CaO yang tinggi dan K₂O rendah. Dua tipe lain yaitu ATG atau RTG dan PAG merupakan granit dengan asal mantel.

Table 3 Hubungan Tipe Granit berdasarkan petrogenesanya (Chappel & White, 2001)

Type	Abbreviation's Meaning	SiO ₂ (%)	$\frac{K_2O}{Na_2O}$	Ca, Sr	$\frac{A}{(C + N + K)}$	$\frac{Fe^{3+}}{Fe^{2+}}$	Cr, Ni	Notes	Petrogenesis
M	Mantle	46-70	Low	High	Low	Low	Low	Low Rb, Th, U/Low LIL and HFS	Subduction zone or ocean-intraplate/Mantle-derived
I	Igneous	53-76	Low	High in mafic rocks	Low (metaluminous to peraluminous)	Mode-rate	Low	High LIL to HFS ratio /Medium Rb, Th, U	Subduction zone or infrastructural (mafic to intermediate) igneous source
S	Sedimentary	65-74	High	Low	High (metaluminous)	Low	High	Variable LIL/HFS	Subduction zone or supracrustal sedimentary zone
A	Anorogenic	> 77	High Na ₂ O	Low	Variable (peralkaline)	Variable	Low	Low LIL to HFS ratio/ High Fe to Mg ratio/ High Ga to Al ratio	Anorogenic, stable craton or rift zone