

Analisis Petrografi dan Geokimia Batuan Ultramafik Kompleks Ofiolit Kecamatan Andowia Kabupaten Konawe Utara, Provinsi Sulawesi Tenggara

Petrographic and Geochemical Analysis of Ultramafic Rocks Ophiolite Complex, Andowia District, North Konawe Regency, Southeast Sulawesi Province

Hasria^{*1}, Alan Muhammad Ramadhan², Ali Okto³, Masri⁴, Bahdad⁵, La Ode Ngkoimani⁶,
Muhammad Arba Azzaman⁷

¹⁻⁷Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumihan, Universitas Halu Oleo

Corr Author: ^{*1}hasriageologi@gmail.com, ²alanmuhamadramadhan@gmail.com, ³aliokto@gmail.com, ⁴masri.razak88@gmail.com,
⁵laodem@yahoo.com, ⁶muh.arbaazzaman@gmail.com

ABSTRAK

Area studi terletak pada daerah Laronanga Kecamatan Andowia Kabupaten Konawe Utara, Sulawesi Tenggara. Studi ini bertujuan untuk menentukan karakteristik batuan ultramafik berdasarkan analisis petrografi dan geokimia. Analisis petrografi digunakan untuk menentukan nama batuan sedangkan analisis geokimia dengan XRF (*X-Ray Fluorescence*) bertujuan untuk menentukan jenis magma, afinitas magma dan lingkungan asal magma. Hasil analisis petrografi menunjukkan bahwa batuan ultramafik area studi merupakan batuan beku ultramafik jenis peridotit-harzбургit. Adapun hasil analisis XRF batuan memperlihatkan bahwa jenis batuan beku di area studi adalah batuan peridotit-gabbro dengan tipe afinitas/seri magmanya termasuk ke dalam seri *tholeiitic series*, serta lingkungan asal terbentuk magma adalah berasal dari *Oceanic Ridge and Floor* atau *Mid Oceanic Ridge* (MOR).

Kata-kata kunci: Petrografi, geokimia, ultramafik, ofiolit, magma.

ABSTRACT

The study area is located in the Laronanga area, Andowia District, North Konawe Regency, Southeast Sulawesi. This study aims to determine the characteristics of ultramafic rocks based on petrographic and geochemical analysis. Petrographic analysis is used to determine the name of the rock while geochemical analysis with XRF (*X-Ray Fluorescence*) aims to determine the type of magma, magma affinity and the magma's environment of origin. The result of petrographic analysis shows that the ultramafic rock in the study area is peridotite-harzбургite ultramafic igneous rock. The results of rock XRF analysis show that the type of igneous rock in the study area is peridotite-gabbro rock with affinity type/magma series belonging to the *tholeiitic series*, and the environment from which magma is formed is from *Oceanic Ridge and Floor* or *Mid Oceanic Ridge* (MOR).

Keywords: petrography, geochemistry, ultramafic, ophiolite, magma.

Submitted: 09-08-2022; Revised: 10-08-2022; Accepted: 06-09-2022; Available Online: 07-09-2022

Published by: Mining Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Lambung Mangkurat

This is an open access article under the CC BY license <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

PENDAHULUAN

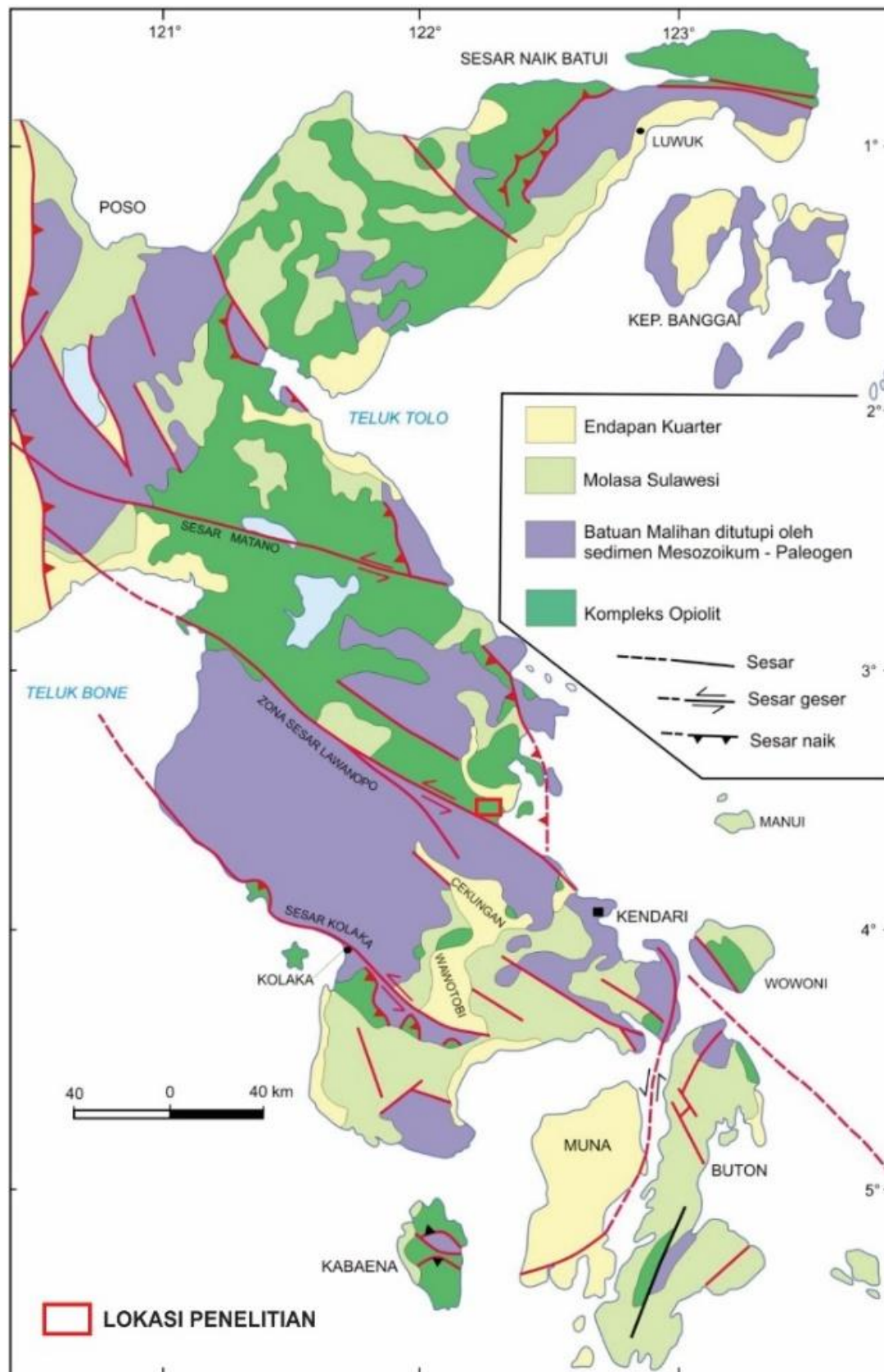
Area studi yang terletak di Kabupaten Konawe Utara yang termasuk dalam Pulau Sulawesi memiliki kondisi tektonik yang beragam yang diakibatkan oleh pergerakan aktif dari tiga lempeng besar dunia. Lempeng tersebut adalah lempeng Benua Australia, lempeng Samudera Pasifik atau Lempeng Samudera Filipina dan lempeng Benua Eurasia [1]. Tumbukan antara ketiga lempeng ini menyebabkan terjadinya penunjaman yang mengakibatkan terangkatnya batuan kerak samudera ke permukaan yang dikenal sebagai Kompleks Ofiolit. Kompleks Ofiolit Sulawesi disebut juga sebagai Lajur Ofiolit Sulawesi Timur (LOST) atau East Sulawesi Ophiolite Belt (ESOB) [2].

Batuan pembentuk Lengan Tenggara pulau Sulawesi terdiri dari tiga yakni batuan metamorf, Molasa Sulawesi dan Kompleks Ofiolit (Gambar-1). Batuan metamorf umumnya terdiri atas sekis amfibolit, sekis mika, sekis klorit, sekis genesan, rijang berjasper,

batugamping meta serta pualam [3]. Adapun Molasa Sulawesi tersusun dari sedimen karbonatan dan sedimen klastika, sedangkan Kompleks Ofiolit memiliki komposisi batuan mafik dan ultramafik serta sedimen pelagik [2].

Batuan ultramafik dan mafik di Lengan Tenggara Pulau Sulawesi umumnya telah mengalami deformasi kuat dan pensesaran. Bahkan, di beberapa tempat, batuan ini telah membentuk batuan campur aduk (*mélange*) dengan batuan yang berasal dari kepingan benua. Batuan memiliki komposisi serpentinit, piroksenit, dunit, peridotit, dan basalt serta mikrogabbro. Peridotite umumnya terdiri atas harzburgit dan lherzolite [2].

Geologi wilayah Laronanga Kabupaten Konawe Utara termasuk ke dalam Kompleks Ofiolit yang merupakan salah satu batuan pembentuk Lengan Tenggara Pulau Sulawesi. Daerah tersebut belum ada yang meneliti tentang karakteristik batuan ultramafiknya sehingga perlu dilakukan penelitian.



Gambar-1. Peta Geologi regional daerah penelitian (modifikasi dari [2]).

METODOLOGI

Penelitian ini diawali dengan studi Pustaka, selanjutnya dilakukan pekerjaan lapangan dan analisis laboratorium. Pekerjaan lapangan adalah metode pengamatan dan pengukuran langsung secara langsung di lapangan serta pengambilan data singkapan dan litologi yang representative untuk dilakukan analisis laboratorium berupa analisis petrografi dan geokimia. Analisis petrografi bertujuan untuk menentukan nama batuan dengan menggunakan klasifikasi [4] berdasarkan kandungan mineral penyusunnya. Adapun analisis XRF bertujuan untuk mengetahui kandungan kimia batuan. Sampel yang dianalisis petrografi berjumlah 8 (delapan) sampel sedangkan XRF berjumlah 4 (empat) sampel yang representatif dari total 26 stasiun pengambilan sampel. Pada 8 sampel untuk petrografi kemudian disayat untuk analisis petrografi berdasarkan komposisi dan karakteristik mineralogi dan 4 sampel dipreparasi untuk analisis geokimia batuan melalui metode XRF. Analisis petrografi dilakukan pada Laboratorium Program Studi Teknik Geologi Universitas Hasanuddin, Makassar sedangkan analisis XRF dilakukan di Laboratorium Sentral Universitas Negeri Malang.

HASIL DAN DISKUSI

Batuan ultramafik di daerah penelitian (Gambar-2a, c, d) umumnya tersusun oleh batuan peridotit yang

dicirikan oleh tingkat serpentinisasi rendah hingga sangat rendah [5]. Berdasarkan deskripsi megaskopik dari ke 26 sampel batuan di daerah penelitian, umumnya memiliki warna hijau gelap, tingkat kristalinitasnya berupa holokristalin, granularitasnya faneritik, bentuk kristal euhedral – subhedral, struktur batumannya adalah masif atau padat, dengan komposisi mineral utama adalah olivin, piroksin dan serpentin. Berdasarkan ciri fisik tersebut, maka diinterpretasikan bahwa nama batumannya diklasifikasikan ke dalam kelompok batuan ultramafik jenis peridotit [6]. Batuan peridotit adalah bagian dari batuan ultramafik yang banyak mengandung mineral-mineral mafik termasuk olivin [7]. Singkapan batuan ini umumnya telah berubah menjadi serpentin yang diikuti dengan perubahan volume sehingga terjadi perubahan dari tekstur awalnya. Perubahan ini juga diakibatkan oleh perubahan mineral piroksen dan olivin menjadi mineral serpentin dan amfibol.

Analisis Petrografi

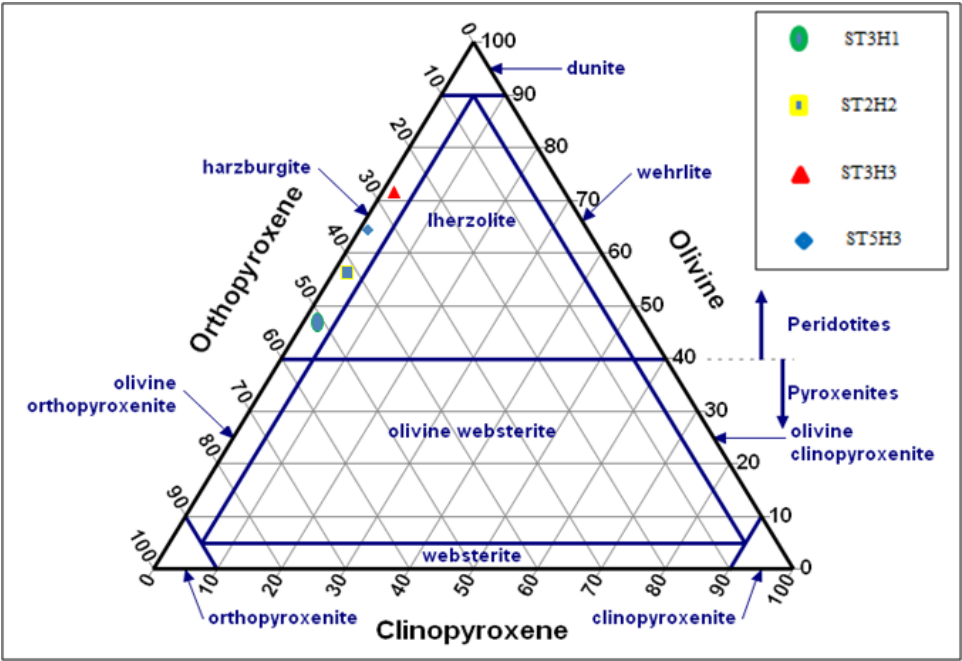
Hasil analisis secara petrografi pada ST3H1 (Gambar-2b) pada nikol silang berwarna ungu, biru, kuning dan abu-abu kehitaman dan memiliki ukuran mineral penyusun batuan yakni 0,5 mm hingga 1 mm.



Gambar-2. a, c, e adalah gambar singkapan batuan; b, d, f adalah gambar sayatan tipis nikol silang. Ket. Ol = Olivin, Opx = Orthopiroksin, Opq = Opak [8].

Hasil pengamatan lapangan dan analisis petrografi menunjukkan bahwa batuan ultramafik di area studi umumnya tersusun atas mineral primer dan mineral sekunder. Mineral primer pada batuan ultramafik ini berupa mineral olivin dan orthopirosin. Kedua jenis mineral tersebut dapat digunakan dalam penentuan jenis batuan dengan menggunakan klasifikasi batuan ultramafik berdasarkan diagram [4]. Adapun mineral sekunder berupa mineral serpentin dan mineral opak. Mineral serpentin merupakan hasil alterasi dari mineral olivin yang keterdapatannya cukup sedikit di setiap sampel batuan yang diamati.

Komposisi mineral berdasarkan hasil analisis petrografi, selanjutnya diplot ke dalam diagram klasifikasi batuan ultramafik berdasarkan [4] (Gambar-3) untuk menentukan nama batuan. Setelah diplot ke dalam diagram, maka diperoleh bahwa batuan ultramafik di daerah penelitian termasuk dalam kelompok batuan jenis peridotit (Tabel 1) dengan nama batuan harzburgit ([6] dan [4]). Berdasarkan [7] bahwa batuan harzburgite merupakan batuan yang umumnya tersusun oleh mineral olivin dan ortopirosin.



Gambar-3. Penentuan nama batuan berdasarkan komposisi mineral ([4]).

Tabel-1. Komposisi mineral batuan ultramafik berdasarkan analisis petrografi.

Kelompok Batuan	Kandungan Mineral				Nama Batuan	Kode Sampel
	Ol%	Opx%	Srp%	Opq%		
Peridotit	40	40	-	20	harzburgit	ST3H1
Peridotit	50	45	5	-	harzburgit	ST5H1
Peridotit	40	45	5	10	harzburgit	ST7H1
Peridotit	45	35	7	13	harzburgit	ST2H2
Peridotit	65	25	5	5	harzburgit	ST13H2
Peridotit	65	25	5	5	harzburgit	ST13H2
Peridotit	60	25	10	5	harzburgit	ST3H3
Peridotit	55	35	6	4	harzburgit	ST5H3
Peridotit	45	50	3	2	harzburgit	ST7H3

Analisis Geokimia Batuan

Hasil kajian geokimia batuan berupa XRF yang dilaksanakan di Laboratorium Sentral Universitas Negeri Malang terhadap 4 (empat) sampel batuan ultramafik di daerah penelitian berupa kandungan unsur kimia oksida yang disajikan pada Tabel-2.

Berdasarkan kajian tersebut, 4 (empat) sampel batuan tersebut memiliki kemiripan komposisi geokimia yang sama. Umumnya, batuan ultramafik memiliki kandungan SiO₂ yang rendah berkisar 40,03% - 41,31%, alumina (Al₂O₃) berkisar 0,06% - 0,1%, besi (II) Oksida

(Fe₂O₃) berkisar 31,73% - 33,12%, Mangan Oksida (MnO) berkisar 0,41% - 0,429 %, Magnesium Oksida (MgO) Berkisar 19,91% - 21,01%, Kalsium Oksida (CaO) berkisar 2,216% - 4,28%, Kalium oksida (K₂O) <0,01%, nikel oksida (NiO) berkisar 1,374% - 1,517%, dan tembaga (II) Oksida (CuO) berkisar <0,01% - 0,095% dan Kromium(III) oksida (Cr₂O₃) berkisar 0,878-1,075%. Komposisi geokimia batuan (Tabel-2), menjadi dasar dalam penentuan jenis batuan, afinitas/seri magma dan lingkungan asal terbentuk magma.

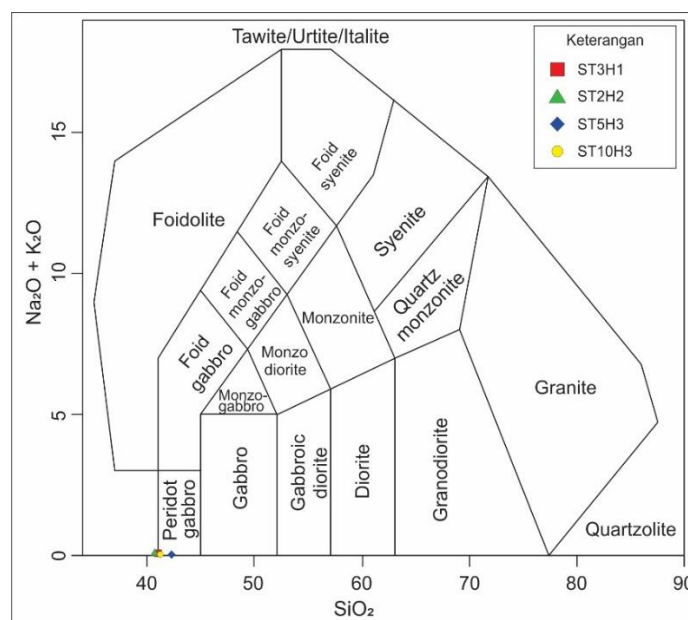
Tabel-2. Unsur utama batuan beku ultramafik daerah penelitian.

Unsur Oksida Utama	Kode Sampel			
	ST3H1 (%)	ST2H2 (%)	ST5H3 (%)	ST10H3 (%)
SiO ₂	40,03	40,24	41,31	40,91
Al ₂ O ₃	0,06	0,1	0,08	0,06
Fe ₂ O ₃	33,12	32,92	31,73	32,03
MnO	0,419	0,429	0,418	0,41
MgO	20,96	19,97	19,91	21,01
Na ₂ O	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
CaO	2,216	3,275	4,28	3,031
K ₂ O	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
P ₂ O ₅	0,699	0,709	<0,01	0,44
NiO	1,517	1,378	1,374	1,26
CuO	<0,01	0,095	<0,01	0,095
Cr ₂ O ₃	0,979	0,878	0,894	1,075
Total	100	100	100	100
FeO*	23,184	23,044	22,211	22,421

Jenis Batuan

Pembagian jenis batuan beku telah dibagi oleh [9] dengan menggunakan perbandingan total alkali dan silika. Adapun oksida yang digunakan adalah jumlah Na₂O + K₂O dan SiO₂. Berdasarkan hasil plot ke dalam klasifikasi penentuan jenis batuan menurut [9] (Gambar-4), bahwa

umumnya sampel memiliki kandungan total Alkali yaitu kurang dari 0,01 (<0,01) serta total Silika berturut turut 40,03%, 40,24%, 41,31%, 40,91%. Berdasarkan hal tersebut, maka jenis batuan beku di daerah penelitian, termasuk dalam jenis batuan beku peridotit-gabbro.



Gambar-4. Klasifikasi batuan beku menurut [9].

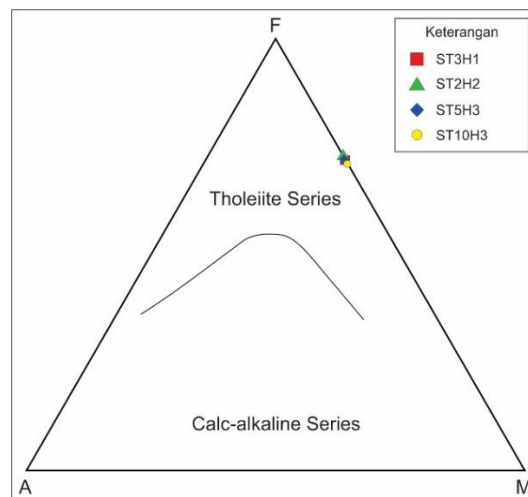
Interpretasi tentang jenis batuan tersebut juga didukung oleh hasil analisis pengamatan lapangan dan petrografi yang didominasi oleh mineral *ferromagnesium* serta memiliki indeks warna >70% dengan warna batuan secara megaskopis cenderung berwarna gelap hingga sangat gelap dan sebagian besar berasal dari plutonik [7].

Afinitas/Seri magma

Penentuan jenis magma pembentuk batuan menggunakan perbandingan dalam diagram segitiga dan biner berdasarkan [10] yang membagi seri magma batuan menjadi seri *Calc-Alkaline* dan *Tholeiitic* dan yang memakai diagram segitiga AFM, dengan “A” adalah Total Alkali ($K_2O + Na_2O$), “F” merupakan Total Oksida Besi ($FeO + Fe_2O_3$), serta “M” yang merupakan Magnesium Oksida (MgO).

Berdasarkan hasil plot kedalam diagram segitiga AFM tersebut (Gambar 5) bahwa semua sampel dengan kode ST3H1, ST2H2, ST5H3 dan ST10H3 daerah Laronaga diduga termasuk kedalam seri magma *tholeiitic*. Seri magma *tholeiitic* terjadi ketika magma induk terkristalisasi dan relatif mengkristalkan mineral silikat yang kaya akan magnesium seperti olivin dan piroksen, yang menyebabkan kandungan besi magma *tholeiitic* meningkat. Tipe ini umumnya dijumpai pada daerah dengan setting tektonik berupa zona pemekaran samudera, dimana nilai dari SiO_2 dan K_2O cenderung rendah, dan kaya akan komposisi MgO dan FeO ([11] dan [12]).

Afinitas atau seri magma di area studi, bersesuaian dengan seri magma di Kecamatan Asera, Kabupaten Konawe Utara, Provinsi Sulawesi Tenggara [13].

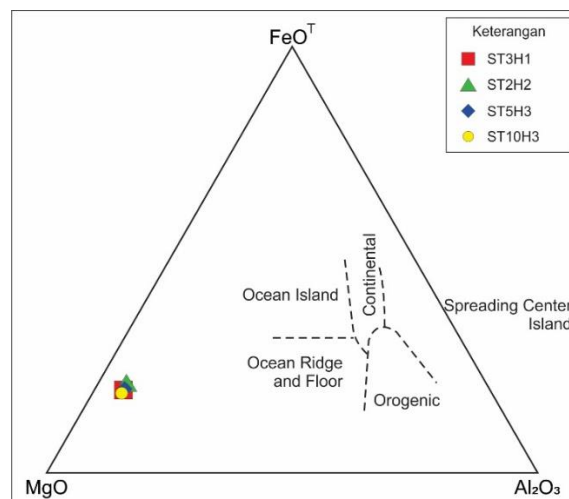


Gambar-5. Klasifikasi jenis magma menurut [10].

Asal Magma Batuan

Lingkungan tektonik asal magma pembentuk batuan ultramafik yang terdapat pada daerah penelitian dapat ditentukan dengan menggunakan diagram segitiga [14] dimana diagram ini membandingkan unsur utama batuan berupa FeO , MgO dan Al_2O_3 .

Berdasarkan hasil plotting pada diagram ini menunjukkan bahwa asal magma/lingkungan pembentukan batuan pada daerah penelitian adalah berasal dari *Oceanic Ridge and Floor* atau *Mid Oceanic Ridge (MOR)* atau yang lebih dikenal dengan pemekaran lantai samudera yang bersifat ultrabasa.



Gambar 6. Penentuan Asal Magma pembentuk batuan daerah penelitian menurut [14].

Berdasarkan hasil analisis geokimia (Tabel 2) menunjukkan bahwa semua sampel yang dianalisis memiliki nilai $K_2O < 0,1$ yang diinterpretasikan sebagai tipe dari MOR yang membentuk batuan di daerah penelitian adalah tipe normal (tipe N). MOR tipe normal atau tipe N, umumnya terbentuk pada kedalaman yang dangkal yang berkisar antara 60 – 80 km dari mantel atas [11].

Hasil interpretasi terkait asal pembentukan magma daerah penelitian yang terbentuk akibat pemekaran lantai samudera (MOR), bersesuaian dengan hasil penelitian [15] dan [2] yang menyatakan bahwa Kompleks Ofiolit di Lengan Tenggara Sulawesi terbentuk pada lingkungan pemekaran lantai samudera (MOR). Proses pembentukan pertama kali terjadi di pemekaran tengah samudera, kemudian diikuti dengan pergerakan material yang berasal dari mantel sesuai dengan pergerakan pemekaran. Hasil penelitian ini juga bersesuaian dengan hasil penelitian [13] yang melakukan penelitian di Kecamatan Asera Kabupaten yang sama yakni Konawe Utara yang menghasilkan bahwa asal pembentukan magma daerah penelitian adalah berasal dari pemekaran lantai samudera (MOR).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengamatan lapangan dan analisis petrografi menunjukkan bahwa batuan ultramafik di daerah Laronanga Kabupaten Konawe Utara merupakan batuan ultramafik kelompok peridotit berjenis *harzburgite*. Adapun hasil analisis geokimia batuan adalah bahwa batuan beku yang terdapat pada area studi merupakan jenis batuan beku peridotit-gabro dengan tipe afinitas/seri magma berupa *tholeiitic series*, serta lingkungan terbentuk magma berasal dari *Oceanic Ridge and Floor* atau *Mid Oceanic Ridge* (MOR).

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami sampaikan kepada Pemerintah Kecamatan Andowia, kabupaten Konawe Utara, Provinsi Sulawesi Tenggara yang telah mengizinkan pelaksanaan penelitian ini di wilayahnya.

DAFTAR ACUAN

- [1] Simandjuntak, T.O. & Barber, A.J. 1996. Neogene orogenic belts of Indonesia. In: Hall, R. & Blundell, D.J. (Eds). *Tectonic evolution of Southeast Asia*, Geological Society Special Publication, hal. 185-202.
- [2] Surono. 2013. *Geologi Lengan Tenggara Sulawesi*. Bandung. Badan Geologi, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- [3] Permana, H. 2013. *Kompleks Batuan Malihan dalam Geologi Sulawesi*, dalam Surono dan U. Hartono (Ed.), 27-152p, *Geologi Sulawesi*, LIPI Press, Jakarta.
- [4] Streckeisen, A. 1976. To each plutonik rock its proper name. *Earth Science Reviews* Volume 12. Ed. 1, hal. 1-33.
- [5] Sufriadin, Widodo, S. dan Thamrin, M. 2017. Karakteristik Mineral Bijih pada Batuan Ultramafik di Daerah Latao, Kolaka Utara, Propinsi Sulawesi Tenggara. *Proceeding Seminar Nasional Kebumiharian ke-10*, Yogyakarta. 13-13 September.
- [6] Travis, R.B. 1955. *Classification of Rocks 4th edition*. Colorado: Colorado School of Mines. 65p.
- [7] Ahmad, W. 2002., *Laterite Nickel, a Manual Training*, PT. International Nickel Indonesia, Sorowako.
- [8] Whitney, D. L., dan Evans, B. W. 2010. Abbreviations for names of rock-forming minerals, *American Mineralogist*. Vol 95. Ed.1, hal. 185–187.
- [9] Middlemost, E.A.K. 1994. Naming materials in the magma/igneous rock system. *Earth-Science Reviews*, Vol. 37, hal. 215-224.
- [10] Irvine, T.N. and Baragar, W.R.A. 1971. A Guide to the Chemical Classification of the Common Volcanic Rocks. *Canadian Journal of Earth Science*. Vol 8. Ed. 5, 523-548.
- [11] Wilson, M. 1989. *Igneous Petrogenesis a Global Tectonic Approach* (I, Ed.), P.O. Box 17,3300 AA Dordrecht, The Netherlands.
- [12] Rollinson, H. 1993. *Using Gheochemical data : Evaluation, Presentation and Interpretation*, Longman Singapore Publishers (Pte) Ltd, Singapore.
- [13] Hasria., Hasan, E.S., Deniyatno., Salihin, L.M.I., Asdiwan. 2000. Characteristics of Ultramafic Igneous Rock Ofiolite Complex in Asera District, North Konawe Regency Southeast Sulawesi Province, Indonesia. *Journal of Geoscience, Engineering, Environment, and Technology*. Vol. 5, Ed. 3, hal. 114-118.
- [14] Pearce, T. H., Gorman, B. E. & Birkett, T. C. 1977. The Relationship Between Major Element Geochemistry and Tectonic Environment of Basic and Intermediate Volcanic Rocks. *Earth and Planetary Science Letters*, Vol. 36, hal. 121–132.
- [15] Hall, R. 2012. Late JurassicCenozoic Reconstruction of the Indonesian Region and the Indian Ocean. *Tectonophysics* 570-571, hal. 1- 41.