

SKRIPSI

**ANALISIS GEOKIMIA PELAPUKAN DAN ALTERASI BATUAN
ULTRAMAFIK DAERAH PALAKKA KABUPATEN BARRU
PROVINSI SULAWESI SELATAN**

OLEH:

USWATUN KHORIYAH
D611 15 016



**DEPARTEMEN TEKNIK GEOLOGI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**MAKASSAR
2022**

**ANALISIS GEOKIMIA PELAPUKAN DAN ALTERASI BATUAN
ULTRAMAFIK DAERAH PALAKKA KABUPATEN BARRU
PROVINSI SULAWESI SELATAN**

*Diajukan Sebagai Salah Satusyarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
(ST) pada Program Studi Teknik Geologi Departemen Teknik Geologi
Fekultas Teknik Universitas Hasanuddin*

**OLEH :
USWATUN KHOIRIYAH
D611 15 016**

**DEPARTEMEN TEKNIK GEOLOGI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**MAKASSAR
2022**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

ANALISIS GEOKIMIA PELAPUKAN DAN ALTERASI BATUAN
ULTRAMAFIK DAERAH PALAKKA KABUPATEN BARRU PROVINSI
SULAWESI SELATAN

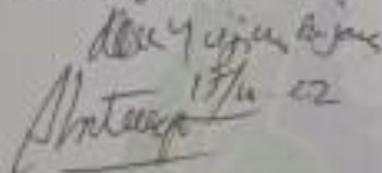
Disusun dan diajukan oleh

USWATUN KHOIRIYAH
D611 15 016

Telah dipertahankan dihadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian Studi Program Sarjana Departemen Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 19 Oktober 2022 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

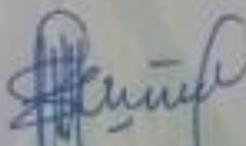
Menyetujui

Pembimbing Utama


13/10/22

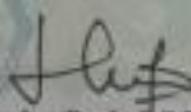
Dr. Adi Tenggara, ST., MT.
NIP. 196509282000031002

Pembimbing Pendamping



Dr. In Sultan, ST., MT.
107007051997021002

Ketua Departemen Teknik Geologi
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin


Dr. Eng. Hendra Pachri, S.T., M.Eng
NIP. 19771214 200501 1 001

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Uswatun Khoiriyah

NIM : D611 15 016

Program Studi : Teknik Geologi

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulis saya yang berjudul

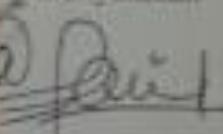
ANALISIS GEOKIMIA PELAPUKAN DAN ALTERASI BATUAN ULTRAMAFIK DAERAH PALAKKA KABUPATEN BARRU PROVINSI SULAWESI SELATAN

Adalah karya tulis saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alih tulisan orang lain bahwa skripsi yang saya tulis ini benar – benar merupakan hasil karya saya sendiri.

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

Gowa, November 2022

Yang menyatakan

 
Uswatun Khoiriyah

SARI

Secara Administratif daerah penelitian termasuk dalam wilayah Bulu Palakka, Desa Anabanua, Kecamatan Barru, Kabupaten Barru, Provinsi Sulawesi Selatan. Secara Geografis daerah penelitian terletak pada $119^{\circ}42'23''-119^{\circ}43'00''$; Bujur Timur dan $04^{\circ}27'30''-04^{\circ}27'40''$ Lintang Selatan. Penelitian dengan judul “Analisis Geokimia Pelapukan dan Alterasi Batuan Ultramafik Daerah Palakka Kabupaten Barru Provinsi Sulawesi Selatan” dimaksudkan untuk mengetahui proses geokimia indeks alterasi pada batuan ultramafik dan proses geokimia pelapukan pada batuan ultramafik daerah penelitian.

Metode yang digunakan pada penelitian ini ialah metode geologi lapangan, yang kemudian dilanjutkan dengan analisis laboratorium. Pada penelitian ini digunakan analisis petrografi dengan klasifikasi batuan beku ; Analisis geokimia XRF (*X-Ray Fluorescence spectrometry*) ; analisis Geokimia XRD (*X-Ray Diffraction*).

Dari hasil analisis yang dilakukan diperoleh kesimpulan bahwa Perubahan alterasi terjadi pada Daerah penelitian dapat dilihat dari perbandingan $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ dan $\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$ serta CIA. Hal ini dapat dijadikan diindikasikan bahwa selama proses pelapukan dan alterasi terjadi, ada faktor mobilitas yang bekerja, dan dapat mengetahui kondisi pH.

BSTRACT

Administratively, the research area is located in Bulu Plkk area, Anabanua Village, Barru District, Barru Regency, South Sulawesi Province. Geographically the study area is located at 119°42'23"–119°43'00"; East Longitude and 04°27'30"–04°27'40" South Latitude. The research entitled "Geochemical Analysis of Weathering and Alteration of Ultramafic Rocks in the Palakka Area, Barru Regency, South Sulawesi Province" is intended to determine the geochemical processes of alteration index in ultramafic rocks and the geochemical processes of weathering of ultramafic rocks in the study area.

The method used in this study is the geological field method, which is then followed by laboratory analysis. In this study used petrographic analysis with the classification of igneous rocks; XRF (X-Ray Fluorescence Spectrometry) geochemical analysis ; Geochemical XRD (X-Ray Diffraction) analysis.

From the results of the analysis carried out, it was concluded that the changes that occurred in the study area can be seen from the comparison of SiO_2/Al_2O_3 and SiO_2/TiO_2 and CIA. This can be used as an indication that during the weathering process and changes occur, there is a mobility factor that works, and can determine the pH condition.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji dan syukur kehadirat Allah *Subhanahu wa Ta'ala* atas izin, rahmat serta hidayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“Analisis Geokimia Pelapukan Dan Alterasi Batuan Ultramafik Daerah Palakka Kabupaten Barru Provinsi Sulawesi Selatan”** ini dengan baik. Pembuatan skripsi ini dimaksudkan untuk memenuhi salah satu syarat untuk mendapatkan gelar sarjan pada Departemen Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.

Penyusunan laporan ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak yang telah memberikan semangat dan do'a kepada penulis dalam menghadapi setiap tantangan, sehingga sepatutnya pada kesempatan ini penulis menghaturkan rasa terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Adi Tonggiroh, S.T, M.T sebagai Penasehat Akademik dan sebagai pembimbing I yang selalu memberi saran dan motivasi baik selama masa perkuliahan maupun dalam penyusunan laporan tugas akhir ini.
2. Bapak Dr. Sultan S.T, M.T sebagai Pembimbing II yang selalu memberi masukan dan motivasi dalam penyusunan laporan tugas akhir ini.
3. Bapak Ir. Jamal Rauf Husain M.T dan Bapak Dr. Ir. M. Fauzi Arifin, M.Si selaku dosen penguji
4. Bapak Dr. Eng. Hendra Pachri, S.T, M.Eng sebagai Ketua Program studi Teknik Geologi, Departemen Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.

5. Bapak dan Ibu dosen Departemen Teknik Geologi Universitas Hasanuddin atas semua ilmu dan nasehat – nasehat selama masa perkuliahan. Staf Departemen Teknik Geologi Unniversitas Hasanuddin, atas segala bentuk bantuan, baik dalam bentuk administrasi maupun bentuk lainnya.
6. Teman – teman angkatan Geologi 2015 (AGATE) yang senantiasa membantu dan patner berdiskusi dalam penyusunan skripsi ini. Dan semua kenangan yang berharga selama mengarungi kehidupan perkuliahan
7. Orang Tua tercinta yang selalu memberikan dukungan baik moril maupun materil, serta doa restu yang selalu terucap tiada hentinya, cinta dan kasih sayang yang senantiasa hadir dalam tiap langkah saya.
8. Pihak-pihak lain yang membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih belum mendekati kesempurnaan. Oleh karena itu penulis sangat mengharapkan koreksi dan saran yang sifatnya membangun sebagai bahan masukan yang bermanfaat demi perbaikan dan peningkatan diri dalam bidang ilmu pengetahuan.

Akhir kata semoga skripsi ini dapat dimanfaatkan dan dapat memberikan sumbangsih pemikiran untuk perkembangan pengetahuan bagi penulis maupun bagi pihak yang berkepentingan.

Wasalamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh..

Makassar, November 2022

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
HALAMAN TUJUAN	
HALAMAN PENGESAHAN	
KATA PENGANTAR	
DAFTAR ISI	
DAFTAR GAMBAR	
DAFTAR TABEL	
	Halaman
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Maksud dan Tujuan	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Letak, Waktu dan Kesampaian Daerah	3
1.5 Alat dan Bahan.....	6
1.6 Peneliti Terdahulu	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Geologi Regional	8
2.1.1 Geomorfologi Regional	8
2.1.2 Stratigrafi Regional	8
2.1.3 Struktur Geologi Regional	11
2.2 Mobilitas Unsur dalam Proses Pelapukan.....	12
2.3 Indeks Kimia Pelapukan	14
2.4 Pengaruh iklim pada pelapukan	19
2.5 Batuan Ultramafik.....	22
BAB III METODE PENELITIAN	24
3.1 Metode Penelitian	24
3.2 Tahap Penelitian.....	24
3.2.1 Persiapan	24
3.2.2 Penelitian Lapangan	25
3.2.3 Metode Penelitian	26
3.2.4 Pengolahan Data	26

3.2.5	Penyusunan Skripsi	27
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		29
4.1	Geomorfologi Bulu Palakka	29
4.1.1	Satuan Bentangalam Perbukitan Denudasional	29
4.2	Batuan Ultramafik.....	32
4.3	Indeks Alterasi	36
4.4	Pelapukan.....	38
4.5	Iklim Pelapukan	41
BAB V PENUTUP		42
5.1	Kesimpulan	42
5.1	Saran	42

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

Petas Stasiun

Deskripsi Petrografi

Hasil Analisis Geokimia XRD

Hasil Analisis Geokimia XRF

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1.1 Peta tunjuk lokasi penelitian	5
1.2 Peta Geologi Lembar Pangkajene dan Watampone Bagian Barat skala 1:50.000 (Sukamto, 1982).....	12
2.4.1 Indikasi proses pelapukan disertai dengan perubahan komposisi kimia fisik dalam kondisi iklim semi-humid/humid (Klasifikasi Koppen dalam Lamb, 1972)	20
2.4.2 Hubungan unsur major Al_2O_3 dalam kondisi anhydrous dan meningkatnya pelapukan (Sheldon dan Tabor, 2009)	20
1.3 Diagram alur metode penelitian	27
4.1.1 Kenampakan lapangan menunjukkan tingkat pelapukan batuan ultramafik	30
4.1.2 kenampakan relief perbukitan denudasional pada daerah Bulu Palakka	31
4.2.1 Kenampakan Satuan Ultramafik	32
4.2.2 kenampakan singkapan peridotit terserpentinitan pada ST 03, di Bulu Palakka.....	32
4.2.3 Foto mikrograf contoh sayatan batuan ST 03 dengan komposisi mineral berupa Olivine 35%, Kuarsa 10%, Hornblende 25%, Biotite 10%, Serpentin (15%), Opaq 5%	33
4.2.4 fotomikrografi contoh sayatan batuan ST 02 dengan komposisi mineral kuarsa 10%, piroksin 10%, hornblende 50%, olivine 25%, Opaq 5%	34
4.2.5 kenampakan mikroskopis alterasi talc pada batuan ultramafik.....	34
4.4.1 Hasil Analsis XRD Sampel 01	38
4.4.2 Hasil Analsis XRD Sampel 02	38
4.4.3 Hasil Analsis XRD Sampel 03	39
4.4.4 Hasil Analsis XRD Sampel 04	39
4.5.1 Hasil plot data Al_2O_3 , K_2O dan Na_2O versus SiO_2 , pada klasifikasi Koppen dalam Lamb (1972), menunjukkan pengaruh iklim musim semi humid pada proses pelapukan	40

DAFTAR TABEL

Tabel		Halaman
2.1	Rumus Indeks pelapukan menurut para ahli (i)	16
2.2	Rumus Indeks pelapukan menurut para ahli (ii)	17
4.3.1	Hasil analisis XRF sampel ultramafik.....	35
4.3.2	Komposisi kimia indeks alterasi pada sampel 01,02 dan 03.....	36
4.3.3	Hasil perhitungan alterasi mineral	36

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Daerah penelitian tersingkap batuan ultramafik pada topografi perbukitan yang memiliki megaskopis berwarna hijau gelap, lapuk berwarna abu-abu kehijauan. Kondisi lapangan pada singkapan batuan ultramafik diinterpretasikan bahwa terdapat dua proses pelapukan, yaitu pelapukan fisika dan pelapukan kimia. Proses pelapukan fisika diawali dengan sifat penempatan batuan ultramafik yang secara tektonik tersingkap dipermukaan dan adanya rekahan yang memudahkan terjadinya proses pelapukan kimia. Pada proses pelapukan kimia pada batuan ultramafik, kenampakan lapangan menunjukkan dengan munculnya sifat lempungan berwarna terang atau putih abu-abu atau magnesit, sedangkan secara fisika diinterpretasikan sebagai kontak tektonik yang ikut mempengaruhi proses alterasi. Selain itu, diindikasikan pula bahwa faktor iklim sangat berpengaruh pada proses alterasi masa lampau.

Kondisi pelapukan diperkirakan oleh iklim pada masa lampau yang secara regional menyebabkan komposisi batuan mengalami perubahan secara kimia adalah unsur-unsur major yang dipengaruhi oleh air.

Iklim pada masa lampau atau paleoklimat adalah iklim yang terjadi pada umur geologi masa lampau. Faktor batuan beku, sedimen dan lingkungan geologi dideterminasi sebagai perubahan iklim regional yang terjadi pada suatu sistem atmosfer. Iklim masa lalu menyebabkan komposisi batuan mengalami perubahan secara kimia adalah unsur-unsur major yang dipengaruhi oleh air.

Pengaruh air pada temperatur tertentu membentuk komposisi alterasi atau indeks alterasi. Indeks Kimia Alterasi adalah perubahan komposisi kimia pada batuan yang mengalami proses alterasi. Proses alterasi menyebabkan perubahan Na_2O , K_2O , Al_2O_3 , sedangkan perubahan Alterasi dipengaruhi oleh kandungan air (H_2O) (Nesbitt dan Young, 1982).

Tersingkapnya batuan ultramafik di daerah penelitian, diinterpretasi sebagai lingkungan geologi tektonik yang sangat kompleks, hal ini dapat dijumpai dengan tersingkapnya batuan dari kerak oseanik dan batuan intrusi. Secara petrologi kedua jenis batuan ini berbeda tektonik pembentukannya maupun komposisi kimia.

Penelitian tentang batuan ultramafik telah menarik perhatian untuk dilakukan penelitian baik dari aspek geokimia maupun petrologi yang menguraikan tentang proses pelapukannya. Salah satu aspek penelitian geologi yang saat ini sedang berkembang yaitu kejadian geologi dan hubungannya dengan iklim yang terjadi pada saat itu, atau paleoklimatologi.

Lokasi penelitian Daerah Palakka, termasuk morfologi perbukitan yang mana disusun oleh batuan ultramafik dan pada puncaknya mengalami Alterasi cukup tinggi sehingga menghasilkan endapan laterit berwarna gelap.

Penelitian pada geokimia alterasi menunjukkan bahwa Alterasi erat kaitannya dalam pembentukan morfologi, yang disebabkan oleh evolusi *landscape*, khususnya terjadi pada iklim basah. Fungsi pelapukan kimia dan fisika masing-masing memiliki sifat yang berbeda dan berhubungan dalam membentuk sifat batuan (Harnois, 1988).

Hal ini menjadi alasan, bahwa telah terjadi proses kimia alterasi, oleh sebab itu perlu dilakukan suatu penelitian utamanya ilkim masa lampau yang bekerja pada proses tersebut.

1.2. Maksud dan Tujuan

Berdasarkan kenampakan lapangan batuan ultramafik, maka tujuan penelitian, adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui proses geokimia indeks alterasi pada batuan ultramafik daerah penelitian
2. Mengetahui proses geokimia pelapukan pada batuan ultramafik daerah penelitian

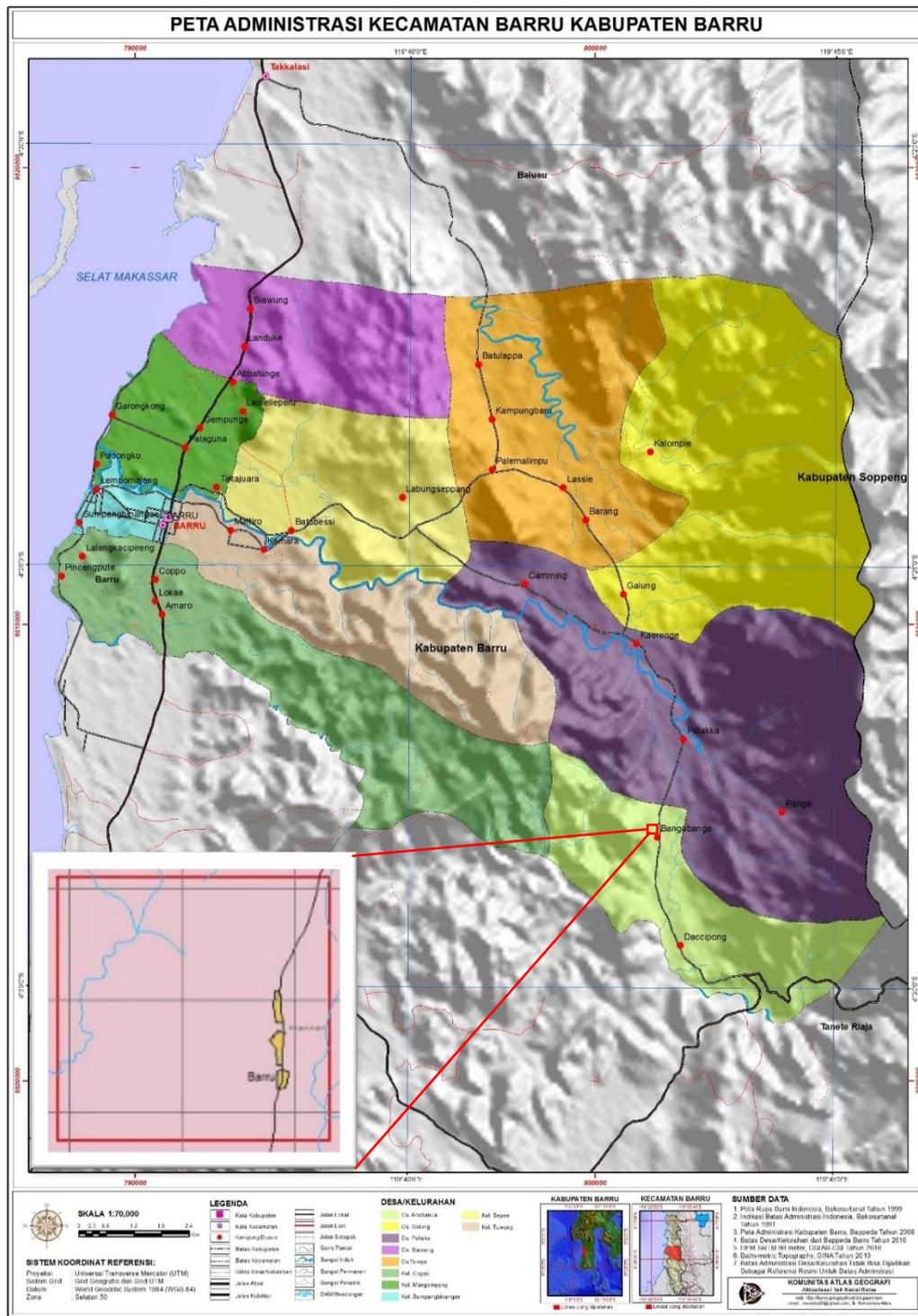
1.3. Batasan Masalah

Penelitian ini menggunakan unsur Al_2O_3 , CaO , Na_2O dan K_2O untuk menghitung nilai indeks kimia pada batuan ultramafik. Hasil perhitungan indeks alterasi selanjutnya dihubungkan dengan kandungan SiO_2 yang terkandung pada batuan ultramafik.

1.4. Letak, Waktu dan Kesampaian Daerah

Secara Administratif daerah penelitian termasuk dalam wilayah Bulu Palakka, Dusun Banga Bangae, Desa Anabanua, Kecamatan Barru, Kabupaten Barru, Provinsi Sulawesi Selatan (Gambar 1.1). Secara Geografis daerah penelitian terletak pada $119^{\circ}42'23''-119^{\circ}43'00''$; Bujur Timur dan $04^{\circ}27'30''-04^{\circ}27'40''$ Lintang Selatan. Daerah Penelitian terpetakan dalam peta Rupa Bumi Indonesia sekala 1 : 50.000 Lembar Barru nomor 2011-61 terbitan Bakosurtanal edisi I tahun

1991 (Cibinong Bogor). Daerah penelitian ini dapat dicapai dengan menggunakan jalur darat berupa kendaraan roda empat maupun roda dua dengan waktu tempuh perjalanan \pm 4 jam dari kota Makassar ke kabupaten Barru dan 30 menit ke desa Anabanua Dusun Daccipong.



Gambar 1.1. Peta tunjuk lokasi penelitian

1.5. Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan selama penelitian berlangsung adalah sebagai berikut :

- a. Peta Topografi Lembar Pangkajene dan Watampone Bagian Barat berskala 1 : 25.000 yang merupakan hasil pembesaran dari peta rupa bumi terbitan Bakosurtanal.
- b. Kompas Geologi
- c. *Global Positioning System (GPS)*
- d. Palu Geologi
- e. Buku catatan lapangan
- f. Kantong sampel
- g. Kamera digital
- h. Alat tulis menulis
- i. Lup dengan perbesaran 10x
- j. Ransel lapangan

Alat dan bahan yang digunakan selama analisis laboratorium adalah sebagai berikut :

- a. Mikroskop Polarisasi
- b. Sampel untuk analisis sayatan tipis, dan Analisis geokimia
- c. Laptop
- d. literatur

1.6. Peneliti terdahulu

Peneliti terdahulu yang pernah mengadakan penelitian yang sifatnya regional diantaranya sebagai berikut :

1. Rab Sukamto (1975), penelitian Pulau Sulawesi dan pulau-pulau yang ada di sekitarnya dan membagi kedalam tiga mandala geologi.
2. Rab Sukamto (1975), penelitian perkembangan tektonik sulawesi dan sekitarnya yang merupakan sistem sintesis berdasarkan tektonik lempeng.
3. Adi Tonggiroh (2013) Analisis Geokimia logam Cu,Fe pada batuan dasit Kabupaten Barru Provinsi Sulawesi selatan.
4. Asri Jaya (2014), Pengaruh Struktur Geologi regional dan Sesar Walanae
5. Adi Maulana (2014), Geokimia dan Tektonik Bantimala dan Barru
6. Kaharuddin, MS (2014), Olistostrome dan Obduksi Ofiolit Lasitae, Kabupaten Barru Provinsi Sulawesi Selatan.
7. Baso Rezki Maulana (2014), Skripsi tentang Geokimia Batuan Dasit dan Ultramafik.

BAB II

DAFTAR PUSTAKA

2.1 Geologi Regional

Uraian tentang tinjauan geologi pada daerah penelitian, meliputi geomorfologi, stratigrafi, dan struktur geologi yang akan menjadi dasar informasi mengenai kondisi geologi yang berkembang pada daerah tersebut. Daerah penelitian termasuk dalam Lembar Pangkajene dan Watampone Bagian Barat skala (Sukanto, 1982).

2.1.1 Geomorfologi Regional

Geomorfologi regional daerah penelitian termasuk dalam Lembar Pangkajene dan Watampone Bagian Barat Sulawesi meliputi daerah tingkat II Kabupaten Maros, Pangkep, Barru, Watangsoppeng, Wajo, Watampone, Sinjai, dan Kotamadya Parepare. Pada peta lengan Selatan Pulau Sulawesi secara umum terdapat dua baris pegunungan yang memanjang hampir sejajar pada arah Utara – Baratlaut dan dipisahkan oleh Lembah Sungai Walanae (Sukanto, 1982).

2.1.2 Stratigrafi Regional

Stratigrafi regional daerah Barru menurut Sukanto (1982), tersusun oleh batuan Pra-Tersier sebagai batuan dasar (*basement*) yang terdiri dari batuan ultramafik (peridotit yang sebagian besar terserpentinitkan) dan batuan metamorf (sekis). Secara tidak selaras batuan ini ditindih oleh batuan dari Formasi Balangbaru

yang merupakan endapan laut dalam yang bersifat pejal (serpih) yang berumur Kapur.

Geologi daerah bagian Timur dan Barat Sulawesi Selatan pada dasarnya berbeda, dimana kedua daerah ini dipisahkan oleh sesar Walanae. Di masa Mesozoikum, *basement* berada di dua daerah, yaitu di bagian Barat Sulawesi Selatan dekat Bantimala dan di daerah Barru yang terdiri dari batuan metamorf, ultramafik, dan sedimen.

Di daerah Bantimala batuan vulkanik ini disebut Bua dan di daerah Biru disebut Langi. Formasi ini terdiri dari lava dan endapan piroklastik andesit dengan komposisi *trachy-andesit* dengan sisipan *limestone* dan *shale* (van Leeuwen, 1981). Sifat *calc-alkaline* dan unsur tanah tertentu menunjukkan bahwa batuan vulkanik merupakan hasil subduksi dari arah Barat (van Leeuwen, 1981).

Stratigrafi daerah penelitian termasuk pada Peta Geologi Lembar Pangkajene dan Watampone bagian Barat (Sukamto, 1982), yaitu sebagai berikut :

S : Batuan Malihan; sebagian besar sekis dan sedikit genes; secara megaskopis terlihat mineral di antaranya glaukohan, garnet, epidot, muskovit, dan klorit; di bawah mikroskop mengenali sekis glaukohan, eklogit, sekis garnet, sekis amfibol, sekis klorit, sekis muskovit, sekis muskovit-tremoilit-aktinolit, sekis muskovit-aktinolit, genes albit-ortoklas, dan genes kuarsa-feldspar; eklogit tidak ditemukan berupa singkapan, melainkan berupa sejumlah bongkah besar di daerah batuan malihan; sekisnya mengandung grafit; berwarna kelabu, hijau, coklat dan biru. Batuan malihan ini umumnya tersebar miring ke arah Timurlaut, sebagian terbreksikan, dan tersesarkan naik ke arah Baratdaya. Satuan ini tebalnya tidak

kurang dari 2000 m dan bersentuhan sesar dengan satuan batuan di sekitarnya. Penarikan Kalium/Argon pada sekis di Timur Bantimala menghasilkan umur 111 juta tahun (J.D. Obradovich, 1974 dalam Sukanto, 1982).

Ub : Batuan Ultramafik; peridotit, serbagian besar terserpentinitan, berwarna hijau tua sampai kehitaman, kebanyakan terbreksikan dan tergerus melalui sesar naik ke arah Baratdaya; pada bagian yang pejal terlihat struktur berlapis dan di beberapa tempat mengandung lensa kromit; satuan ini tebalnya tidak kurang dari 2500 meter dan mempunyai sentuhan sesar dengan satuan batuan disekitarnya.

M : kompleks melange; batuan campur aduk secara tektonik terdiri dari gres, breksi, konglomerat, batupasir; terkersikkan, serpih kelabu, serpih merah, rijang radiolaria merah, batusabak, sekis, ultramafik, basal, diorit, dan lempung; himpunan batuan ini mendaun, kebanyakan miring ke arah Timurlaut dan tersesarkan naik ke arah Baratdaya; satuan ini tebalnya tidak kurang dari 1750 m dan mempunyai sentuhan sesar dengan satuan batuan di sekitarnya.

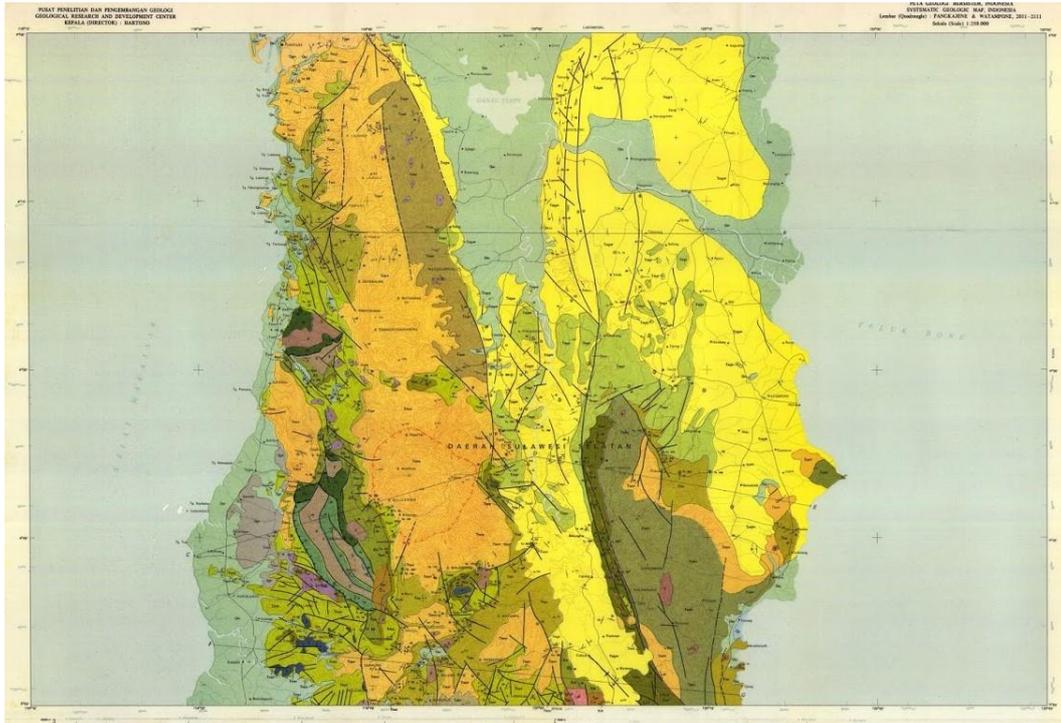
D : diorit – granodiorit; terobosan diorit dan granodiorit, terutama berupa stok, dan sebagian berupa retas, kebanyakan bertekstur porfiri, berwarna kelabu muda sampai kelabu. Diorit yang tersingkap di sebelah Utara Bantimala dan di sebelah Timur Baru menerobos batupasir Formasi Balangbaru dan batuan ultramafik; terobosan yang terjadi di sekitar Camba sebagian terdiri dari granodiorit porfiri, dengan banyak fenokris berupa biotit amfibol, dan menerobos batugamping Formasi Tonasa serta batuan Formasi Camba. Penarikan Kalium/Argon granodiorit

dari Timur Camba pada biotit menghasilkan 9,03 juta tahun (J. D. Obradovich, 1974 dalam Sukamto, 1982).

Qac : Endapan Aluvial dan Pantai, terdiri dari lempung, lanau, lumpur, pasir, kerikil di sepanjang sungai–sungai besar serta pantai. Endapan pantai setempat mengandung sisa kerang dan batugamping koral.

2.1.3 Struktur Geologi Regional

Proses tektonik di lengan Barat Pulau Sulawesi berlangsung dari Trias sampai Miosen Awal. Akhir kegiatan gunungapi Miosen Awal itu diikuti oleh tektonik yang menyebabkan terjadinya permulaan terban Walanae yang kemudian menjadi cekungan tempat pembentuk Formasi Walanae. Menurunnya Terban Walanae dibatasi oleh dua sistem sesar normal, yaitu Sesar Walanae dan Sesar Soppeng. Sesar utama yang berarah Utara-Baratlaut terjadi sejak Miosen Tengah, dan tumbuh sampai setelah Pliosen. Struktur lipatan besar yang berarah hampir sejajar dengan sesar utama diperkirakan terbentuk sehubungan dengan adanya tekanan mendatar berarah kira-kira Timur-Barat pada waktu sebelum akhir Pliosen. Tekanan ini mengakibatkan pula adanya sesar sungkup lokal yang menyasarkan batuan Pra-Kapur Akhir. Perlipatan dan pensesaran yang relatif lebih kecil di bagian Barat di pegunungan barat yang berarah Baratlaut-Tenggara dan merencong, kemungkinan besar terjadi oleh gerakan mendatar ke kanan sepanjang sesar besar (Sukamto, 1982).



Gambar 2.1. Peta Geologi Lembar Pangkajene dan Watampone Bagian Barat skala 1 : 50.000 (Sukanto, 1982)

2.2 Mobilitas Unsur dalam Proses Pelapukan

Pelapukan kimia dari suatu batuan adalah proses unsur mayor yang termodifikasi dari lapisan permukaan bumi dan merupakan salah satu dari siklus Geokimia (Berg, 1932 dalam Islam *et al*, 2002).

Pelapukan kimia menghasilkan variasi perubahan batuan yang sangat luas dan dikontrol oleh variabel sumber tipe batuan, topografi, iklim dan aktifitas biologi. Variabel ini terjadi pada kondisi tertutup disebabkan oleh gerak dinamik yang kemudian mereflesi terbentuknya morfologi. Tipe dan derajat pelapukan dapat diketahui dengan terbentuknya lapisan saprolit yang diindikasikan sebagai pengaruh faktor permukaan.

Unsur-unsur Na, K, Mg dan Ca juga K memiliki perubahan minimum terhadap pelapukan, sedangkan silica dan MnO₂ mengganti unsur-unsur tersebut membentuk Al₂O₃, TiO₂ dan Fe₂O₃. Pada batuan berkomposisi basa, Fe₂O₃ akan berkurang yang disertai dengan meningkatnya Al₂O₃. Ini dicirikan oleh terbentuknya mottled zone atau ketika batuan mengalami perubahan ukuran (Bain et al, 1980).

Vojcu et al (1997), melakukan penelitian indeks pelapukan dengan menggunakan metode xrd, dan menyimpulkan bahwa proses pelapukan akan memisahkan Al, Si, Mn dan Fe yang membentuk kristalisasi amorfous silika seperti : kaolinit, gipsit dan pirolusit .

Bain et al, 1979, melakukan penelitian terhadap pelapukan mineral olivin, bahwa olivin merupakan mineral yang kestabilannya rendah sebagai mineral silikat dalam batuan. Mineral ini akan menempati ruang mineral lainnya dalam batuan membentuk urutan kejadian sebagai lempung yang kemudian akan stabil pada bagian bawah dari suatu lapisan pelapukan. Hal ini dapat diketahui dari “weathering potential index (WPI)” atau indeks pelapukan dengan nilai persentase 44 sampai 65 persen, dan akan meningkat bila terdapat dalam batuan berkomposisi silikat.

Batuan ekstrusif lebih mudah mengalami pelapukan dengan nilai pelapukan lima sampai sepuluh, lebih cepat dibanding batuan kristalin, misalnya granit, sedangkan batuan mafik mengalami pelapukan mineral lebih cepat dibanding batuan felsic (Des-sert *et al.* 2001; Sigfusson et al. 2008 dalam Blond *et al.*, 2015).

Pemahaman pelapukan dalam mineralogi adalah terjadinya perubahan fase utama mineral silikat dan glas yang kemudian mengalami *replacement*

menghasilkan kristalinitas *poor texture* dari aluminosilikat. Itulah sebabnya, pada mineral kristalin yang paling utama dideskripsi adalah variasi mineral kristalin, ini berhubungan dengan terbentuknya oksida besi dan fase oxyhydroxide (contohnya : Rasmussen *et al*, 2010; Dahlgren *et al*, 2004; Righi *et al*, 1999 dalam Blond *et al*, 2015).

Menurut Harnois *et al* (1973,) dalam Price dan Velbel, 2003, indeks pelapukan dapat membedakan mobilitas unsur dalam lingkungan pelapukan fisika kimia, sedangkan Eswaran (1973) dalam Price dan Velbel (2003) mengatakan bahwa dasar indeks pelapukan adalah banyak mobilitas unsur dengan interval berbeda pada tahapan pelapukan, ini disebabkan oleh sifat deplesi unsur, misalnya silika dan alumina.

Ruxton (1968) membuat suatu teori yang disebut Ruxton Rasio adalah perbandingan SiO_2 dan Al_2O_3 atau 2 : 1. Teori ini menggunakan metode xrf dan xrd, menjelaskan bahwa ciri mineral yang dihasilkan dalam proses pelapukan pada batuan asam dan intermedit adalah kaolin dan atau *allophane*. Hal ini disebabkan bahwa berkurangnya silika dan aluminium oleh karena mobilitas unsur ini lebih cepat terjadi pada batuan beku dan metamorf pada kondisi iklim basah. Ruxton juga mengatakan bahwa untuk mengetahui mobilitas dan immobilitas unsur dalam batuan metamorf, sangat perlu diketahui sifat protolitnya, karena transportasi dapat saja merubah immobilitas unsur dalam batuan sedimen.

2.3 Indeks Kimia Pelapukan

Indeks pelapukan digagas oleh beberapa ahli Geokimia (Neal, 1977; Delveaux *et al*, 1989; Crichton dan Condie, 1993; Gao dan Wedepohl, 1995;

Ramesh dan Anglejan, 1995; Fedo *et al*, 1996; Colin *et al*, 1999; Gao *et al*, 1999; Nesbit dan Young, 1982, Maynard 1992; Gall, 1992, 1994; Arndoff, 1993; Baumler dan Zech, 2000) dalam Sheldon dan Tabor (2009), yang peduli terhadap perubahan permukaan bumi oleh faktor atmosfer dan diperlukannya suatu evaluasi terhadap perkembangan fertilitas batuan menjadi soil dan impaknya adalah bagaimana iklim bisa merubah. Tabel 2.1, menunjukkan rumus yang digunakan oleh beberapa ahli Geokimia dalam menentukan indeks pelapukan.

Indeks Kimia Alterasi adalah perubahan komposisi kimia pada batuan yang mengalami proses alterasi dan pelapukan. Proses alterasi menyebabkan perubahan Na_2O , K_2O , Al_2O_3 , sedangkan perubahan pelapukan dipengaruhi oleh kandungan air (H_2O) (Nesbitt dan Young, 1982).

Penerapan metode thin section untuk mengetahui proses pelapukan dilakukan pada rock forming mineral batuan. Mineral yang menyusun batuan asam memiliki tahapan pelapukan yang berbeda, seperti plagioclase (*possibly hornblende*) > biotite > microcline > quartz. Tahapan ini dikenal sebagai *Goldich Weathering Sequence*. Hal ini didasarkan pada Bowen's reaction series batuan granit, gneiss dan diabase dan ampibolit Goldich's juga menyatakan bahwa hornblende melapuk sebelum biotit dan keduanya dijadikan dasar dalam menginterpretasi mineral plagioklas yang melapuk sebelum mikrolin dan kuarsa.

Tabel 2.1 Rumus Indeks pelapukan menurut para ahli

Index	Formula	Optimum fresh value	Optimum weathered value	Ideal trend of index up-profile (increase in weathering)	Allows Al mobility	Reference
R	$\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$	> 10	0	Negative	No	Ruxton (1968)
WIP	$(100)[(2\text{Na}_2\text{O}/0.35) + (\text{MgO}/0.9) + (2\text{K}_2\text{O}/0.25) + (\text{CaO}/0.7)]$	> 100	0	Negative	Yes	Parker (1970) (see also Table I of Harnois, 1988)
V	$(\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{K}_2\text{O})/(\text{MgO} + \text{CaO} + \text{Na}_2\text{O})$	< 1	Infinite	Positive	No	Vogt (1927) (see also Roaldset, 1972)
CIA	$(100)[\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})]$	≤ 50	100	Positive	No	Nesbitt and Young (1982)
CIW	$(100)[\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{Na}_2\text{O})]$	≤ 50	100	Positive	No	Harnois (1988)
PIA	$(100)[(\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{K}_2\text{O})/(\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} - \text{K}_2\text{O})]$	≤ 50	100	Positive	No	Fedo et al. (1995)
STI	$(100)[(\text{SiO}_2/\text{TiO}_2)/((\text{SiO}_2/\text{TiO}_2) + (\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3) + (\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2))]$	> 90	0	Negative	No	de Jayawardena and Izawa (1994)

For the weathering of silicate rocks, the CaO must be restricted to that derived from silicate minerals.

Indeks alterasi diketahui berdasarkan data laboratorium geokimia untuk meninjau mineralogi dan geokimia dari batuan beku dan mineral. Itu memecah di permukaan bumi oleh pelapukan fisik dan kimia untuk membentuk batuan sedimen. Batuan beku adalah sumber utama dari semua sedimen klastik. Untuk merekonstruksi sumber data dari batuan sedimen kita harus mengingat mineralogi dan kimia dari bahan sumber. Laboratorium ini juga akan belajar teknik untuk data geokimia. Memanipulasi itu berguna untuk menafsirkan derajat pelapukan batuan dan tidak langsung memperkirakan kondisi iklim (Nesbitt dan Young, 1982).

Hal ini berharga bagi ahli geologi untuk merencanakan geokimia batuan pada diagram *terner* untuk membedakan antara berbagai jenis batuan. Salah satu diagram itu berguna bagi sedimentologists disebut segitiga A-CN-K (Nesbitt dan Young, 1984; 1989). Aspek rasio segitiga didasarkan pada persamaan untuk indeks kimia perubahan (CIA) dari Nesbitt dan Young (1982). "A" berasal dari perhitungan

puncak CIA, yang didasarkan pada proporsi molekul oksida unsur utama dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{CIA} = [\text{Al}_2\text{O}_3 / (\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO}^* + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})] \times 100$$

Nesbitt dan Young (1982) Dalam persamaan CIA, CaO Merupakan CaO disebabkan hanya untuk silikat (dasarnya plagioklas). Semua non-silikat CaO harus dikurangi. Untuk batuan beku (tidak termasuk carbonatites) Tahap Ca- paling banyak adalah apatit $[\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3]$. Koreksi untuk mengurangi non-silikat adalah CaO dengan menggunakan rumus :

$$\text{mol CaO}^* = \text{mol CaO} - \text{mol CO}_2 - 10/3 \text{ mol P}_2\text{O}_5$$

Akhir bagian dari laboratorium adalah untuk plot data untuk semua elemen utama ini batuan dan mineral di A-CN-K ruang komposisi tersedia pada diagram terner. Untuk membangun plot itu adalah Diperlukan untuk mencari tahu bagaimana menghitung Komposisi dari tiga aspek segitiga. Seperti di atas, "A" adalah sama dengan puncak CIA. dalam melihat pembilang dan penyebut dari persamaan CIA. Dari pemeriksaan Harus mungkin untuk mengetahui persamaan untuk dua lainnya seperti pada Daftar di bawah ini:

$$A = [\text{Al}_2\text{O}_3 / (\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO}^* + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})] \times 100$$

Menurut Duzgoren-Aydin et al,2002 dalam Madukwe dan Bassey (2015) bahwa berkurangnya unsur Ca, Na, dan K diikuti oleh meningkatnya pelapukan. Untuk mengestimasi kondisi pelapukan, Fedo *et al* (1995) dalam Bahlburg dan Dobrzinski (2009) menyarankan sebaiknya menggabungkan indeks kimia pelapukan dengan indeks plagioklas pelapukan, sedangkan Nesbit dan Young (1982) menyarankan bahwa dengan menggunakan indeks kimia alterasi, Harnois

(1988) menyarankan bahwa hanya indeks kimia pelapukan berhubungan dengan remobilisasi dari unsur K selama proses diagenesis.

Penelitian yang dilakukan Nesbitt dan Young (1982), sepanjang aliran Sungai Zhujiang di China, menyimpulkan bahwa secara keseluruhan arah pelapukan terletak pada Daerah Aliran Sungai. Terlihat bahwa pada garis A-CN sejajar dengan sebaran sampel yang menggambarkan daerah aliran sungai dengan berkurangnya unsur Ca dan meningkatnya unsur Na-dari kumpulan mineral silikat dari sumber batuan. Sedangkan mineral K-mengalami pengurangan yang sejajar dengan garis A-K dan mendekati A.

2.4 Pengaruh iklim pada pelapukan

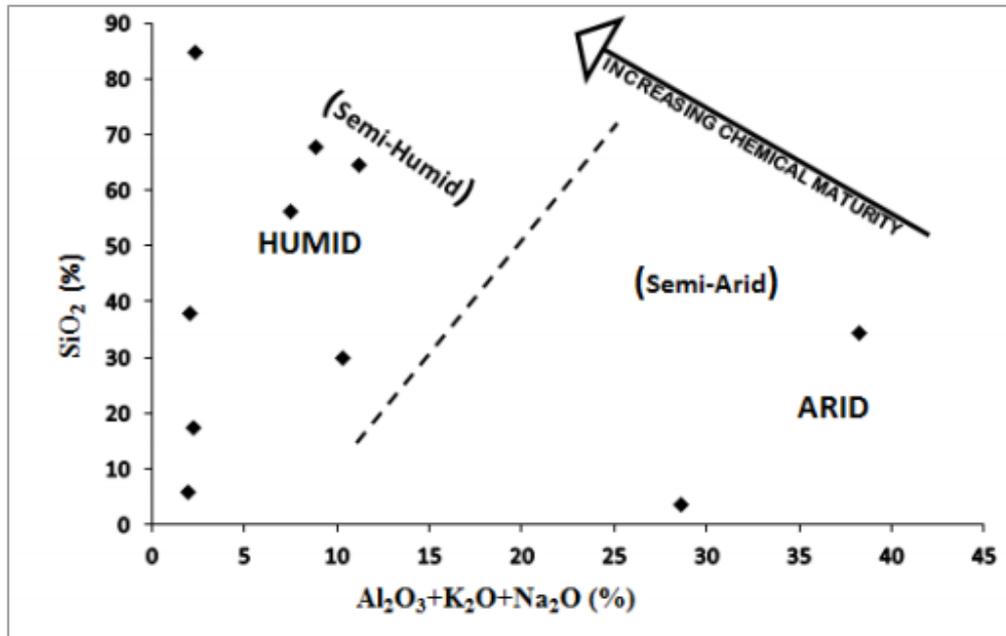
Iklim yang terjadi pada umur geologi masa lampau merubah bentuk permukaan dan membentuk material dan mobilitas unsur hasil pelapukan. Iklim sangat berhubungan dengan pelapukan dan disitulah terbentuknya endapan dengan tipe spesifik, khususnya Al, Fe, Ni, Cu, Au dan Zn. Pada beberapa kasus pelapukan pembentukan laterit misalnya Al, Fe dan Ni, proses perubahan mineralogi dan transfer massa ion terjadi pada soana supergene. Intinya adalah oksidasi dan iklim merubah posisi logam yang berasal dari berbagai sumber batuan (Hitzman *et al*, 2003; Sillitoe, 2005 dalam Herrington, 2007).

Ojo *et al* (2014) melakukan penelitian dengan menggunakan metode xrf hanya beberapa unsur yang dapat digunakan dalam penelitian perubahan pelapukan, yaitu sifat immobile unsur. Unsur-unsur immobile pada *major elements* dan *trace elements*, sebagai berikut : Al, Fe, Ti, Th, Sc, Zr , Th, Cr, Ni dan Co, dan

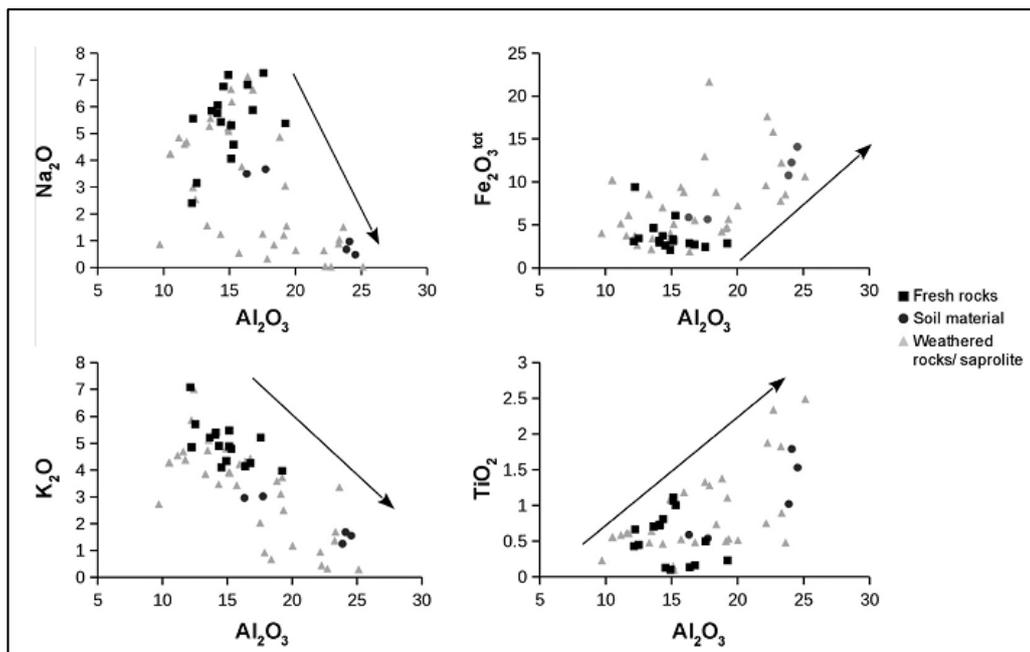
unsur jarang (*rare earth element*) adalah (La, Eu, Yb, Ce). Unsur tersebut dapat dijadikan pedoman dalam menjelaskan paleoklimat suatu sejarah pelapukan .

Iklm dalam pelapukan diartikan sebagai keseluruhan perpindahan material atau perubahan pada periode tertentu, tahun, decade, century atau epoch (Lamb, 1972). Ini menjadi acuan dalam klasifikasi untuk menentukan paleoklimatologi dengan berbagai variabel seperti temperatur, presipitasi dan larutan. Berdasarkan pemahaman ini, maka menurut Lamb (1972) mengelompokkan paleoklimatologi berdasarkan klasifikasi Koppen yang terbagi atas 5 klasifikasi Koppen, yaitu : (1) *Tropic Rain* (2) *Arid* (3) *Temperatur Rain* (4) *Boreal Forest and Snow* dan (5) *Polar Cold*. Klasifikasi (1), (3) dan (4) iklimnya dipengaruhi oleh tumbuhan. Klasifikasi ini dimodifikasi lagi , yaitu : (1) *winter dry season* (2) *summer dry season* (3) *winter and summer*. Untuk *dry* dan *polar climate* terbagi lagi menjadi *designate desert*, *ice* dan *grassland*.

Menurut Roser *et al* (1996) dalam Madukwe dan Bassey (2015), nilai rata-rata perbandingan $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ batuan beku basa terletak pada range ratio $ro \sim 3.0$ sampai ~ 5.0 (batuan beku asam), dan nilai $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ ratio > 5.0 adalah batupasir. Hal ini diindikasikan sebagai proses pematangan dalam pelapukan, seperti dalam grafik paleoklimatologi yang dibuat oleh Suttner & Dutta, (1986) dalam Madukwe dan Bassey (2015).



Gambar 2.4.1 Indikasi proses pelapukan disertai dengan perubahan komposisi kimia fisik dalam kondisi iklim semi-humid/humid (Klasifikasi Koppen dalam Lamb, 1972).



Gambar 2.4.2 Hubungan unsur major Al_2O_3 dalam kondisi anhydrous dan meningkatnya pelapukan (Sheldon dan Tabor, 2009).

Regassan *et al* (2014) menggunakan diagram bivariante untuk menghubungkan Na_2O , K_2O , FeO and TiO_2 dan Al_2O_3 , dengan Asumsi bahwa batuan yang tersingkap di permukaan memiliki korelasi dengan tahapan pelapukan dengan jenis batuan dan menghadirkan perbedaan mobilitas unsur serta porositasnya.

2.5 Batuan Ultramafik

Batuan ultramafik adalah batuan beku yang kandungan silikanya rendah (< 45%), kandungan MgO > 18 %, tinggi akan kandungan FeO , rendah akan kandungan kalium dan umumnya kandungan mineral mafiknya lebih dari 90 %. Batuan ultramafik umumnya terdapat sebagai opiolit. Ciri fisik batuan ultramafik pada umumnya yaitu, berukuran butir halus, berwarna gelap, mengandung sedikitnya 10 persen olivin, dan mineral yang kaya akan magnesium, dan tidak lebih dari 10 persen feldspar. Kelompok batuan ultramafik tidak umum tersingkap dipermukaan dan sangat tidak stabil. Umumnya batuan ultramafik yang tersingkap telah berubah menjadi serpentinit, dimana mineral piroksin dan olivin berubah menjadi mineral serpentin dan amfibol, akibat dari proses perubahan hidrasi diikuti dengan perubahan volume yang mengakibatkan terjadinya perubahan deformasi dari tekstur awalnya.

Kelompok batuan ultramafik yang paling sering dijumpai, terdiri dari :

1. Dunit terdiri dari olivin, dengan sedikit kandungan mineral piroksin dan chromit, dan memiliki tekstur hipidiomorfik granular.
2. Limburgitter terdiri dari mineral olivin, diopsid, serta sedikit chromit dan garnet, dan memiliki tekstur holohialin.

3. Piroksinit terdiri dari mineral piroksin, olivin, hornblende, dan dengan sejumlah kecil kandungan garnet.

Penentuan umur batuan ultramafik pada daerah Barru dapat dibandingkan dengan hasil peneliti terdahulu (Sukamto, dan Supriatna, 1982) yaitu berumur miosen. Kenampakan batuan ini dalam keadaan segar menampilkan warna hijau tua sampai kehitaman, struktur masif, komposisi mineral olivin, piroksin, kromit, dan hornblende. Sebagian besar terbreksikan melalui sesar naik ke arah barat daya. Pada bagian lain memiliki struktur berlapis dan beberapa tempat mengandung mineral kromit. Satuan ini tebalnya tidak kurang dari 2500 meter, dan mempunyai sentuhan sesar dengan batuan disekitarnya.