

SKRIPSI

**GEOKIMIA PELAPUKAN BATUAN *HARZBURGITE*
DAERAH BOEDINGI KECAMATAN LASOLO KEPULAUAN
KABUPATEN KONAWE UTARA PROVINSI SULAWESI TENGGARA**

Disusun dan diajukan oleh:

**WIRAHADI RAHMAT
D61116510**



**PROGRAM STUDI TEKNIK GEOLOGI
DEPARTEMEN TEKNIK GEOLOGI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**MAKASSAR
2022**

**GEOKIMIA PELAPUKAN BATUAN *HARZBURGITE*
DAERAH BOEDINGI, KECAMATAN LASOLO KEPULAUAN,
KABUPATEN KONAWE UTARA, PROVINSI SULAWESI TENGGARA**

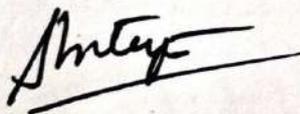
Disusun dan diajukan oleh:

**WIRAHADI RAHMAT
D61116510**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 24 November 2022 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

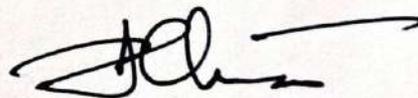
Mengetahui,

Pembimbing Utama,



Dr. Adi Tonggiroh, S.T., M.T.
NIP. 19650928 200003 1 002

Pembimbing Pendamping,



Ilham Alimuddin, S.T., M.GIS., PhD.
NIP. 19690825 199903 1 001

Ketua Program Studi,



Dr. Eng. Hendra Pachi, S.T., M.Eng.
NIP. 19771214 200501 1 002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;

Nama : Wirahadi Rahmat
NIM : D61116510
Departemen : Teknik Geologi
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulis saya yang berjudul

**GEOKIMIA PELAPUKAN BATUAN *HARZBURGITE*
DAERAH BOEDINGI, KECAMATAN LASOLO KEPULAUAN,
KABUPATEN KONAWE UTARA, PROVINSI SULAWESI TENGGARA**

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

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

Makassar, 24 November 2022
Yang Menyatakan



Wirahadi Rahmat

KATA PENGANTAR



Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Puji syukur penulis ucapkan atas kehadiran Allah SWT atas berkah dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir (skripsi) yang berjudul **“Geokimia Pelapukan Batuan Harzburgite Daerah Boedingi, Kecamatan Lasolo Kepulauan, Kabupaten Konawe Utara, Provinsi Sulawesi Tenggara”**.

Pada kesempatan ini, penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah membimbing, mengarahkan, dan membantu dalam pelaksanaan kegiatan tugas akhir (skripsi). Diantaranya:

1. Bapak Dr. Adi Tonggiroh, S.T., M.T. sebagai Dosen Pembimbing Utama sekaligus penasehat akademik yang telah sabar dalam memberikan arahan dan masukan baik dalam proses pengambilan dan pengolahan data, serta penulisan laporan.
2. Bapak Ilham Alimuddin, S.T., M.GIS., Ph.D. sebagai Dosen Pembimbing Pendamping yang telah sabar dalam memberikan arahan dan masukan baik dalam proses pengambilan dan pengolahan data, serta penulisan laporan.
3. Ibu Dr. Haerany Sirajuddin, M.T. dan Bapak Dr. Sultan, S.T., M.T. sebagai Dosen Penguji yang telah memberikan arahan dan saran untuk kebaikan isi dan penulisan laporan.

4. Bapak Dr.Eng. Hendra Pachri, S.T., M.Eng. sebagai Ketua Program Studi Departemen Teknik Geologi Universitas Hasanuddin.
5. Bapak dan Ibu Dosen Departemen Teknik Geologi yang telah memberikan ilmunya selama saya menempuh pendidikan perkuliahan.
6. Bapak dan ibu staf Departemen Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah banyak membantu.
7. Seluruh rekan-rekan mahasiswa Teknik Geologi Universitas Hasanuddin (HMG FT-UH) (Jurassic 2016) yang telah banyak memberikan dukungan kepada penulis.
8. Kepala Teknik Tambang dan Karyawan PT Daka Group site Boedingi yang telah memberikan fasilitas dan bantuan selama berada di lokasi penelitian.
9. Khusus untuk saudara Jurassic 2016, Amin yang telah menemani kerja praktik di PT Daka Group site Boedingi.
10. Kepada almh. Ummiku tersayang, cinta pertamaku, semangatku yang senantiasa mendoakan, tulus, bangga dan percaya bahwa anaknya yang bungsu ini adalah orang yang hebat.
11. Kepada Ayah, Keluarga, dan Ibu Sambungku yang senantiasa mengiringi doa kepada penulis agar dapat menjadi orang yang membanggakan bagi keluarga.

Penulis menyadari bahwa laporan penelitian ini masih memiliki banyak kekurangan, oleh karenanya saran dan masukan sangat diharapkan oleh penulis demi perbaikan laporan ini. Akhir kata, semoga laporan hasil kegiatan penelitian ini dapat memberikan manfaat baik dalam penambahan wawasan dan dapat

dijadikan referensi pembaca dalam kegiatan penelitian selanjutnya serta tentunya
berkah dan bernilai ibadah di sisi Allah SWT.

Wassalamualaikum warahmatullahi wabarakatuh

Gowa, 24 November 2022

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iiiv
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	iv
DAFTAR TABEL.....	vii
SARI	ix
ABSTRACT	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	1
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	2
1.6 Alat dan Bahan	3
1.7 Letak, Waktu, dan Lokasi Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Geologi Regional.....	6
2.1.1 Geomorfologi Regional	6
2.1.2 Stratigrafi Regional.....	7
2.1.3 Struktur Regional.....	9
2.2 Klasifikasi Batuan Ultramafik.....	10
2.3 Geokimia Batuan Ultramafik	12
2.4 Pelapukan Kimia	13
2.5 Jenis-Jenis Pelapukan Kimia	15
2.6 Indeks Pelapukan Kimia.....	18
BAB III METODE PENELITIAN	20
3.1 Analisis Laboratorium.....	21
3.2 Petrografi	21
3.3 X-Ray Fluorescence (XRF).....	24
3.4 Pengolahan Data.....	26
3.5 Petrografi	26

3.6 Geokimia	27
3.7 Interpretasi Data	27
3.8 Penyusunan Skripsi	27
BAB IV PEMBAHASAN.....	29
4.1 Topografi	29
4.1.1 Perbukitan.....	29
4.2 Petrografi	30
4.2.1 Sampel WR DK 01	30
4.2.2 Sampel WR DK 02.....	32
4.2.3 Sampel WR DK 03	34
4.2.4 Sampel WR DK 04.....	36
4.3 Hasil X-Ray Fluorescence (XRF)	38
4.4 Pelapukan	43
BAB V PENUTUP.....	46
5.1 Kesimpulan.....	46
5.2 Saran.....	47
DAFTAR PUSTAKA	48
LAMPIRAN	
- Deskripsi Petrografi	
- Hasil Uji XRF (<i>X-Ray Fluorescence</i>)	
- Peta Stasiun Pengambilan Data Lapangan	
- Peta Citra dan Stasiun Pengambilan Data Lapangan	
- Peta Geologi Lokal	
- Peta Geologi Regional	

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. 1	Peta lokasi penelitian. 4
2. 1	Geologi regional daerah penelitian berdasarkan peta geologi lembar Lasusua-Kendari, Sulawesi (Rusmana dkk, 1993). 6
2. 2	Korelasi satuan batuan berdasarkan peta geologi lembar Lasusua-Kendari, Sulawesi (Rusmana dkk, 1993). 9
2. 3	Klasifikasi batuan ultramafik berdasarkan komposisi mineral olivin, ortopiroksen, dan klinopiroksen (Streckeisen, 1976). 11
3. 1	Diagram alir penelitian 28
4. 1	Kenampakan bentuk lahan perbukitan pada daerah penelitian. 29
4. 2	Singkapan Peridotit Terserpentinisasi pada stasiun WR DK 01 dengan arah foto N 258 ° E. 30
4. 3	Kenampakan petrografis Harzburgite pada sayatan sampel stasiun WR DK 01 yang memperlihatkan kandungan mineral berupa ortopiroksen (35 %), olivin (45 %), serpentin (16 %), dan mineral opaq (4 %). 31
4. 4	Singkapan Peridotit Terserpentinisasi pada stasiun WR DK 02 dengan arah foto N 258 ° E 32
4. 5	Kenampakan petrografis Harzburgite pada sayatan sampel stasiun WR DK 02 yang memperlihatkan kandungan mineral berupa ortopiroksen (30 %), olivin (60 %), serpentin (17 %), dan mineral opaq (3 %) 33
4. 6	Singkapan Peridotit Terserpentinisasi pada stasiun WR DK 03 dengan arah foto N 258 ° E 34
4. 7	Kenampakan petrografis Harzburgite pada sayatan sampel stasiun WR DK 03 yang memperlihatkan kandungan mineral berupa ortopiroksen (32 %), olivin (48 %), serpentin (16 %), dan mineral opaq (4 %). 35
4. 8	Singkapan Peridotit Terserpentinisasi pada stasiun WR DK 04 dengan arah foto N 258 ° E 36
4. 9	Kenampakan petrografis Harzburgite pada sayatan sampel stasiun WR DK 04 yang memperlihatkan kandungan mineral berupa ortopiroksen (28 %), olivin (52 %), serpentin (13 %), dan mineral opaq (7 %). 37
4. 10	Grafik Perbandingan Senyawa SiO ₂ Tiap Stasiun..... 39
4. 11	Grafik Perbandingan Senyawa MgO Tiap Stasiun..... 39
4. 12	Grafik Perbandingan Senyawa Fe ₂ O ₃ Tiap Stasiun 40

4. 13	Grafik Perbandingan Senyawa CaO Tiap Stasiun.....	40
4. 14	Grafik Perbandingan Senyawa Al ₂ O ₃ Tiap Stasiun.....	41
4. 15	Grafik Perbandingan Senyawa MnO Tiap Stasiun.....	41
4. 16	Grafik Perbandingan Senyawa Cr ₂ O ₃ Tiap Stasiun.....	42
4. 17	Grafik Perbandingan Senyawa TiO ₂ Tiap Stasiun	42
4. 18	Grafik Perbandingan Unsur Ni Tiap Stasiun.....	43
4. 19	Grafik Perbandingan Nilai CIW (Chemical Index Weathering) Tiap Stasiun	44

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
4.1 Hasil Uji Unsur Oksida Mayor X-Ray Fluorescence (XRF) (Lampiran).....	38
4.2 Nilai proporsi molekul tiap sampel batuan.....	43
4.3 Hasil perhitungan nilai CIW tiap sampel batuan.....	44

SARI

Secara administratif daerah penelitian terletak di daerah Boedingi Kecamatan Lasolo Kepulauan Kabupaten Konawe Utara Provinsi Sulawesi Tenggara. Secara astronomis terletak pada koordinat $3^{\circ} 27' 5.00''$ LS - $3^{\circ} 27' 15.00''$ LS (Lintang Selatan) dan $122^{\circ} 22' 50.00''$ BT - $122^{\circ} 23' 0.00''$ BT (Bujur Timur). Maksud dari penelitian adalah memahami geokimia pelapukan batuan ultramafik pada lokasi penelitian. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui jenis batuan ultramafik dan komposisi kimianya, serta indeks pelapukan batuan pada lokasi penelitian.

Metode yang digunakan yaitu metode lapangan dan analisis laboratorium. Pada penelitian ini digunakan analisis petrografis untuk mengetahui komposisi mineral dan nama batuan ultramafik berdasarkan klasifikasi Streckeissen (1976). Analisis geokimia menggunakan metode XRF (X-Ray Fluorescence) untuk mengetahui unsur oksida utama pada batuan. Kemudian perhitungan persentase tingkat pelapukan dengan metode CIW (Chemical Index Weathering) (Harnois, 1988).

Berdasarkan 4 sampel batuan ultramafik yang diambil pada lokasi penelitian, secara petrografis nama batuan tersebut adalah *Harzburgite* (Streckeissen, 1976). Persentase komposisi kimia unsur oksida utama pada sampel batuan ultramafik tersebut adalah MgO 30,9 % - 35,98 %, AlO_2 <0,01 % - 0,42 %, SiO_2 37,73 % - 41,19 %, CaO 0,11 % - 5,32 %, Cr_2O_3 0,1 % - 0,17 %, MnO 0,12 % - 0,2 %, Fe_2O_3 9,44 % - 13,05 %, K_2O <0,01 %, Na_2O <0,01 % - 0,06 %, TiO_2 0,03 % - 0,14 %, dan P_2O_5 <0,01 %. Nilai *Chemical Index Weathering* (CIW) sampel batuan tersebut memiliki nilai persentase yang berbeda-beda yaitu WR DK 01 7,3 %, WR DK 02 2,84 %, WR DK 03 5,67 %, dan WR DK 04 7,69 %. Sampel batuan tersebut memiliki nilai CIW yang kurang dari 50%. Sehingga batuan tersebut dapat dikategorikan masih dalam keadaan segar (Jason dkk, 2003).

Kata kunci: Boedingi, ultramafik, petrografi, XRF (X-Ray Fluorescence), geokimia, pelapukan, *Chemical Index Weathering* (CIW).

ABSTRACT

Administratively, the research area is located in the Boedingi area, Lasolo Islands District, North Konawe Regency, Southeast Sulawesi Province. Astronomically it is located at the coordinates of 3° 27' 5.00" South Latitude - 3 27' 15.00" South Latitude and 122° 22' 50.00" East Longitude - 122° 23' 0.00" East Longitude. The purpose of this research is to understand the geochemistry of weathering of ultramafic rocks at the research site. The purpose of this study was to determine the type of ultramafic rock and its chemical composition, as well as the weathering index of the rock at the research site.

The method used is the field method and laboratory analysis. In this study, petrographic analysis was used to determine the mineral composition and names of ultramafic rocks based on the Streckeissen (1976) classification. Geochemical analysis using XRF (X-Ray Fluorescence) method to determine the main oxide elements in rocks. Then the calculation of the percentage rate of weathering using the CIW (Chemical Index Weathering) method (Harnois, 1988).

Based on 4 samples of ultramafic rocks taken at the research site, petrographically the name of the rock is Harzburgite (Streckeissen, 1976). The percentage of the chemical composition of the main oxide elements in the ultramafic rock samples are MgO 30.9 % - 35.98 %, Al₂O₃ <0.01% - 0.42 %, SiO₂ 37.73 % - 41.19%, CaO 0.11 % - 5.32 %, Cr₂O₃ 0.1 % - 0.17 %, MnO 0.12 % - 0.2 %, Fe₂O₃ 9.44 % - 13.05 %, K₂O <0.01 %, Na₂O <0.01 % - 0.06 %, TiO₂ 0.03 % - 0.14 %, and P₂O₅ <0.01 %. The Chemical Index Weathering (CIW) values of these rock samples have different percentage values, namely WR DK 01 7.3%, WR DK 02 2.84 %, WR DK 03 5.67 %, and WR DK 04 7.69 %. The rock sample has a CIW value of less than 50%. So that the rock can be categorized as still in a fresh state (Jason et al, 2003).

Keywords: *Boedingi, ultramafic, petrography, XRF (X-Ray Fluorescence), geochemistry, weathering, Chemical Index Weathering (CIW).*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan daerah tropis dengan pelapukan batuan berlangsung intensif. Pelapukan menghasilkan tanah residual yang mencapai 53% luas daratan. Keberadaan tanah residual menimbulkan permasalahan geologi teknik, umumnya berkaitan dengan kekuatan dan daya dukung tanahnya (Wibowo, 2011).

Secara geografis daerah penelitian terletak pada koordinat $122^{\circ} 22' 50.00''$ BT - $122^{\circ} 23' 0.00''$ BT dan $3^{\circ} 27' 5.00''$ LS - $3^{\circ} 27' 15.00''$ LS. Berdasarkan Rusmana dkk (1993) lokasi penelitian termasuk pada formasi batuan ofiolit (Ku) terdiri atas peridotit, dunit dan serpentinit. Batuan tersebut merupakan batuan ultrabasa yang mempunyai mineral-mineral yang paling mudah lapuk atau tidak stabil, seperti olivin dan piroksin - mempunyai komponen-komponen yang mudah larut (Isjudarto, 2013).

Berdasarkan pertimbangan di atas, maka dilakukan penelitian geokimia pelapukan batuan ultramafik pada daerah Boedingi kecamatan Lasolo Kepulauan kabupaten Konawe Utara provinsi Sulawesi Tenggara, untuk mengetahui tingkat pelapukan batuan dasar pada lokasi penelitian.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang disusun yakni: Bagaimana petrografi dan komposisi kimia batuan ultramafik pada daerah penelitian serta bagaimana indeks pelapukan pada batuan tersebut?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini difokuskan pada batuan ultramafik dan komposisi kimianya, serta indeks pelapukan pada batuan tersebut.

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

- 1) Mengetahui batuan ultramafik penyusun lokasi penelitian.
- 2) Mengetahui komposisi kimia batuan ultramafik.
- 3) Mengetahui indeks pelapukan pada batuan ultramafik.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini terbagi berdasarkan penggunaannya adalah sebagai berikut:

- 1) Bidang Ilmu Pengetahuan

Menambah pustaka atau penelitian mengenai batuan ultramafik serta indeks pelapukan pada batuan ultramafik pada daerah penelitian.

- 2) Institusi

Menambah koleksi pustaka pada Universitas Hasanuddin khususnya pada Departemen Teknik Geologi yang dapat digunakan sebagai referensi bagi peneliti selanjutnya.

- 3) Perusahaan

Memberikan informasi terkait dengan keadaan geologi pada daerah penelitian, diharapkan penelitian ini dapat membantu mengembangkan perusahaan kedepannya.

1.6 Alat dan Bahan

Dalam melakukan penelitian dibutuhkan beberapa alat dan bahan, sebagai berikut: Alat dan bahan yang digunakan selama penelitian ini terbagi dalam dua kategori yakni alat dan bahan yang digunakan pada saat lapangan dan alat dan bahan yang digunakan pada saat analisis laboratorium. Alat dan bahan yang digunakan saat di lapangan, yaitu:

- Palu geologi
- Kompas geologi
- GPS Garmin 64s
- Lup dengan pembesaran 10x
- Kantong sampel
- Peta lokasi penelitian
- Buku catatan lapangan
- Alat tulis
- Kamera digital

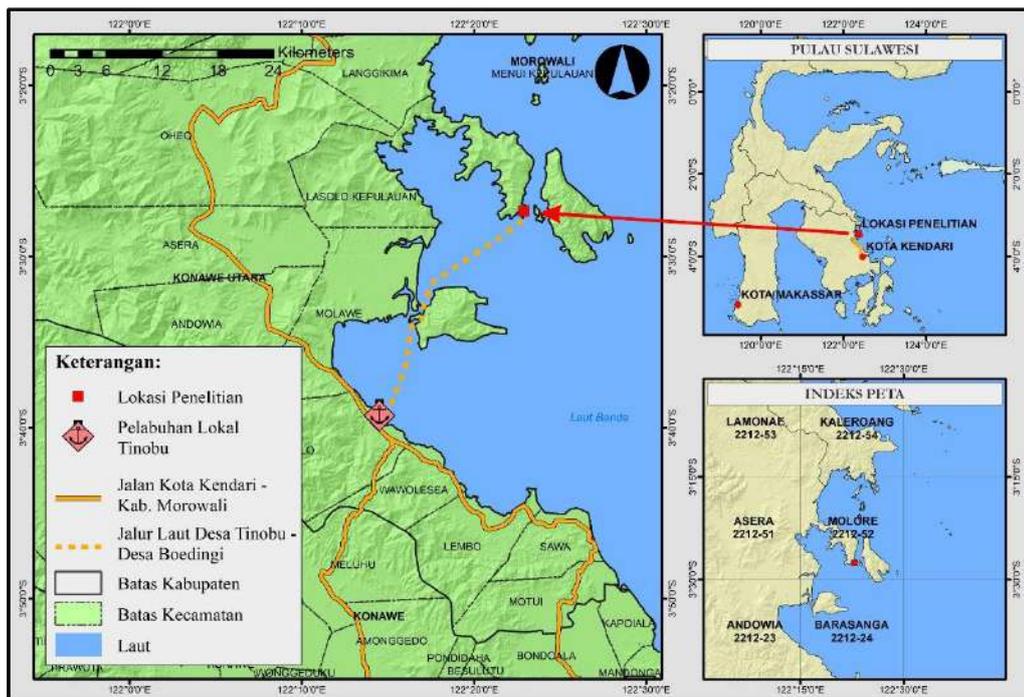
Sedangkan alat dan bahan yang digunakan selama analisis laboratorium, yaitu:

- Laptop
- Sayatan tipis batuan
- Mikroskop polarisasi untuk analisis petrografi.
- Sampel batuan yang telah dihaluskan dengan ukuran kurang dari 200 mesh atau 0,003 mm
- Alat *X-Ray Fluorescence Spectrometer*

- Alat tulis menulis
- Literatur

1.7 Letak, Waktu, dan Lokasi Penelitian

Secara administratif daerah penelitian termasuk dalam wilayah Daerah Boedingi Kecamatan Lasolo Kepulauan Kabupaten Konawe Utara Provinsi Sulawesi Tenggara dan termasuk dalam Wilayah Izin Usaha Pertambangan (WIUP) PT Daka Group. Secara geografis terletak pada koordinat 122° 22' 50.00" BT - 122° 23' 0.00" BT dan 3° 27' 5.00" LS - 3° 27' 15.00" LS. Daerah penelitian termasuk dalam Lembar Molore, nomor 2212-52 terbitan Badan Koordinasi Survey dan Pemetaan Nasional (BAKOSURTANAL) edisi I tahun 1992 Cibinong, Bogor yang dapat dilihat pada Gambar 1.1.



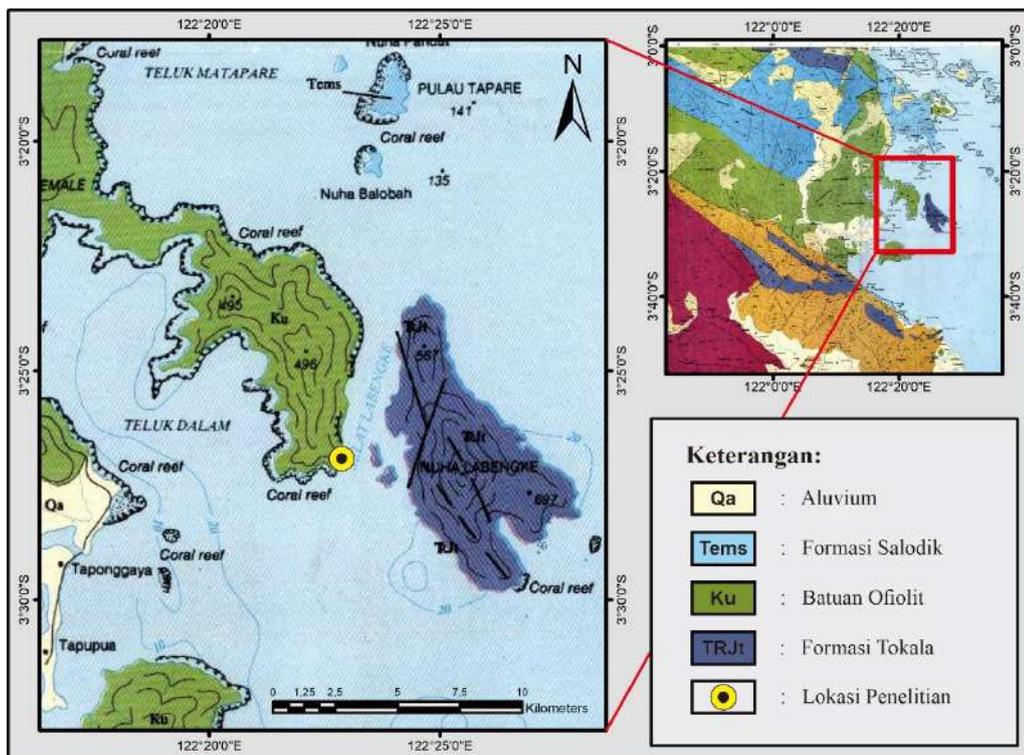
Gambar 1. 1 Peta lokasi penelitian.

Daerah penelitian berjarak kurang lebih 442 km dari Kota Makassar yang ditempuh melalui jalur udara, darat, dan laut dengan waktu total ± 6 jam 50 menit. Jalur udara ditempuh dengan waktu ± 50 menit menggunakan pesawat dari Bandar Udara Sultan Hasanuddin, Kabupaten Maros menuju Bandar Udara Halu Oleo, Kabupaten Konawe Selatan. Kemudian dilanjutkan dengan jalur darat menggunakan mobil menuju Pelabuhan Lokal Tinobu, Kabupaten Konawe Utara selama ± 3 jam. Setelah itu melalui jalur laut menuju Daerah Boedingi, Kabupaten Konawe Utara menggunakan kapal kecil perusahaan PT Daka Group dengan waktu tempuh ± 3 jam.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Geologi Regional

Geologi regional di sekitar daerah penelitian (Kecamatan Lasolo Kepulauan) meliputi geomorfologi, stratigrafi, dan struktur geologi.



Gambar 2.1 Geologi regional daerah penelitian berdasarkan peta geologi lembar Lasusua-Kendari, Sulawesi (Rusmana dkk, 1993).

2.1.1 Geomorfologi Regional

Setidaknya ada lima satuan morfologi yang dapat dibedakan dari citra IFSAR di bagian tengah dan ujung selatan Lengan Tenggara Sulawesi, yakni satuan pegunungan perbukitan tinggi, perbukitan rendah, dataran rendah dan karst (Apriajum dkk, 2016). Uraian dibawah ini merupakan perian secara singkat dari kelima satuan morfologi tersebut. Satuan morfologi pebukitan tinggi menempati

bagian selatan Lengan Tenggara, terutama di selatan Kendari. Satuan ini terdiri atas bukit bukit yang mencapai ketinggian 500 mdpl dengan morfologi kasar. Batuan penyusun morfologi ini berupa batuan sedimen klastika Mesozoikum dan Tersier. Satuan morfologi pebukitan rendah melampar luas di utara Kendari dan ujung selatan Lengan Tenggara. Satuan ini terdiri atas bukit kecil dan rendah dengan morfologi yang bergelombang. Batuan penyusun satuan ini terutama batuan sedimen klastika Mesozoikum dan Tersier (Apriajum dkk, 2016).

2.1.2 Stratigrafi Regional

Formasi batuan di sekitar daerah penelitian (Kecamatan Lasolo Kepulauan) (Gambar 2.1) secara regional dari yang paling muda berdasarkan peta geologi lembar Lasusua-Kendari, Sulawesi (Rusmana dkk, 1993) meliputi:

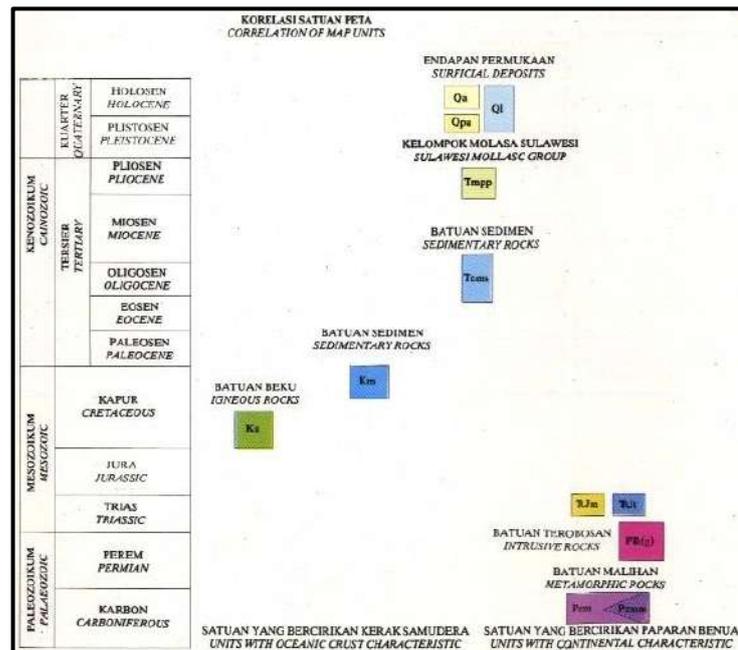
Aluvium (Qa) terdiri atas kerikil, kerakal, pasir lempung dan lumpur. Satuan ini merupakan hasil dari endapan sungai, rawa dan endapan pantai. Umur satuan ini adalah holosen.

Formasi Salodik (Tems) terdiri atas kalsilitit dan batugamping oolit. Kalsilitit, berwarna putih kelabu sampai kelabu, berbutir halus, padat, perlapisan baik, dengan tebal tiap lapisan antara 10 dan 30 cm. Berdasarkan kandungan fosil, Formasi Salodik diduga berumur Eosen Akhir - Miosen Awal dengan lingkungan pengendapan pada laut dangkal dan terbuka. Tebal formasi ini diperkirakan sekitar 250 meter.

Batuan Ofiolit (Ku) terdiri atas peridotit, dunit dan serpentinit. Serpentinit berwarna kelabu tua sampai kehitaman; padu dan pejal. Batuannya bertekstur afanitik dengan susunan mineral antigorit, lempung dan magnetit. Umumnya

memperlihatkan struktur kekar dan cermin sesar yang berukuran megaskopis. Dunit, kehitaman; padu dan pejal, bertekstur afanitik. Mineral penyusunnya ialah olivin, piroksin, plagioklas, sedikit serpentin dan magnetit; berbutir halus sampai sedang. Mineral utama olivin berjumlah sekitar 90%. Tampak adanya penyimpangan dan pelengkungan kembaran yang dijumpai pada piroksin, mencirikan adanya gejala deformasi yang dialami oleh batuan ini. Di beberapa tempat dunit terserpentinkan kuat yang ditunjukkan oleh struktur sisa seperti rijang dan barik-barik mineral olivin dan piroksin, serpentin dan talkum sebagai mineral pengganti. Peridotit terdiri atas jenis harzburgit dan lherzolit. Harzburgit, hijau sampai kehitaman, holokristalin, padu dan pejal. Mineralnya halus sampai kasar, terdiri atas olivin (60%) dan piroksin (40%). Di beberapa tempat menunjukkan struktur perdaunan. Hasil penghabluran ulang pada mineral piroksin dan olivin mencirikan batas masing-masing kristal bergerigi. Lherzolite, hijau kehitaman; holokristalin, padu dan pejal. Mineral penyusunnya ialah olivin (45%), piroksin (25%), dan sisanya epidot, klorit, dan bijih dengan mineral berukuran halus sampai kasar. Satuan batuan ini diperkirakan berumur Kapur.

Formasi Tokala (TRJt) terdiri atas kalsilutit, batugamping, batupasir, serpih dan napal. Formasi ini diperkirakan berumur Trias - Jura Awal dengan lingkungan pengendapan pada laut dangkal (neritik). Tebal formasi ini diperkirakan lebih dari 1000 meter (Rusmana dkk, 1993).



Gambar 2. 2 Korelasi satuan batuan berdasarkan peta geologi lembar Lasusua-Kendari, Sulawesi (Rusmana dkk, 1993).

2.1.3 Struktur Regional

Struktur sesar, lipatan, dan kekar adalah struktur struktur yang dijumpai di Lembar Kendari ini. Sesar Lasolo adalah salah satu sesar utama di lembar ini mempunyai arah barat laut – tenggara. Sesar Lasolo merupakan sesar geser yang membagi daerah Lembar Kendari menjadi dua jalur, yaitu: Jalur Tinondo yang menempati bagian barat daya lembar, dan jalur Hialu yang menempati bagian timur daerah lembar ini. Lajur Tinondo merupakan himpunan batuan yang bercirikan asal paparan benua, sedangkan Lajur Hialu merupakan himpunan batuan yang bercirikan asal kerak samudera (Rusmana dan Sukarna, 1985 dalam Nainggolan, 2006). Batuan yang terdapat di Lajur Tinondo adalah Batuan Malihan Paleozoikum dan diduga berumur Karbon. Batuan yang terdapat pada lajur Hialu adalah batuan ofiolit yang terdiri atas batuan peridotit, harsburgit, dunit dan serpentinit Batuan sedimen jenis molasa berumur Miosen Akhir - Pliosen Awal, terdiri atas

konglomerat aneka bahan dan batupasir bersisipan lanau. Batuan termuda pada lembar ini ialah Aluvium yang terdiri atas endapan sungai, rawa, dan pantai berupa kerikil kerakal, pasir, lempung, dan lumpur (Nainggolan, 2006).

2.2 Klasifikasi Batuan Ultramafik

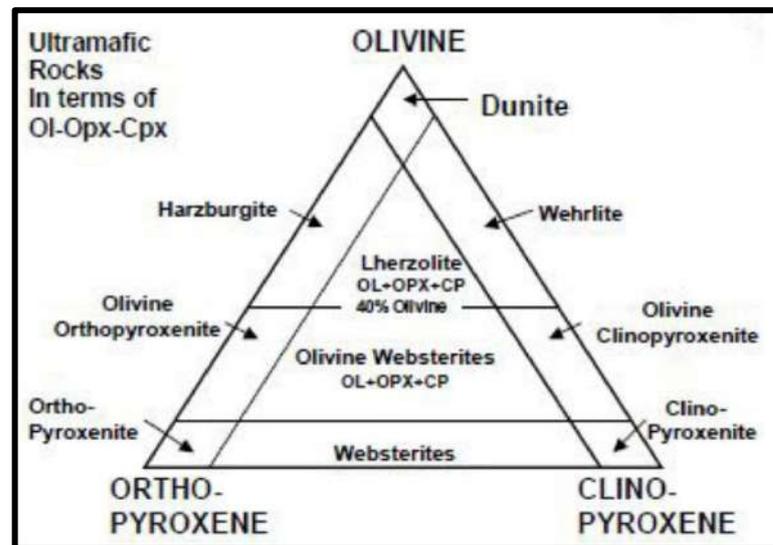
Berdasarkan komposisi kimianya, batuan ultrabasa terdiri atas beberapa batuan, yaitu: batuan peridotit, batuan dunit, batuan lherzolit, batuan harzburgit dan batuan serpentinit. Perbedaan jenis batuan tersebut dibedakan atas persentase komposisi mineral olivin, ortopiroksen dan klinopiroksen (Adi Tonggiroh, 2019). Klasifikasi batuan ultramafik berdasarkan kandungan mineral olivin, piroksen dan hornblend sebagai berikut:

1) Dunit

Menurut Howel Williams dkk (1954) dalam Adi Tonggiroh, 2019, bahwa dunit merupakan batuan yang hampir murni olivin (90 - 100 %). Sedangkan Waheed Ahmad (2008) dalam Adi Tonggiroh, 2019, menyatakan bahwa dunit memiliki komposisi mineral hampir seluruhnya adalah monomineralik olivin (umumnya magnesia olivin), mineral asesorisnya meliputi: kromit, magnetit, ilmenit, dan spinel. Pembentukan dunit berlangsung pada kondisi padat atau hampir padat (pada temperatur yang tinggi) dalam larutan magma, dan sebelum mendingin pada temperatur tersebut, batuan tersebut siap bersatu membentuk massa olivin anedral yang saling mengikat (Williams dkk, 1954 dalam Adi Tonggiroh, 2019). Terbentuknya batuan yang terdiri dari olivin murni (dunit) misalnya, membuktikan bahwa larutan magma (liquid) berkomposisi olivin memisah dari larutan yang lain (B. M. Wilson, 1989 dalam Adi Tonggiroh, 2019).

2) Peridotit

Peridotit biasanya membentuk suatu kelompok batuan ultrabasa yang disebut ofiolit, umumnya membentuk tekstur kumulus yang terdiri atas harzburgit, lherzolit, wehrlit, dan dunit. Peridotit tersusun atas mineral - mineral bertekstur holokristalin dengan ukuran medium - kasar dan berbentuk anhedral. Komposisinya terdiri dari mineral olivin dan mineral piroksin. Mineral sekundernya (asesoris) terdiri dari: plagioklas, hornblende, biotit, dan garnet (Williams dkk, 1954 dalam Adi Tonggiroh, 2019).



Gambar 2.3 Klasifikasi batuan ultramafik berdasarkan komposisi mineral olivin, ortopiroksen, dan klinopiroksen (Streckeisen, 1976).

Salah satu batuan peridotit yang dikelompokkan berdasarkan mineral mafik, yaitu piroksen peridotit. Berdasarkan dari tipe piroksen, maka piroksen peridotit dapat diklasifikasikan menjadi 3 yaitu:

- Wehrlit: Tersusun oleh olivin dan klinopiroksen;
- Lherzolit: Tersusun oleh olivin, orthopiroksen, dan klinopiroksen; dan
- Harzburgit: Tersusun oleh olivin dan orthopiroksen.

3) Piroksenit

Piroksenit yang termasuk monomineral seluruhnya mengandung mineral piroksen. batuan batuan piroksenit selanjutnya diklasifikasikan ke dalam orthorombik piroksen atau monoklin piroksen:

- a) Orthopiroksenit (orthorombik): bronzitit
- b) Klinopiroksenit (monoklin): diopsidit, diallagit (Adi Tonggiroh, 2019).

4) Hornblendit

Hornblendit adalah monomineral yang seluruhnya mengandung mineral hornblend (Adi Tonggiroh, 2019).

5) Serpentin

Kelompok mineral serpentin memiliki senyawa $Mg_5Si_2O_5(OH)_4$, dijumpai melimpah pada batuan peridotit yang mengalami kestabilan temperatur dan tekanan (metaperidotit) (Chernosky dkk; David S. O'Hanley dkk; George V. Albino, 1995 dalam Adi Tonggiroh, 2019). Serpentin merupakan batuan hasil alterasi hidrotermal dari batuan ultrabasa, dimana mineral - mineral olivin dan piroksin jika teralterasi akan membentuk grup mineral serpentin >50% (Williams dkk, 1954 dalam Adi Tonggiroh, 2019).

2.3 Geokimia Batuan Ultramafik

Batuan ultramafik atau juga dikenal sebagai batuan ultrabasa merupakan batuan yang kaya mineral basa (mineral ferromagnesian) dengan komposisi utama batuannya adalah mineral olivin ($(Mg, Fe)_2SiO_2$), piroksen (Ca-Mg-Fe silikat), hornblend ($(Ca, Na)_{2-3}(Mg, Fe, Al)_5Si_6(Si, Al)_2O_{22}(OH)_2$), mika, dan biotit $K(Mg, Fe)_3(Al, Si_2O_{10})(OH)$, sehingga batuan ultrabasa memiliki indeks warna >70% gelap

dan sebagian besar berasal dari plutonik. Komposisi kimia penyusun batuan ultrabasa adalah sebagai berikut: SiO₂ (38 % sampai 45 %), MgO (30 % sampai 45 %), *Fe₂O₂ dan *FeO (7% sampai 10%), Al₂O₃, (0,3 % sampai 5,0 %), Cr₂O (0,2 % sampai 1,0 %), NiO (0,2 % sampai 0,3 %), CaO (0,01 % sampai 0,02 %), MnO (0,10 % sampai 0,30 %), NaO 0,00 % sampai 1,00 %), H₂O (10 % sampai 14 %). *total Fe diekspresikan dalam Fe₂O₃ dan FeO (Burger, 1996 dalam Adi Tonggiroh, 2019).

2.4 Pelapukan Kimia

Mineral mungkin larut secara menyeluruh dan membentuk mineral baru. Inilah sebabnya dalam studi soil atau batuan klastika mempunyai komposisi yang dapat sangat berbeda dengan batuanannya. Komposisi soil tidak hanya tergantung batuan induk (nya), tetapi juga dipengaruhi oleh alam, intensitas dan lama (lama waktu) pelapukan dan proses jenis pembentukan soil itu sendiri (Boggs, 1995).

Menurut Dewi (2007), pelapukan kimiawi dikenal juga sebagai proses dekomposisi atau proses peluruhan adalah terurai/pecahnya batuan melalui mekanisme kimiawi, seperti karbonisasi, hidrasi, hidrolisis, oksidasi dan pertukaran ion-ion dalam larutan. Pelapukan kimiawi merubah komposisi mineral mineral dalam batuan menjadi mineral permukaan seperti mineral lempung. Mineral-mineral yang tidak stabil yang terdapat dalam batuan akan dengan mudah mengalami pelapukan apabila berada dipermukaan bumi, seperti basalt dan peridotit. Air merupakan agen yang sangat penting dalam terjadinya proses pelapukan kimia, seperti pengelupasan cangkang (*spheroidal weathering*) pada batuan.

Menurut Isjudarto (2013). Pelapukan kimia membuat komposisi kimia dan mineralogi suatu batuan dapat berubah. Mineral dalam batuan yang dirusak oleh air kemudian bereaksi dengan udara (O atau CO_2), menyebabkan sebagian dari mineral itu menjadi larutan. Selain itu, bagian unsur mineral yang lain dapat bergabung dengan unsur setempat membentuk kristal mineral baru.

Kecepatan pelapukan kimia tergantung dari iklim, komposisi mineral dan ukuran butir dari batuan yang mengalami pelapukan. Pelapukan akan berjalan cepat pada daerah yang lembab (*humid*) atau panas dari pada di daerah kering atau sangat dingin. Curah hujan rata-rata dapat mencerminkan kecepatan pelapukan, tetapi temperatur sulit dapat diukur. Namun secara umum, kecepatan pelapukan kimia akan meningkat dua kali dengan meningkat temperatur setiap $10^\circ C$ (Isjudarto, 2013).

Mineral basa pada umumnya akan lebih cepat lapuk dari pada mineral asam. Itulah sebabnya basal akan lebih cepat lapuk dari pada granit dalam ukuran yang sama besar. Sedangkan pada batuan sedimen, kecepatan pelapukan tergantung dari komposisi mineral dan bahan semennya (Isjudarto, 2013).

Pada pelapukan kimia khususnya, air tanah yang kaya akan CO_2 berasal dari udara dan menguraikan mineral-mineral yang tidak stabil (olivin dan piroksin) pada batuan ultrabasa, menghasilkan Mg, Fe, Ni yang larut; Si cenderung membentuk koloid dari partikel-partikel silika yang sangat halus. Didalam larutan, Fe teroksidasi dan mengendap sebagai ferri-hidroksida, akhirnya membentuk mineral-mineral seperti goethit, limonit, dan hematit dekat permukaan. Bersama mineral-mineral ini selalu ikut serta unsur larutan, Fe teroksidasi dan mengendap sebagai

ferri-hidroksida, akhirnya membentuk mineral-mineral seperti goethit, limonit, dan hematit dekat permukaan. Bersama mineral-mineral ini selalu ikut serta unsur cobalt dalam jumlah kecil. Larutan yang mengandung Mg, Ni, dan Si terus menerus kebawah selama larutannya bersifat asam, hingga pada suatu kondisi dimana suasana cukup netral akibat adanya kontak dengan tanah dan batuan, maka ada kecenderungan untuk membentuk endapan hydrosilikat. Nikel yang terkandung dalam rantai silikat atau hydrosilikat dengan komposisi yang mungkin bervariasi tersebut akan mengendap pada celah-celah atau rekahan-rekahan yang dikenal dengan urat-urat garnierit dan krisopras. Sedangkan larutan residunya akan membentuk suatu senyawa yang disebut saprolit yang berwarna coklat kuning kemerahan (Isjudarto, 2013).

Unsur-unsur lainnya seperti Ca dan Mg yang terlarut sebagai bikarbonat akan terbawa ke bawah sampai batas pelapukan dan akan diendapkan sebagai dolomit, magnesit yang biasa mengisi celah-celah atau rekahan-rekahan pada batuan induk. Dilapangan urat-urat ini dikenal sebagai batas petunjuk antara zona pelapukan dengan zona batuan segar yang disebut dengan akar pelapukan (*root of weathering*) (Isjudarto, 2013).

2.5 Jenis-Jenis Pelapukan Kimia

Jenis-jenis pelapukan kimiawi dapat dibedakan sebagai berikut (Ahmad, 2006):

- 1) Pelarutan atau penghancuran (*Solution/dissolution*) yaitu pelapukan kimia yang disebabkan oleh mineral yang mengalami dekomposisi karena

pelarutan oleh air. Contohnya: kuarsa mengalami pelarutan ($\text{SiO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} > \text{Si}(\text{OH})_4$)

- 2) Hidrolisa yaitu pelapukan kimia yang disebabkan oleh air bereaksi langsung dengan mineral penyusun batuan, terjadi penggantian kation metal seperti K^+ , Na^+ , Ca^+ , Mg^+ , oleh ion H^+ . Dekomposisi mineral yang disebabkan oleh ion hidrogen diperlihatkan pada contoh mineral Kalium feldspar. Ion H^+ masuk ke dalam Kalium feldspar KAlSi_3O_8 dan mengganti ion kalium yang keluar dari kristal dan terlarut. Air yang bercampur dengan sisa molekul aluminium silikat membentuk mineral lempung Kaolinit $\{\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4\}$. Hidrolisa K Feldspar: $\text{KAlSi}_3\text{O}_8 + 4\text{H}^+ + 2\text{H}_2\text{O} > 4\text{K}^+ + \text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4 + 4\text{SiO}_2$, Kaolinit adalah mineral lempung yang tidak terdapat pada batuan asal (*original rock*) dan terbentuk oleh reaksi kimia, dan termasuk regolith. Reaksi kimia dimana ion dalam mineral digantikan oleh ion-ion H^+ dan OH^- dalam air dinamakan proses hidrolisa, yang umum terjadi pada pelapukan kimia batuan.
- 3) Karbonasi yaitu pelapukan yang disebabkan oleh CO_2 dan air membentuk senyawa ion bikarbonat (HCO_3^-) yang aktif bereaksi dengan mineral-mineral yang mengandung kation-kation Fe, Ca, Mg, Na dan K. Pada proses ini terjadi dekomposisi pada batuan atau perubahan fisik. Contohnya dekomposisi batuan gamping, dekomposisi batuan granit, dekomposisi batuan gabro.
- 4) Oksidasi yaitu pelapukan kimia yang disebabkan oleh reaksi oksigen terhadap mineral besi pada batuan, terutama jika batuan dalam keadaan

basah. Unsur besi (Fe), umum dijumpai dalam mineral pembentuk batuan, termasuk biotit, augit dan hornblende. Apabila mineral ini mengalami pelapukan kimia, besi terlepas dan segera teroksidasi dari Fe²⁺ menjadi Fe³⁺ jika ada oksigen. Berlangsungnya oksidasi bersamaan dengan hidrasi menghasilkan goethit, mineral berwarna kekuning-kuningan. $4\text{FeO} + 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 > 4\text{FeO} \cdot \text{OH}$ Goethit jika mengalami proses dehidrasi, kehilangan H₂O, menjadi hematit. Hematit (Fe₂O₃) berwarna merah bata. Reaksi yang berlangsung adalah: $2\text{FeO} \cdot \text{OH} > \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O}$ Intensitas warna-warna ini pada batuan yang lapuk dan tanah, dapat dipergunakan untuk mengetahui sudah berapa lama pelapukan berlangsung.

- 5) Hidrasi yaitu pelapukan kimia yang disebabkan oleh penyerapan air oleh mineral ke dalam struktur kristal batuan. Contohnya adalah penambahan molekul air pada hematit yang membentuk gutit, atau pada anhidrit yang membentuk gipsum.
- 6) Desilikasi yaitu pelapukan kimia yang disebabkan oleh hilangnya silikat pada batuan, terutama basaltit.
- 7) Pencucian (leaching) Proses lain yang umum dijumpai pada pelapukan kimiawi adalah leaching, merupakan kelanjutan pengambilan material yang dapat larut dalam batuan atau regolith oleh air. Oleh karena itu, sering juga proses ini disebut sebagai proses pelarutan atau dissolution. Contohnya silika yang terlepas dari batuan oleh pelapukan kimia, sebagian tertinggal dalam regolith yang kaya akan lempung dan sebagian perlahan-lahan terlarut di dalam air yang mengalir di dalam tanah. Ion kalium yang terpisah

dari batuan, juga terlepas sebagai larutan dalam air. Air dikenal sebagai pelarut yang efektif dan universal, susunan molekulnya polar. Oleh sebab itu, mampu melepaskan ikatan ion dalam mineral pada permukaan kontakannya. Beberapa jenis batuan ada yang dapat larut seutuhnya dan terbawa hanyut. Contohnya batu gamping yang dapat larut seutuhnya. Gypsum dan batugamping yang mineral utamanya CaCO_3 juga dapat larut, terutama bila airnya kaya akan asam karbondioksida.

2.6 Indeks Pelapukan Kimia

Pelapukan adalah proses desintegrasi atau disagregasi secara berangsur dari material penyusun kulit bumi yang berupa batuan. Pelapukan sangat dipengaruhi oleh kondisi iklim, temperatur dan komposisi kimia dari mineral-mineral penyusun batuan (Noor, 2012).

Pelapukan kimiawi (dikenal juga sebagai proses dekomposisi atau proses peluruhan) adalah terurai/pecahnya batuan melalui mekanisme kimiawi, seperti karbonisasi, hidrasi, hidrolisis, oksidasi dan pertukaran ion-ion dalam larutan. Pelapukan kimiawi merubah komposisi mineral mineral dalam batuan menjadi mineral permukaan seperti mineral lempung. Mineral-mineral yang tidak stabil yang terdapat dalam batuan akan dengan mudah mengalami pelapukan apabila berada dipermukaan bumi, seperti basalt dan peridotit. Air merupakan agen yang sangat penting dalam terhadinya proses pelapukan kimia (Noor, 2012).

Indeks pelapukan kimia (*Chemical Index Weathering*) Haskin (2006) dalam Husain (2015) umumnya digunakan untuk menentukan profil pelapukan berdasarkan analisis geokimia dengan menggunakan metode XRF (*X-Ray*

Fluorescence). Analisis XRF ini digunakan untuk menentukan komposisi unsur suatu material.

Metode CIW (*Chemical Index Weathering*) yang dikembangkan oleh Harnois (1988) dalam Amanda dan Warmada, (2016) merupakan metode sederhana yang cocok untuk menghitung tingkat pelapukan pada batuan. Metode tersebut menggunakan unsur oksida utama yang berupa Al, Ca, dan Na. Hal tersebut dikarenakan unsur mayor yang berupa Mg. Na. Ca merupakan unsur yang mudah terlarutkan. dan Al merupakan unsur yang tetap ada dalam kandungan residu dan tidak bersifat mudah bergerak (*immobile*) (Amanda dan Wardana, 2016). Berikut adalah rumus dari metode CIW.

$$CIW = [AL_2O_3 / (Al_2O_3 + CaO + Na_2O)] \times 100$$

Untuk perhitungan indeks pelapukan pada metode CIW di atas, data yang dipergunakan yaitu nilai proporsi molekul dari setiap oksida utama pada batuan. Nilai molekul unsur didapatkan dengan cara persentase berat oksida utama dibagi dengan molekul dari setiap oksida utama (Amanda dan Warmada, 2016).

Berdasarkan Jason dkk (2003) suatu batuan dapat dikatakan segar apabila memiliki nilai *optimum fresh value* ≤ 50 dan untuk tingkat batuan lapuk tertinggi yaitu apabila *optimum weathered value* memiliki nilai 100.