

SKRIPSI

GEOLOGI DAN STUDI MINERALISASI BIJIH SULFIDA DAERAH RANTEPAO KECAMATAN KESU KABUPATEN TORAJA UTARA PROVINSI SULAWESI SELATAN

Disusun dan diajukan oleh:

**GABRIEL GERY WISAL HAMKA
D061 20 1059**



**DEPARTEMEN TEKNIK GEOLOGI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**GOWA
2024**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

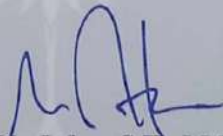
GEOLOGI DAN STUDI MINERALISASI BIJIH SULFIDA DAERAH RANTEPAO KECAMATAN KESU KABUPATEN TORAJA UTARA PROVINSI SULAWESI SELATAN

Disusun dan diajukan oleh:

GABRIEL GERY WISAL HAMKA
D061 20 1059

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian
Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Geologi
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 26 November 2024
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,
Pembimbing Utama,


Dr. Ulva Ria Irfan, S.T., M.T
NIP. 19700606 199412 2 001

Ketua Program Studi,



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

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;

Nama : Gabriel Gery Wisal Hamka

NIM : D061201059

Program Studi : Teknik Geologi

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

“GEOLOGI DAN STUDI MINERALISASI BIJIH SULFIDA

DAERAH RANTEPAO, KECAMATAN KESU,

KABUPATEN TORAJA UTARA, PROVINSI SULAWESI SELATAN”

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

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

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

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

Gowa, 26 November 2024

Yang Menyatakan



The image shows a handwritten signature in black ink. Below the signature is a red circular official stamp with a central emblem. To the left of the signature is a vertical barcode stamp with the text 'SERVIS KEPUKULIAHAN' and 'KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN INFORMATIKA'.

Gabriel Gery Wisal Hamka

ABSTRAK

GABRIEL GERY WISAL HAMKA. Geologi dan Studi Mineralisasi Bijih Sulfida Daerah Rantepao, Kecamatan Kesu, Kabupaten Toraja Utara, Provinsi Sulawesi Selatan (dibimbing oleh Dr. Ulva Ria Irfan, S.T., M.T).

Secara administratif daerah penelitian termasuk dalam wilayah Daerah Rantepao, Kecamatan Kesu, Kabupaten Toraja Utara, Provinsi Sulawesi Selatan dan secara astronomis, daerah penelitian ini terletak pada koordinat $119^{\circ}52'36''$ BT - $119^{\circ}56'36''$ BT (Bujur Timur) dan $02^{\circ}57'25''$ LS - $03^{\circ}00'25''$ LS (Lintang Selatan). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi geologi Daerah Rantepao, Kecamatan Kesu, Kabupaten Toraja Utara, Provinsi Sulawesi Selatan yang meliputi kondisi geomorfologi, tatanan stratigrafi, struktur geologi, sejarah geologi dan potensi bahan galian pada daerah penelitian dengan skala 1 : 25.000. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui karakteristik alterasi dan mineralisasi pada daerah penelitian dan mengetahui paragenesa pembentukan mineral bijih serta mengetahui tipe endapan hidrotermal pada daerah penelitian. Metode penelitian adalah pemetaan geologi permukaan melalui pengamatan langsung di lapangan dan analisis sampel di laboratorium meliputi analisis petrografi, analisis fosil, mineragrafi, dan *atomic absorption spectrometry* (AAS). Hasil analisis yang dilakukan diperoleh kesimpulan bahwa satuan geomorfologi daerah penelitian terdiri atas satuan geomorfologi pedataran fluvial, satuan geomorfologi pedataran denudasional, satuan geomorfologi perbukitan denudasional dan satuan geomorfologi perbukitan karst. Sungai yang berkembang pada daerah penelitian adalah sungai permanen dan sungai periodik. Tipe genetik sungai daerah penelitian yaitu tipe genetik obsekuen, dan tipe genetik subsekuen dalam pola aliran rektangular. Berdasarkan aspek-aspek geomorfologi dapat disimpulkan bahwa stadia sungai dewasa menjelang tua dan stadia daerah termasuk stadia dewasa. Stratigrafi daerah penelitian tersusun atas lima satuan berdasarkan pada pembagian litostratigrafi tidak resmi dari muda ke tua yaitu: satuan aluvial, satuan diorit kuarsa, satuan andesit porfiri, satuan batugamping, dan satuan batupasir. Struktur geologi daerah penelitian terdiri dari lipatan sinklin, kekar tiang, sesar geser Kesu, dan sesar geser Buntu Layang. Potensi dan bahan galian daerah penelitian yaitu potensi bahan galian diorit dan logam tembaga (Cu) serta bahan galian batugamping.

Berdasarkan himpunan mineral alterasi maka tipe alterasi pada daerah penelitian yaitu tipe alterasi filik dan tipe alterasi propilitik. Adapun tekstur khusus mineral bijih berupa *replacement* dan *open space filling*. Adapun karakteristik endapan mineral pada daerah penelitian yaitu bentuk endapan bijih berupa sebaran (*disseminated*) dan dapat ditemukan pada tubuh intrusi. Endapan bijih berupa Cu, Fe, Pb, dan Zn. Mineral bijih berupa pirit, kalkopirit, arsenopirit, sfalerit, dan mineral oksida. Mineral *gangue* berupa kuarsa, serisit, klorit, dan epidot. Adapun batuan yang mengalami alterasi merupakan batuan beku yang terbentuk secara intrusif dan memiliki tekstur faneritik dan porfiroafanitik. Berdasarkan karakteristik tersebut, endapan mineral pada daerah penelitian memiliki kesamaan dengan endapan hidrotermal.

Kata kunci: Daerah Rantepao; Geomorfologi; Stratigrafi; Struktur geologi; Sejarah geologi; Potensi bahan galian; alterasi; mineralisasi

ABSTRACT

GABRIEL GERY WISAL HAMKA. *Geology and Mineralization Study of Sulfide Ore in the Rantepao Area, Kesu District, North Toraja Regency, South Sulawesi Province (supervised by Dr. Ulva Ria Irfan, S.T., M.T).*

Administratively, the research area is located in the Rantepao area, Kesu District, North Toraja Regency, South Sulawesi Province. Astronomically, this research area is situated at coordinates 119°52'36" E - 119°56'36" E (East Longitude) and 02°57'25" S - 03°00'25" S (South Latitude). This research aims to understand the geological conditions of the Rantepao area, Kesu District, North Toraja Regency, South Sulawesi Province, including geomorphological conditions, stratigraphic arrangement, geological structure, geological history, and potential mineral resources in the research area at a scale of 1:25,000. Additionally, this study aims to determine the alteration and mineralization characteristics of the area and to understand the paragenesis of ore mineral formation and the hydrothermal deposit type in the research area. The research method includes surface geological mapping through direct field observation and sample analysis in the laboratory, including petrographic analysis, fossil analysis, mineralographic analysis, and atomic absorption spectrometry (AAS). The analysis results concluded that the geomorphological units in the research area consist of fluvial plain geomorphology units, denudational plain geomorphology units, denudational hill geomorphology units, and karst hill geomorphology units. The rivers in the research area are permanent and periodic rivers. The genetic type of the rivers in the research area is obsequent and subsequent types within a rectangular flow pattern. Based on geomorphological aspects, it can be concluded that the river is in a mature to old stage, and the area is in a mature stage. The stratigraphy of the research area consists of five units based on an unofficial lithostratigraphic division, from youngest to oldest: alluvial unit, quartz diorite unit, porphyritic andesite unit, limestone unit, and sandstone unit. The geological structure of the research area consists of syncline folds, pillar joints, the Kesu strike-slip fault, and the Buntu Layang strike-slip fault. The mineral resource potential in the research area includes diorite and copper (Cu) ores, as well as limestone deposits.

Based on the alteration mineral assemblages, the alteration types in the research area are phyllic alteration and propylitic alteration. The specific ore mineral textures include replacement and open space filling. The mineral deposit characteristics in the research area are disseminated ore bodies found in intrusion bodies. The ore deposits consist of Cu, Fe, Pb, and Zn. Ore minerals include pyrite, chalcopyrite, arsenopyrite, sphalerite, and oxide minerals. Gangue minerals include quartz, sericite, chlorite, and epidote. The rocks that have undergone alteration are igneous rocks that formed intrusively and have a phaneritic and porphyritic texture. Based on these characteristics, the mineral deposit in the research area is similar to hydrothermal deposits.

Keywords: *Rantepao Area; Geomorphology; Stratigraphy; Geological Structure; Geological History; Mineral Resource Potential; Alteration; Mineralization.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat dan Rahmat-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan Skripsi dengan judul **“Geologi dan Studi Mineralisasi Bijih Sulfida Daerah Rantepao, Kecamatan Kesu, Kabupaten Toraja Utara, Provinsi Sulawesi Selatan”**. Penulisan skripsi ini dimaksudkan untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan Program Strata I pada Departemen Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis mendapat banyak bantuan dari berbagai pihak yang berperan penting selama penyusunan skripsi ini. Oleh karena itu, Penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak, diantaranya:

1. Ibu Dr. Ulva Ria Irfan, S.T., M.T sebagai dosen pembimbing utama dalam penyusunan tugas akhir ini atas segala bimbingan, saran, dan arahnya mulai dari penentuan judul dan selama penyusunan tugas akhir ini hingga menjadi lebih baik.
2. Ibu Dr. Eng. Ir. Meutia Farida, S.T., M.T. dan Dr. Ir. Kaharuddin, M.T. sebagai dosen penguji yang telah banyak memberikan saran dan masukan kepada penulis.
3. Bapak Dr. Eng. Hendra Pachri, S.T., M. Eng sebagai ketua Departemen sekaligus kepala program studi Strata I Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
4. Ibu Meinarni Thamrin, S.T., M.T selaku penasehat akademik yang telah banyak meluangkan waktu dan tenaga dalam memberikan saran kepada penulis selama perkuliahan.
5. Bapak dan Ibu dosen pada Departemen Teknik Geologi Universitas Hasanuddin yang telah memberikan ilmunya selama saya menempuh pendidikan perkuliahan.
6. Bapak dan Ibu staf Departemen Teknik Geologi Universitas Hasanuddin atas segala bantuannya dalam pengurusan administrasi penelitian.

7. Kedua orang tua Penulis yang selalu memberikan kasih sayang, pengorbanan, doa, nasihat serta dukungan yang tiada henti kepada Penulis
8. Seluruh rekan-rekan Mahasiswa Geologi Unhas, terkhusus pada Radar angkatan 2020 yang telah banyak memberikan dukungan serta semangat kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak untuk perbaikan skripsi ini. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi segenap pembaca sebagai referensi dalam penelitian yang berhubungan dengan alterasi, mineralisasi, dan pemetaan geologi.

Gowa, 26 November 2024

Penulis

DAFTAR ISI

SKRIPSI.....	i
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	ii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Maksud dan Tujuan	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Letak, Luas dan Kesampaian Daerah	3
1.5 Metode dan Tahapan Penelitian.....	4
1.5.1 Tahapan Persiapan	5
1.5.2 Tahapan Penelitian Lapangan	6
1.5.3 Tahapan Pengolahan Data.....	7
1.5.4 Tahap Analisis dan Interpretasi Data	8
1.5.5 Tahap Penyusunan Laporan	9
1.6 Alat dan Bahan	11
1.7 Peneliti Terdahulu.....	12
BAB II GEOMORFOLOGI.....	13

2.1	Geomorfologi Regional	13
2.2	Geomorfologi Daerah Penelitian	13
2.2.1	Satuan Geomorfologi	14
2.2.1.1	Satuan Geomorfologi Pedataran Fluvial	17
2.2.1.2	Satuan Geomorfologi Pedataran Denudasional	19
2.2.1.3	Satuan Geomorfologi Perbukitan Denudasional	22
2.2.1.4	Satuan Geomorfologi Perbukitan Karst	28
2.2.2	Sungai	33
2.2.2.1	Jenis Sungai	33
2.2.2.2	Pola Aliran Sungai	35
2.2.2.3	Tipe Genetik Sungai	36
2.2.2.4	Stadia Sungai	38
2.3	Stadia Daerah Penelitian	41
BAB III STRATIGRAFI		45
3.1	Stratigrafi Regional	45
3.1.1	Satuan Aluvial	50
3.1.1.1	Dasar Penamaan	50
3.1.1.2	Penyebaran Satuan	50
3.1.1.3	Ciri Aluvial	50
3.1.1.4	Lingkungan Pengendapan dan Umur	51
3.1.1.5	Hubungan Stratigrafi	51
3.1.2	Satuan Diorit Kuarsa	52
3.1.2.1	Dasar Penamaan	52
3.1.2.2	Penyebaran dan Ketebalan	52
3.1.2.3	Ciri Litologi	53

3.1.2.4 Lingkungan Pembentukan dan Umur.....	56
3.1.2.5 Hubungan Stratigrafi.....	57
3.1.3 Satuan Andesit Porfiri.....	57
3.1.3.1 Dasar Penamaan.....	57
3.1.3.2 Penyebaran dan Ketebalan.....	58
3.1.3.3 Ciri Litologi.....	58
3.1.3.4 Lingkungan Pembentukan dan Umur.....	60
3.1.3.5 Hubungan Stratigrafi.....	61
3.1.4 Satuan Batugamping.....	62
3.1.4.1 Dasar Penamaan.....	62
3.1.4.2 Penyebaran dan Ketebalan.....	63
3.1.4.3 Ciri Litologi.....	63
3.1.4.4 Lingkungan Pengendapan dan Umur.....	66
3.1.4.5 Hubungan Stratigrafi.....	68
3.1.5 Satuan Batupasir.....	68
3.1.5.1 Dasar Penamaan.....	69
3.1.5.2 Penyebaran dan Ketebalan.....	69
3.1.5.3 Ciri Litologi.....	70
3.1.5.4 Lingkungan Pengendapan dan Umur.....	74
3.1.5.5 Hubungan Stratigrafi.....	75
BAB IV STRUKTUR GEOLOGI.....	76
4.1 Struktur Regional.....	76
4.2 Struktur Geologi Daerah Penelitian.....	78
4.2.1 Struktur Lipatan.....	79
4.2.2 Struktur Kekar.....	80

4.2.3 Struktur Sesar.....	81
4.2.3.1 Sesar Geser Buntu Layang	84
4.2.3.2 Sesar Geser Kesu.....	86
4.3 Mekanisme Struktur Daerah Penelitian.....	87
BAB V SEJARAH GEOLOGI.....	90
BAB VI POTENSI BAHAN GALIAN	92
6.1 Penggolongan Bahan Galian	92
6.2 Potensi Bahan Galian Pada Daerah Penelitian	93
6.3 Bahan Galian pada Daerah Penelitian	95
BAB VII STUDI ALTERASI DAN MINERALISASI	96
7.1 Pendahuluan	96
7.2 Karakteristik Alterasi dan Mineralisasi Daerah Penelitian.....	97
7.2.1 Alterasi dan Mineralisasi Hidrotermal Daerah Rantepao	97
7.2.1.1 Tipe Alterasi Hidrotermal Daerah Penelitian	105
7.2.1.2 Mineral Bijih Daerah Penelitian.....	109
7.2.1.3 Tekstur Khusus Mineral Daerah Penelitian.....	109
7.2.1.4 Paragenesa Mineral Bijih Daerah Penelitian.....	112
7.2.2 Tipe Endapan Mineral Daerah Penelitian	113
BAB VIII PENUTUP	114
8.1 Kesimpulan.....	114
8.2 Saran	115
DAFTAR PUSTAKA.....	116

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1	Peta tunjuk daerah penelitian	4
Gambar 2	Diagram Alir Penelitian.....	10
Gambar 3	Kenampakan satuan geomorfologi pedataran pada Daerah Tampak	17
Gambar 4	Kenampakan <i>point bar</i> pada stasiun 76 Sungai Sadan dengan arah pengambilan foto N 80°E.....	18
Gambar 5	Kenampakan satuan geomorfologi pedataran dengan tata guna lahan persawahan pada stasiun 88 dengan arah pengambilan foto N 186°E	20
Gambar 6	Kenampakan gerakan tanah yang memiliki bidang gelincir (<i>Debris slide</i>) pada stasiun 90 di daerah Buntu dengan arah foto N 78°E.....	21
Gambar 7	Kenampakan tata guna lahan persawahan pada Daerah Karassik (Stasiun 79) pada satuan geomorfologi pedataran denudasional dengan arah foto N 118°E	22
Gambar 8	Kenampakan geomorfologi perbukitan pada Daerah Kendenan (stasiun 20) dengan bentuk puncak tumpul (Y) dan Lembah membentuk huruf “V” (X) dengan arah pengambilan foto N 56°E...	23
Gambar 9	<i>Spheroidal weathering</i> pada litologi andesit porfiri pada stasiun 25 dengan arah pengambilan foto N 170°E	24
Gambar 10	Perubahan warna batuan andesit porfiri stasiun 25 Daerah Buntu Layang dengan arah pengambilan foto N 165°E	24
Gambar 11	Kenampakan material <i>soil</i> hasil pelapukan batuan (<i>residual soil</i>) pada litologi batupasir dengan warna abu-abu kecokelatan dengan tebal ±4 meter pada stasiun 40 dengan arah pengambilan N 305°E..	25
Gambar 12	Pelapukan oleh vegetasi pada litologi batupasir stasiun 32 dengan arah pengambilan foto N 125°E.....	25
Gambar 13	<i>Rill erosion</i> pada stasiun 62 Daerah Tagari dengan arah pengambilan foto N 108°E.....	26

Gambar 14 <i>Debris Slide</i> pada stasiun 60 dengan arah pengambilan foto N 12°E.....	27
Gambar 15 <i>Debris fall</i> pada stasiun 55 dengan arah pengambilan foto N 15°E ..	27
Gambar 16 <i>Rock fall</i> pada stasiun 83 dengan arah pengambilan foto N 48°E	28
Gambar 17 Kenampakan geomorfologi perbukitan pada Daerah Kesu dengan bentuk puncak tumpul (X) dan bentuk Lembah membentuk huruf “U” (Y) dengan arah pengambilan foto N 205°E	29
Gambar 18 Kenampakan tebing-tebing hasil pelarutan batuan karbonat pada stasiun 78 dengan arah pengambilan foto N 315°E	30
Gambar 19 Kenampakan gua karst pada stasiun 79 dengan arah pengambilan foto N 285°E	30
Gambar 20 Kenampakan pelapukan kimia pada stasiun 15 dengan arah pengambilan foto N 247°E.....	31
Gambar 21 Kenampakan pelapukan biologi pada stasiun 8 dengan arah pengambilan foto N 252°E.....	31
Gambar 22 <i>Debris slide</i> pada stasiun 16 dengan arah pengambilan foto N 12°E.....	32
Gambar 23 Kenampakan tata guna lahan pertambangan pada Daerah Pangrante (Stasiun 78) pada satuan geomorfologi perbukitan karst..	33
Gambar 24 Kenampakan jenis sungai permanen pada Daerah Popong (Stasiun 89) dengan arah pengambilan foto N 65°E	34
Gambar 25 Kenampakan jenis sungai periodik pada anak sungai Salu Marin (Stasiun 21), lebar sungai + 4 m dengan arah pengambilan foto N 34°E.....	34
Gambar 26 Peta pola aliran sungai rektangular serta tipe genetik subsekuen dan obsekuen,	36
Gambar 27 Kenampakan tipe genetik sungai obsekuen pada Daerah Malango (Stasiun 66) dengan arah aliran N 178°E difoto kearah N 350°E.....	37
Gambar 28 Kenampakan tipe genetik sungai subsekuen pada Daerah Kalambe (Stasiun 67) dengan arah aliran N 181°E difoto kearah N 191°E.....	38

Gambar 29 Kenampakan profil lembah sungai “U” pada sungai Daerah Tagari (Stasiun 65) dengan dinding sungai berupa batuan karbonat dan arah pengambilan foto N 292°E	39
Gambar 30 Kenampakan profil lembah sungai “U” pada Sungai Sadan di Daerah Popong (Stasiun 89) dengan arah pengambilan foto N 265°E	40
Gambar 31 Kenampakan profil lembah sungai “U” pada Salu Marin (Stasiun 41) dengan arah pengambilan foto N 85°E	40
Gambar 32 Kenampakan <i>meander belt</i> pada Sungai Sadan	41
Gambar 33 Gambar Peta Geomorfologi 3D pada daerah penelitian.....	44
Gambar 34 Peta Geologi Regional Daerah Penelitian Lembar Mamuju Stratigrafi Daerah Penelitian (Ratman dan Atmawinata, 1993).....	49
Gambar 35 Kenampakan Endapan sungai pada stasiun 65 di Daerah Tampak dengan arah pengambilan foto N 355°E	51
Gambar 36 Kenampakan singkapan diorit kuarsa pada stasiun 65 di Daerah Tampak dengan arah pengambilan foto N 355°E.....	54
Gambar 37 Kenampakan petrografis sayatan tipis diorit kuarsa pada stasiun 65 dengan komposisi mineral terdiri dari Epidot (Ep), hasil ubahan mineral hornblende dan Piroksen (Px)	54
Gambar 38 Kenampakan petrografis sayatan tipis diorit kuarsa pada stasiun 65 dengan komposisi mineral terdiri dari klorit (Chl) dan hornblende (Hb)	54
Gambar 39 Kenampakan singkapan diorit kuarsa pada stasiun 83 dengan arah pengambilan foto N 46°E.....	55
Gambar 40 Kenampakan petrografis sayatan tipis diorit kuarsa pada stasiun 83 dengan komposisi mineral terdiri dari kuarsa (Qz), hornblende (Hb), Biotit (Bt), piroksin (Px), Plagioklas (Pl) dan epidot (Ep)	55
Gambar 41 Kenampakan singkapan diorit kuarsa pada stasiun 49 dengan arah pengambilan foto N 156°E.....	56
Gambar 42 Kenampakan singkapan andesit porfiri pada stasiun 27 di Daerah Tampak dengan arah pengambilan foto N 83°E.....	59

Gambar 43 Kenampakan petrografis sayatan tipis andesit porfiri pada stasiun 27 dengan komposisi mineral terdiri dari klorit (Cl), plagioklas (Pl), biotit (Bt) dan mineral opak (Opq).....	59
Gambar 44 Kenampakan singkapan andesit porfiri pada stasiun 25 di Daerah Buntu Layang dengan arah pengambilan foto N 176°E.....	60
Gambar 45 Kenampakan petrografis sayatan tipis andesit porfiri pada stasiun 25 dengan komposisi mineral terdiri dari kuarsa (Qz), piroksen (Px), Plagioklas (Pl) dan mineral opak (Opq)	60
Gambar 46 Kenampakan kontak andesit porfiri (atas) dan batupasir (bawah) pada stasiun 25 di Daerah Buntu Layang dengan arah pengambilan foto N 192°E.....	62
Gambar 47 Kenampakan singkapan batugamping pada stasiun 18 di Daerah Buntu Kesu dengan arah pengambilan foto N 295°E	64
Gambar 48 Kenampakan petrografis sayatan tipis batugamping pada stasiun 18 dengan komposisi material terdiri dari <i>mud</i> dan <i>grain</i>	64
Gambar 49 Kenampakan petrografis sayatan tipis batugamping pada stasiun 15 dengan komposisi material terdiri dari <i>mud</i> dan <i>grain</i>	65
Gambar 50 Kenampakan petrografis sayatan tipis batugamping pada stasiun 66 dengan komposisi mineral terdiri dari mineral kalsit.....	65
Gambar 51 (a) <i>Discocyclina</i> sp.; (b) <i>Amphistegina</i> sp.; (c) <i>Nummulites</i> sp.; (d) <i>Quinqueloculina</i> sp.; (e) <i>Heterostegina</i> sp.; (f) <i>Assilina</i> sp.	66
Gambar 52 Lingkungan pengendapan fasies foraminifera besar pada zaman Neogen (Marcell K Boudagher, 2008)	67
Gambar 53 Kenampakan singkapan batugamping pasir pada stasiun 5 di Daerah Buntu dengan arah pengambilan foto N 118°E	68
Gambar 54 Kenampakan singkapan batupasir pada stasiun 6 di Daerah Kendenan Satu dengan arah pengambilan foto N 47°E	70
Gambar 55 Kenampakan petrografis sayatan tipis Batupasir pada stasiun 6 dengan komposisi mineral terdiri dari kuarsa (Qz), biotit (Bt), mineral opak (Opq) dan matriks berupa <i>mud</i> (Mud).....	71

Gambar 56 Kenampakan singkapan batupasir pada stasiun 36 di Daerah Kendenan Satu dengan arah pengambilan foto N 297°E	71
Gambar 57 Kenampakan petrografis sayatan tipis Batupasir pada stasiun 36 dengan komposisi mineral terdiri dari kuarsa (Qz), muskovit (Mc), mineral opak (Opq) dan matriks berupa mud (Mud).	72
Gambar 58 Kenampakan singkapan batupasir pada stasiun 56 di Daerah Batulelleng dengan arah pengambilan foto N 278°E	72
Gambar 59 Kenampakan petrografis sayatan tipis Batupasir pada stasiun 36 dengan komposisi mineral terdiri dari kuarsa (Qz), mineral opak (Opq) dan matriks berupa <i>mud</i> (Mud).....	73
Gambar 60 Kenampakan singkapan batupasir pada stasiun 1 di Daerah Kendenan Satu dengan arah pengambilan foto N 220°E	73
Gambar 61 Kenampakan petrografis sayatan tipis Batupasir pada stasiun 1 dengan komposisi mineral terdiri dari kuarsa (Qz), biotit (Bt), muskovit (Mc), mineral opak (Opq) dan matriks berupa mud (Mud).....	74
Gambar 62 Struktur utama dan sesar aktif Pulau Sulawesi dan Sekitarnya (Hall, 2000 dalam Sompotan, 2012)	78
Gambar 63 Lipatan sinklin pada satuan batugamping dan satuan batupasir berdasarkan hasil rekonsruksi penampang C-D	80
Gambar 64 Kenampakan kekar tiang pada litologi andesit porfiri stasiun 70 pada Daerah Rantepao dengan arah pengambilan foto N 57° E	81
Gambar 65 Ilustrasi asumsi teori Anderson untuk prediksi sesar dan Stereogram yang menggambarkan struktur dinamik asumsi dari teori Anderson untuk analisis sesar (Fossen, 2011)	83
Gambar 66 Interpretasi data DEM dengan mengamati pola <i>lineament</i> (pelurusan) daerah penelitian	84
Gambar 67 Kenampakan <i>slickenline</i> pada stasiun 25 pada Buntu Layang, dengan arah foto N 159°E	85
Gambar 68 Hasil <i>plotting</i> data cermin sesar menurut Rickard, 1972 menunjukkan <i>Right Slip Fault</i>	86

Gambar 69 Interpretasi data DEM dengan mengamati pola <i>lineament</i> (pelurusan) daerah penelitian	87
Gambar 70 Kenampakan breksi sesar pada stasiun 17 pada Daerah Kesu, dengan arah foto N 159°E	87
Gambar 71 Mekanisme struktur geologi, berdasarkan model teori " <i>Strain</i> <i>Elipsoid</i> " menurut Riedel dalam Mc. Clay, 1987	88
Gambar 72 Mekanisme dan urutan perkembangan struktur geologi pada daerah penelitian	89
Gambar 73 Potensi bahan galian diorit pada Daerah Buntu Singki dengan arah pengambilan foto N 159°E	94
Gambar 74 Kenampakan singkapan diorit kuarsa pada stasiun 49 dengan arah pengambilan foto N 156°E	94
Gambar 75 Kenampakan bahan galian batugamping di daerah Buntu Singki pada stasiun 78 dengan arah pengambilan foto N 350°E	95
Gambar 76 Kenampakan mikroskopis sayatan St. 25 yang menunjukkan kehadiran mineral alterasi berupa kuarsa (Qz) dan Serisit (Ser)	98
Gambar 77 Fotomikrograf sayatan poles St. 25 yang terdiri dari mineral pirit (Py), sfalerit (Sfa), dan mineral oksida (Ox)	99
Gambar 78 Kenampakan mikroskopis sayatan St. 26 yang menunjukkan kehadiran mineral alterasi berupa kuarsa (Qz) dan Serisit	100
Gambar 79 Fotomikrograf sayatan poles St. 26 yang terdiri dari mineral pirit (Py), dan kalkopirit (Ccp)	100
Gambar 80 Kenampakan mikroskopis sayatan St. 49 yang menunjukkan kehadiran mineral alterasi berupa klorit, Kuarsa (Qz), dan epidot (Ep)	101
Gambar 81 Fotomikrograf sayatan poles St. 49 yang terdiri dari mineral pirit (Py), sfalerit (Sfa) dan kalkopirit (Ccp)	101
Gambar 82 Kenampakan mikroskopis sayatan St. 47 yang menunjukkan kehadiran mineral alterasi berupa kuarsa (Qz) dan klorit (Chl)	102
Gambar 83 Fotomikrograf sayatan poles St. 47 yang terdiri dari mineral pirit (Py), arsenopirit (Apy) dan kalkopirit (Ccp)	103

Gambar 84 Kenampakan mikroskopis sayatan St. 65 yang menunjukkan kehadiran mineral alterasi berupa klorit (Chl) dan epidot (Ep)	104
Gambar 85 Kenampakan petrografis sayatan tipis diorit kuarsa pada stasiun 83 dengan komposisi mineral terdiri dari kuarsa (Qz), hornblende (Hb), Biotit (Bt), piroksin (Px), Plagioklas (Pl) dan epidot (Ep)	105
Gambar 86 Stabilitas suhu dari mineral alterasi hidrotermal (Hedenquist, 1995 dalam Maulana, 2017).....	107
Gambar 87 himpunan mineral alterasi dalam sistem hidrotermal berdasarkan hubungan temperatur dan pH larutan (Corbett and Leach, 1996 dalam Maulana, 2017).....	108
Gambar 88 Tekstur <i>replacement</i> pada pirit oleh sfalerit pada stasiun 25	110
Gambar 89 Tekstur <i>replacement</i> pada arsenopirit oleh kalkopirit pada stasiun 47	110
Gambar 90 Tekstur <i>replacement</i> pada pirit dan arsenopirit pada stasiun 47.....	111
Gambar 91 Kenampakan <i>stockwork</i> pada litologi andesit porfiri stasiun 25.....	111

DAFTAR TABEL

Tabel 1	Pengamatan Geomorfologi Daerah Penelitian	43
Tabel 2	Tabel penentuan umur fosil foraminifera berdasarkan klasifikasi huruf tersier Leupold & Van Der Vlerk, 1931 (modifikasi Bemmelen, 1949)	67
Tabel 3	hasil pengukuran cermin sesar pada daerah penelitian.....	85
Tabel 4	Data analisis kandungan unsur logam dengan metode AAS	94
Tabel 5	Data analisis kandungan unsur logam dengan metode AAS	105
Tabel 6	Tipe-tipe alterasi berdasarkan himpunan mineralnya (Guilbert dan Park, 1986 dalam Maulana, 2017).....	106
Tabel 7	Kisaran temperatur pembentukan tipe alterasi propilitik Daerah Rantepao (Reyes, 1990; hedenquist, 1995; dan Henley dkk., 1983).....	107
Tabel 8	Kisaran temperatur pembentukan tipe alterasi filik Daerah Rantepao (Reyes, 1990; hedenquist, 1995; dan Henley dkk., 1983).....	108
Tabel 9	Paragenesa mineral bijih pada tipe alterasi filik daerah penelitian	112
Tabel 10	Paragenesa mineral bijih pada tipe alterasi propilitik daerah penelitian	113

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pulau Sulawesi dan daerah sekitarnya terletak pada pertemuan tiga lempeng. Selain itu, Pulau Sulawesi dan daerah sekitarnya merupakan pertemuan tiga lempeng yang aktif bertabrakan. Akibat tektonik aktif ini, Pulau Sulawesi dan daerah sekitarnya dipotong sesar regional yang masih aktif sampai sekarang. Kenampakan morfologi di kawasan ini merupakan cerminan sistem sesar regional yang memotong pulau ini serta batuan penyusunnya. Oleh karenanya pulau ini secara geologi mempunyai kompleksitas tinggi, dapat kita lihat pada keanekaragaman kondisi geologinya mulai dari morfologi, struktur geologi, ragam jenis batuan penyusun, sampai stratigrafinya (Surono, 2013).

Pemanfaatan sumber daya alam, khususnya sumber daya mineral merupakan salah satu aspek yang paling menjanjikan untuk dikelola sebagai sumber pembiayaan dan pembangunan bagi daerah, akan tetapi pemanfaatan sumber daya mineral ini memerlukan penyajian informasi geologi yang lengkap, akurat, dan informatif sehingga dapat dijadikan bahan acuan studi kelayakan dalam pengelolaannya.

Pemetaan geologi merupakan salah satu metode pengaplikasian ilmu-ilmu geologi yang telah dipelajari sebelumnya, yang pada akhirnya akan menghasilkan *output* berupa peta yang memberikan informasi mengenai kondisi geologi dari suatu daerah. Pemetaan geologi diharapkan dapat mengungkap kondisi geomorfologi, stratigrafi, dan struktur geologi daerah penelitian sehingga didapatkan hasil berupa kondisi geologi secara keseluruhan dan rekomendasi berupa potensi-potensi pada daerah penelitian.

Pemetaan geologi permukaan untuk mengetahui kondisi geologi di daerah Sulawesi Selatan telah banyak dilakukan oleh ahli-ahli geologi. Namun, beberapa dari penelitian tersebut masih bersifat umum dengan skala yang regional. Sehingga untuk mengetahui secara pasti mengenai kondisi geologi di suatu daerah diperlukan adanya pemetaan geologi permukaan yang lebih detail dan bersifat lokal. Untuk

mendapatkan informasi geologi yang lebih terperinci, maka dipandang perlu untuk melakukan penelitian geologi secara detail.

Penelitian geologi tersebut meliputi studi geomorfologi, stratigrafi, struktur geologi, sejarah geologi dan bahan galian yang dilaksanakan di Daerah Rantepao, Kecamatan Kesu, Kabupaten Toraja Utara, Provinsi Sulawesi Selatan. Selain itu, melihat keterdapatan endapan mineral pada daerah penelitian mendorong penulis untuk juga melakukan studi terkait alterasi dan mineralisasi endapan mineral pada daerah tersebut. Informasi mengenai kondisi geologi yang diperoleh diharapkan dapat memenuhi kebutuhan data-data geologi daerah yang bersangkutan, terutama untuk pengembangan daerah setempat.

1.2 Maksud dan Tujuan

Maksud dari penelitian pada Daerah Rantepao, Kecamatan Kesu, Kabupaten Toraja Utara, Provinsi Sulawesi Selatan ini adalah untuk melakukan pemetaan geologi permukaan pada daerah penelitian dengan menggunakan peta dasar skala 1:25.000 serta melakukan studi mengenai alterasi dan mineralisasi bijih pada daerah penelitian.

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui satuan geomorfologi daerah penelitian.
2. Mengetahui kondisi sungai dan stadia daerah penelitian.
3. Mengetahui kondisi stratigrafi daerah penelitian.
4. Mengetahui struktur geologi daerah penelitian.
5. Mengetahui potensi bahan galian pada daerah penelitian.
6. Mengetahui karakteristik alterasi dan mineralisasi pada daerah penelitian.
7. Mengetahui paragenesa pembentukan mineral bijih pada daerah penelitian.
8. Mengetahui tipe endapan pada daerah penelitian.

1.3 Batasan Masalah

Penelitian geologi ini dilakukan dengan membatasi masalah pada daerah penelitian yang berdasarkan pengamatan pada aspek- aspek geologi yang terpetakan pada skala 1: 25.000. Aspek-aspek geologi tersebut adalah sebagai berikut:

1. Geomorfologi daerah penelitian mencakup pembahasan satuan geomorfologi, jenis erosi, pelapukan, sungai (klasifikasi sungai, pola aliran sungai, tipe genetik sungai, stadia sungai) dan stadia daerah penelitian.
2. Stratigrafi geologi daerah penelitian mencakup pembahasan satuan batuan, dasar penamaan batuan, penyebaran dan ketebalan, ciri litologi, umur dan lingkungan pembentukan serta hubungan stratigrafi antara satuan batuan.
3. Struktur geologi daerah penelitian mencakup pembahasan jenis struktur dan mekanisme pembentukan struktur geologi daerah penelitian.
4. Sejarah geologi yang merupakan sejarah pembentukan daerah penelitian.
5. Potensi dan indikasi bahan galian yang merupakan segala jenis sumber daya alam yang dapat memberikan manfaat bagi masyarakat.
6. Karakteristik alterasi dan mineralisasi bijih daerah penelitian yaitu mengenai jenis mineral alterasi yang terbentuk, tipe alterasi pada daerah penelitian, mineral bijih yang terbentuk, tekstur khusus mineral, paragenesa mineral bijih dan tipe endapan daerah penelitian dengan melakukan analisis laboratorium berupa analisis petrografi dan mineragrafi.

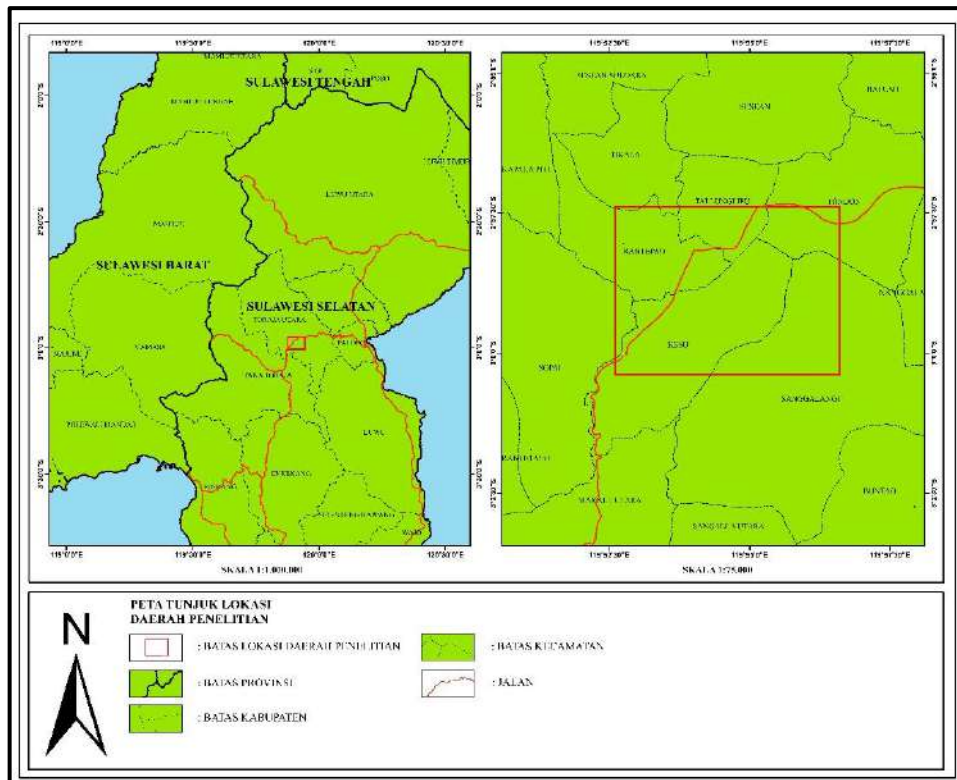
1.4 Letak, Luas dan Kesampaian Daerah

Secara administratif daerah penelitian termasuk dalam Daerah Rantepao, Kecamatan Kesu, Kabupaten Toraja Utara, Provinsi Sulawesi Selatan. Secara astronomis, daerah penelitian ini terletak pada koordinat 119°52'36" BT - 119°56'36" BT (Bujur Timur) dan 02°57'25" LS - 03°00'25" LS (Lintang Selatan) (Gambar 1).

Daerah penelitian mempunyai luas $\pm 41 \text{ km}^2$, dihitung berdasarkan peta topografi daerah penelitian skala 1 : 25.000 yang merupakan hasil perbesaran dari Peta Digital Rupa Bumi Indonesia skala 1 : 50.000 Lembar Rantepao nomor 2013-32 yang diterbitkan oleh Badan Koordinasi Survei dan Pemetaan Nasional (BAKOSURTANAL) Edisi I Tahun 1991 Cibinong Bogor.

Daerah penelitian meliputi daerah Rantepao, Kesu, Sopai, Sanggalangi, Tallunglipu, dan Kecamatan Tondon. Daerah penelitian dapat dijangkau dengan menggunakan transportasi darat baik dengan menggunakan kendaraan roda dua

maupun roda empat dengan jarak ± 327 km ke arah Utara dari Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, Kabupaten Gowa, Provinsi Sulawesi Selatan dengan waktu tempuh sekitar ± 8 jam perjalanan.



Gambar 1 Peta tunjuk daerah penelitian

1.5 Metode dan Tahapan Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian adalah metode pemetaan traversing yaitu metode pemetaan yang dilakukan pada wilayah yang memiliki singkapan yang cukup baik. Metode ini terdiri atas metode sayatan penampang geologi (*cross-section traverses*), pemetaan melalui jalur sungai (*stream and ridge traverses*), dan pemetaan melalui jalan raya (*road traverses*) serta analisis data di laboratorium. Lintasan sayatan penampang geologi (*cross-section traverses*) merupakan pengambilan data penelitian yang berdasarkan pada kedudukan batuan ataupun foliasi batuan yang dijumpai. Sehingga untuk menjumpai jenis litologi yang berbeda dapat melalui lintasan yang berpotongan arah *strike* batuan.

Pemetaan melalui jalur sungai (*stream and ridge traverses*) merupakan lintasan dengan memilih sungai sebagai jalurnya. Hal ini memungkinkan

dikarenakan pada daerah ini dapat dijumpai singkapan batuan yang masih segar (*fresh*) dan akan membantu dalam pembuatan peta pola aliran dan tipe genetik sungai melalui pengukuran kedudukan batuan pada daerah sungai tersebut.

Pemetaan melalui jalan raya (*road traverses*) merupakan lintasan jalan yang dilakukan pada semua jalan yang terdapat pada daerah penelitian, diutamakan pada jalan yang baru dibuka atau digerus karena memungkinkan ditemukan singkapan batuan yang masih segar (*fresh*). Metode pemetaan *traversing* ini umumnya menggunakan peta dasar sebagai rujukan dalam penentuan lintasan yang akan dilalui. Peta dasar tersebut digunakan untuk tujuan pendidikan dan pelatihan semisal pemetaan mahasiswa. Hasil pemetaan ini memuat stasiun pengamatan, jurus/kemiringan dan atau foliasi batuan, simbol warna penyebaran batuan, data geomorfologi, dan data struktur geologi.

1.5.1 Tahapan Persiapan

Tahap persiapan meliputi kegiatan pendahuluan sebelum melakukan pengambilan data lapangan yang terdiri atas beberapa tahapan kegiatan, yaitu:

1. Pengurusan administrasi, meliputi pembuatan proposal penelitian dan pengurusan surat izin pemetaan kepada pihak Departemen Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
2. Studi pustaka, bertujuan untuk mengetahui kondisi geologi daerah penelitian dari literatur ataupun tulisan-tulisan yang berisi tentang hasil penelitian terdahulu berupa peta geologi regional Lembar Mamuju (Ratman dan Atmawinata (1993)), Peta Rupa Bumi Indonesia skala 1 : 50.000 yang diterbitkan oleh Badan Survey dan Pemetaan Nasional (BAKOSURTANAL) Edisi I Tahun 1991 dan interpretasi awal dari peta topografi maupun dari foto udara (citra satelit) ataupun jurnal-jurnal yang diterbitkan berkaitan dengan daerah penelitian untuk mendapatkan gambaran atau informasi tentang kondisi geologi daerah penelitian.
3. Persiapan perlengkapan lapangan meliputi pengadaan peta dasar (peta topografi), persiapan peralatan lapangan dan rencana kerja

1.5.2 Tahapan Penelitian Lapangan

Setelah tahap persiapan dilakukan maka kegiatan selanjutnya yaitu tahap pengambilan data. Pengambilan data lapangan dicatat dalam buku lapangan, adapun data yang diambil berupa data singkapan, litologi, geomorfologi, dan struktur batuan. Data tersebut juga didokumentasikan menggunakan kamera untuk memudahkan peneliti dalam mengingat kembali kondisi lapangan pada saat analisis data dilakukan.

Tahap penelitian lapangan ini merupakan tahapan pemetaan geologi secara detail, yang dimaksudkan untuk memperoleh data lapangan yang lebih rinci, meliputi:

1. Penentuan titik pengamatan pada peta dasar 1: 25.000.
2. Pengamatan dan pengambilan data geomorfologi berupa relief (beda tinggi rata-rata, bentuk lembah, bentuk puncak, dan keadaan lereng), pelapukan (jenis dan tingkat pelapukan), *soil* (warna, jenis dan tebal soil), erosi (jenis dan tingkat erosi), gerakan tanah, sungai (jenis sungai, arah aliran, bentuk penampang dan pola aliran sungai serta pengendapan yang terjadi), tutupan dan tataguna lahan.
3. Pengamatan unsur-unsur geologi untuk penentuan stratigrafi daerah penelitian, antara lain meliputi kondisi fisik singkapan batuan yang diamati langsung di lapangan meliputi: warna, tekstur batuan, struktur batuan komposisi mineral penyusun dan hubungannya terhadap batuan lain di sekitarnya, dan pengambilan conto batuan yang dapat mewakili tiap satuan untuk analisis petrografi.
4. Penentuan dan pengukuran unsur-unsur struktur geologi meliputi pengukuran *strike/dip*, pencatatan data primer dan sekunder penciri struktur geologi daerah penelitian.
5. Pengamatan potensi bahan galian yang terdapat di daerah penelitian, serta data pendukung lainnya seperti keberadaan bahan galian, jenis dan pemanfaatan bahan galian
6. Pengambilan dokumentasi berupa sketsa dan foto.

7. Pengecekan lapangan perlu dilakukan untuk mengevaluasi hasil penelitian pemetaan detail dan untuk melengkapi data yang dianggap kurang.

1.5.3 Tahapan Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan untuk mengolah data-data yang diperoleh di lapangan yang kemudian dianalisis dan diinterpretasi lebih lanjut tentang kondisi geologi daerah penelitian yang mencakup aspek geomorfologi, stratigrafi, struktur geologi, bahan galian, alterasi dan mineralisasi terdiri dari:

1. Pemilahan sampel dimaksudkan untuk memilih sampel yang mewakili dari seluruh sampel batuan yang ada.
2. Preparasi sampel bertujuan untuk mengetahui nama batuan serta kandungan mineral pada batuan meliputi sampel pengamatan petrografi, sampel pengamatan mineragrafi, dan juga sampel yang akan dianalisis kandungan logamnya melalui *atomic absorption spectrometry* (AAS).
3. Pengolahan data geomorfologi, antara lain:
 - a. Analisis relief, meliputi beda tinggi rata-rata, bentuk lembah, bentuk puncak, dan keadaan lereng.
 - b. Analisis pelapukan, meliputi tingkat pelapukan, jenis pelapukan, jenis material, jenis erosi, dan tipe erosi.
 - c. Analisis *soil*, meliputi jenis *soil*, warna, dan ketebalan
 - d. Analisis sungai, meliputi arah aliran sungai, kedudukan batuan di sungai, profil sungai, dan endapan sungai.
4. Pengolahan data stratigrafi, antara lain:
 - a. Deskripsi batuan, meliputi jenis batuan, warna, tekstur, struktur, komposisi mineral, dan nama batuan.
 - b. Koreksi *dip*.
 - c. Penampang geologi yang diperoleh dari pembuatan sayatan geologi yang mewakili satuan batuan.
 - d. Ketebalan satuan batuan, diperoleh dari nilai koreksi *dip* yang diplot dalam penampang geologi.

5. Pengolahan data struktur geologi berupa pengolahan data lipatan, kekar dan sesar menggunakan aplikasi *dips*.
6. Pengolahan data bahan galian, yaitu melihat jenis dan keterdapatan bahan galian pada daerah penelitian.

1.5.4 Tahap Analisis dan Interpretasi Data

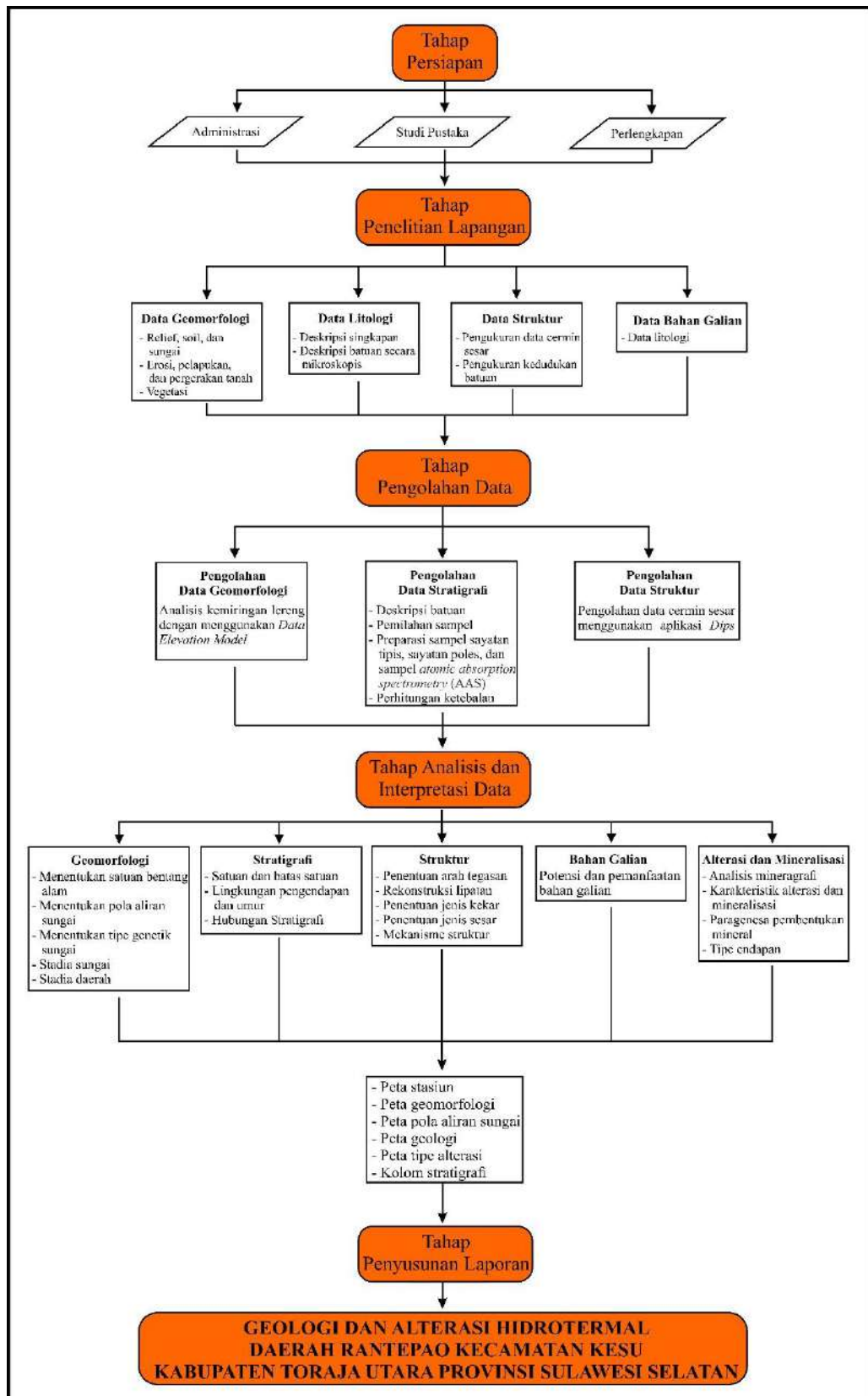
Kegiatan yang dilakukan dalam pengolahan data mencakup kegiatan-kegiatan pengolahan data yang telah diperoleh di lapangan, yaitu:

1. Analisis data geomorfologi, yang didasarkan pada proses-proses geomorfologi yang terjadi di daerah penelitian serta interpretasi peta topografi dengan aspek morfogenesis, morfografi, dan morfometri. Sumber data yang digunakan dalam analisis geomorfologi diperoleh dari data tipe genetis sungai, stadia sungai, data litologi, jenis erosi, jenis gerakan tanah, dan data lainnya yang dapat menunjang dari hasil interpretasi geomorfologi daerah penelitian.
2. Analisis data petrografi, dimaksudkan untuk melihat secara rinci kenampakan mikroskopis batuan pada sayatan tipis untuk setiap batuan yang meliputi: jenis, tekstur, struktur batuan, ukuran mineral, komposisi dan persentase mineral penyusun batuan, sehingga dapat menentukan penamaan batuan secara petrografis. Selain itu, kenampakan mikrofosil pada *thin section* juga dapat menjadi dasar penentuan lingkungan pengendapan atau umur relatif batuan.
3. Analisis data stratigrafi, meliputi penentuan batas dan pengelompokkan setiap satuan batuan kemudian dibandingkan dengan ciri fisik yang sesuai dengan formasi batuan pada geologi regional dengan dasar penamaan litostratigrafi tidak resmi, interpretasi tatanan stratigrafi daerah penelitian, pengamatan kedudukan batuan untuk mengetahui arah umum penyebaran batuan, dan analisis mikropaleontologi batuan untuk menentukan umur relatif batuan dan lingkungan pengendapan batuan, serta hubungannya dengan batuan lain yang ada di sekitarnya hingga pembuatan peta geologi dan kolom stratigrafi.

4. Analisis data struktur geologi, meliputi analisis data bidang sesar yang dijumpai di lapangan dengan menggunakan *software* dips sebagai data pendukung dalam penarikan garis struktur geologi pada peta geologi daerah penelitian.
5. Analisis data bahan galian, meliputi pengamatan terhadap potensi dari lokasi penelitian, penentuan kelompok bahan galian di daerah penelitian berdasarkan peraturan pemerintah.
6. Analisis sejarah geologi, yakni analisis yang dilakukan untuk menguraikan peristiwa kejadian geologi yang disusun secara berurutan sesuai waktu kejadiannya, baik dari umur batuan, struktur geologi, maupun hal-hal yang menyusunnnya.
7. Analisis alterasi dan mineralisasi, yakni analisis yang dilakukan untuk mengetahui karakteristik alterasi dan mineralisasi pada daerah penelitian dan mengetahui paragenesa pembentukan mineral bijih serta mengetahui tipe endapan pada daerah penelitian.

1.5.5 Tahap Penyusunan Laporan

Tahapan ini merupakan tahapan akhir dari keseluruhan tahapan penelitian sebelum presentasi. Pada tahap ini data hasil penelitian lapangan, analisis laboratorium dan pengolahan data dirangkum dan disusun kedalam bentuk tulisan ilmiah berupa laporan pemetaan geologi daerah penelitian yang dilengkapi dengan lampiran-lampiran berupa deksripsi petrografi, deskripsi fosil, peta pola aliran dan tipe genetik sungai, peta stasiun pengambilan data, peta geomorfologi, peta geologi, dan kolom stratigrafi. Penyajian data dan hasil laporan pemetaan geologi tersebut diseminarkan di Departemen Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.



Gambar 2 Diagram Alir Penelitian

1.6 Alat dan Bahan

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

1. Peta Topografi berskala 1: 25.000 yang merupakan hasil perbesaran dari peta rupa bumi skala 1 : 50.000 terbitan Bakosurtanal.
2. Kompas Geologi
3. Palu Geologi
4. Peta Topografi 1 : 25.000
5. *Global Positioning System* (GPS)
6. Lup dengan pembesaran 10 x
7. Komparator klasifikasi batuan beku dan sedimen
8. Meteran dan pita ukur
9. Buku catatan lapangan
10. Tas dan kantong sampel untuk conto batuan
11. Larutan HCl (0,1 M)
12. Kamera
13. Alat tulis-menulis
14. *Clipboard*
15. Perlengkapan pribadi lainnya

Sedangkan alat dan bahan yang akan digunakan selama analisis laboratorium, adalah sebagai berikut:

1. Mikroskop polarisasi untuk analisis petrografi dan mineragrafi
2. Mikroskop binokuler untuk pengamatan mikrofosil
3. Preparat sayatan tipis sampel batuan
4. Kamera foto mikroskop polarisasi
5. Alat tulis-menulis
6. Sayatan tipis batuan

1.7 Peneliti Terdahulu

Daerah penelitian dan sekitarnya telah diteliti secara regional oleh para ahli geologi, antara lain:

1. Armstrong F. Sompotan (2012), menerbitkan buku Struktur Geologi Sulawesi.
2. N. Ratman dan S. Atmawinata (1993) melakukan pemetaan geologi dan menghasilkan peta geologi lembar Mamuju skala 1 : 250.000.
3. Rab Sukamto (1975), penelitian pulau Sulawesi dan pulau-pulau yang ada disekitarnya dan membagi kedalam tiga mandala geologi.
4. Rab Sukamto (1975), penelitian perkembangan tektonik sulawesi dan sekitarnya yang merupakan sintesis yang berdasarkan tektonik lempeng.
5. Surono dan Simanjuntak (1983) meneliti tentang perkembangan daerah Sulawesi dan sekitarnya yang ditinjau dari aspek geomorfologi.
6. Van Bemmelen (1949), yang meneliti tentang evolusi Zaman Tersier dan Kwartir Sulawesi Selatan bagian Selatan dan membahas potensi bahan galian yang ada di Sulawesi.
7. Yuanno Rezky, Kasbani, dan Dedi Kusnadi (2006), yang melakukan penyelidikan geologi dan geokimia daerah panas bumi Sangalla-Makale Kabupaten Tana Toraja, Sulawesi Selatan.
8. Agus Ardianto Budiman (2024), melakukan penelitian terkait karakterisasi dan pemodelan kinetikan pirolisis batuan sumber hidrokarbon formasi Toraja subcekungan Enrekang Provinsi Sulawesi Selatan.
9. Irzal Nur, Ulva Ria Irfan, Sufriadin, dan Asran Ilyas (2016), yang meneliti tentang karakteristik mineralogi dan geokimia endapan sulfida massif vulkanogenik di Daerah Sangkaropi, Toraja Utara, Indonesia

BAB II GEOMORFOLOGI

2.1 Geomorfologi Regional

Geomorfologi regional daerah penelitian termasuk dalam peta geologi Lembar Mamuju skala 1 :250.000 yang dipetakan oleh Ratman dan Atmawinata, (1993). Lembar Mamuju sebagian besar berupa pegunungan, hanya sebagian kecil berupa pebukitan menggelombang dan dataran rendah. Topografi karst terdapat sempit di sekitar Rantepao, di bagian tenggara lembar. Daerah pegunungan Morfologi ini menempati hampir dua pertiga luas daerah yang dipetakan yaitu di bagian tengah, utara, timur laut dan selatan. Daerah ini umumnya berlereng terjal dan curam, puncak bukitnya berkisar dari 800 sampai 3.000 m. Puncak tertinggi adalah Bulu Gandadiwata (± 3.074 m) dan Bulu Potali (± 3.008 m). Di banyak tempat terdapat air terjun, yang menunjukkan ciri kemudaan daerah. Ciri lain berupa lembah yang sempit dan curam.

Di sekitar Barupu dan Panggala, terdapat suatu morfologi, yang berpola saluran memancar. Lereng bukit umumnya terjal dan membentuk ngarai, dindingnya digali untuk pemakaman. Di daerah pegunungan terdapat sedikit topografi karst dan dataran aluvium sempit, yaitu di sekitar Rantepao. Gua alamiah pada batugamping di daerah ini digunakan penduduk setempat sebagai lokasi pemakaman. Daerah pebukitan menggelombang, morfologi ini terdapat di bagian baratdaya Lembar, yaitu daerah antara Teluk Lebani dan Teluk Mamuju. Tinggi pebukitan berkisar dan 500 sampai 600 mdpl. Daerah ini berpola aliran meranting. Dataran rendah menempati bagian barat Lembar, yaitu sepanjang pantai mulai dan Kaluku sampai Babana (daerah S. Budong-budong). Umumnya berpolah aliran meranting (dendritik) dan beberapa sungai bermeander.

2.2 Geomorfologi Daerah Penelitian

Geomorfologi daerah penelitian membahas mengenai kondisi geomorfologi daerah Rantepao Kecamatan Kesu Kabupaten Toraja Utara Provinsi Sulawesi Selatan. Kondisi geomorfologi yang dimaksud yaitu pembagian satuan bentangalam, relief, tingkat dan jenis pelapukan, tipe erosi, jenis gerakan tanah,

soil, analisis sungai yang meliputi jenis sungai, pola aliran sungai, klasifikasi sungai dan tipe genetika sungai. Berdasarkan dari kumpulan data diatas yang dijumpai di lapangan, serta interpretasi peta topografi dan studi literatur yang mengacu pada teori dari beberapa ahli maka dapat diketahui stadia daerah penelitian.

2.2.1 Satuan Geomorfologi

Menurut Lobeck (1939), geomorfologi didefinisikan sebagai studi tentang bentuk lahan. Dalam mendeskripsikan dan menafsirkan bentuk-bentuk bentangalam (*landform* atau *landscapes*) ada tiga faktor yang diperhatikan dalam mempelajari geomorfologi, yaitu: struktur, proses dan stadia. Struktur memberikan informasi mengenai keadaan geologi pada bentang alam tersebut, proses menunjukkan proses yang sedang terjadi pada bentang alam daerah tersebut, dan stadia memberikan penjelasan seberapa jauh proses tersebut berlangsung dalam mengubah bentang alam awal menjadi kondisi saat ini.

Proses geomorfologi merupakan perubahan-perubahan baik secara fisik maupun kimiawi yang dialami permukaan bumi. Penyebab dari proses perubahan tersebut dikenal sebagai agen geomorfologi yang disebabkan oleh faktor endogen dan eksogen. Proses eksogen ini meliputi vulkanisme, pembentukan pegunungan lipatan, patahan yang cenderung untuk bersifat membangun atau konstruktif, sedangkan proses eksogen meliputi erosi, abrasi, gerakan tanah, pelapukan (fisika, kimia, biologi), serta campur tangan manusia yang cenderung bersifat merusak atau destruktif. Kenampakan bentangalam suatu daerah merupakan hasil akhir dari proses-proses geomorfologi yang bekerja (Thornbury, 1969).

Tiga aspek utama geomorfologi untuk pendekatan pemetaan geomorfologi yaitu: morfografi, morfogenesis, dan morfometri. Morfografi merupakan aspek deskriptif area secara kualitatif yang dilakukan dengan cara menganalisis kondisi topografi di lapangan berupa pengenalan bentuk lahan serta identifikasi pola yang tampak dari tampilan kerapatan kontur pada peta sehingga dapat menentukan bentuk perbukitan atau pedataran. Morfometri merupakan aspek kuantitatif terhadap bentuk lahan, berdasarkan jumlah persen dan besar sudut lereng. Morfogenesis merupakan asal usul terbentuknya permukaan bumi, dimana

kenampakan bentuk lahan pada muka bumi disebabkan dua proses yakni endogenik yang dipengaruhi oleh kekuatan dari dalam kerak bumi dan proses eksogenik yang dipengaruhi dari luar seperti iklim, vegetasi, dan erosi (Cahyadi dkk, 2016)

Pendekatan morfografi merupakan pembagian satuan bentang alam yang didasarkan pada aspek kualitatif dari bentuk permukaan bumi yang dijumpai di lapangan, mencakup dataran, perbukitan, dan pegunungan. Aspek ini memperhatikan parameter dari setiap topografi seperti bentuk puncak, bentuk lembah, dan bentuk lereng.

Pendekatan morfometri merupakan penilaian kuantitatif dari suatu bentuk lahan dan merupakan unsur geomorfologi pendukung yang sangat berarti terhadap morfografi dan morfogenetik. Penilaian kuantitatif terhadap bentuk lahan memberikan penajaman tata nama bentuk lahan dan akan sangat membantu terhadap analisis lahan untuk tujuan tertentu, seperti tingkat erosi, kestabilan lereng dan menentukan nilai dari kemiringan lereng tersebut.

Pendekatan secara morfogenetik yaitu mengelompokkan bentangalam berdasarkan pada proses/asal-usul terbentuknya permukaan bumi, seperti bentuk lahan perbukitan/pegunungan, bentuk lahan lembah atau bentuk lahan pedataran. Proses yang berkembang terhadap pembentukkan permukaan bumi tersebut yaitu proses eksogen dan proses endogen.

Pembagian satuan geomorfologi, dilakukan sesuai dengan tujuan dari penggunaan dari informasi bentangalam itu sendiri, sehingga pembagian satuan geomorfologi tidak jarang hanya menggunakan satu pendekatan yaitu morfometri atau bahkan gabungan dua metode pendekatan, misalnya morfometri dan morfografi atau morfografi dan morfogenesis (Thornbury, 1969).

Pelapukan merupakan proses penghancuran atau pengubahan batuan di permukaan bumi yang mengurangi massa batuan baik mengalami proses transportasi ataupun tidak mengalami pemindahan material (Thornbury, 1954). Pelapukan dapat melibatkan proses mekanis (pelapukan mekanis), aktivitas kimiawi (pelapukan kimia), dan aktivitas organisme (termasuk biologi) yang dikenal dengan pelapukan organis (Noor, 2012).

Erosi adalah proses pengikisan batuan dan mineral yang lapuk oleh pergerakan air, angin, gletser, dan gravitasi.

1. *Sheet erosion* atau erosi lembar adalah proses pengikisan air yang terjadi pada permukaan tanah yang searah dengan bidang permukaan tanah, biasanya terjadi pada lereng-lereng bukit yang vegetasinya jarang atau gundul. Setelah erosi percikan terbentuk dan terus berlangsung proses erosi yang akan membentuk aliran lembaran (Noor, 2012).
2. *Rill erosion* atau erosi alur adalah proses pengikisan yang terjadi pada permukaan tanah (terain) yang disebabkan oleh hasil kerja air berbentuk alur-alur dengan ukuran kurang dari 30cm (Thornbury, 1954).
3. *Gully erosion* ialah erosi berbentuk saluran dengan ukuran lebar lembahnya lebih besar 1 meter dan bentuk lembahnya yang relatif melebar kesamping (Noor, 2012).

Selain itu, terdapat bentuk lahan disebabkan karena proses fluvial akibat proses air yang mengalir baik yang memusat (sungai) maupun aliran permukaan bebas (Noor, 2012).

Berdasarkan pada tujuan akhir dari pengumpulan data geomorfologi yaitu mengetahui kondisi geomorfologi daerah penelitian, maka pengelompokkan satuan bentangalam pada daerah penelitian menggunakan pendekatan morfografi dan morfometri, karena proses geomorfologi yang berbeda menghasilkan bentangalam yang berbeda pula, yang didasarkan atas karakteristik topografi yang mengacu kepada tingkatan tertentu kondisi iklim yang membentuk topografi (Thornbury, 1969).

Berdasarkan uraian di atas dan gejala-gejala geomorfologi yang dijumpai di lapangan, maka pembagian satuan geomorfologi pada daerah penelitian dibagi menjadi empat satuan antara lain:

1. Satuan Geomorfologi Pedataran Fluvial
2. Satuan Geomorfologi Pedataran Denudasional
3. Satuan Geomorfologi Perbukitan Denudasional
4. Satuan Geomorfologi Perbukitan Karst

Adapun penjelasan lebih rinci mengenai setiap satuan geomorfologi tersebut akan dibahas dalam uraian berikut ini.

2.2.1.1 Satuan Geomorfologi Pedataran Fluvial

Satuan geomorfologi ini menempati sekitar 4,76% dari luas keseluruhan daerah penelitian dengan luas sekitar 2 km². Satuan ini membentang dari Utara hingga ke Barat Daya daerah penelitian yang mencakup Daerah Tagari, Darra, dan Kalambe.

Berdasarkan pendekatan morfografi, satuan geomorfologi ini memiliki nilai sudut lereng sebesar 0° - 2° dengan beda tinggi sekitar 0 - 5 meter di atas permukaan laut, sehingga berdasarkan ketinggian relatifnya maka bentuk topografi atau relief satuan dapat digolongkan sebagai pedataran.



Gambar 3 Kenampakan satuan geomorfologi pedataran pada Daerah Tampak (Stasiun 87) dengan arah pengambilan foto N 179°E

Analisis morfogenesis pada daerah penelitian mengacu pada asal-usul (genesis) pembentukan dan perkembangan bentangalam baik secara konstruksional yang dipengaruhi oleh proses endogen maupun destruksional yang dipengaruhi oleh proses geologi eksogen yaitu pelapukan. Berdasarkan pendekatan morfogenesis, satuan geomorfologi ini didominasi oleh proses erosi dan sedimentasi yang

dicirikan oleh adanya endapan yang terbentuk pada daerah penelitian. Material penyusun morfologi ini berasal dari hasil akumulasi dari proses-proses erosi dan pelapukan dari beberapa sungai dan terakumulasi pada sungai besar membentuk daerah pedataran yang menyusun morfologi ini.

Jenis pelapukan pada satuan geomorfologi ini berupa pelapukan fisika yaitu proses yang menyebabkan perubahan ukuran batuan yang berukuran besar menjadi material yang berukuran lebih kecil akibat dari aliran dan arus sungai. Proses ini yang menyebabkan terbentuknya *soil* yang membentuk morfologi yang landai.



Gambar 4 Kenampakan *point bar* pada stasiun 76 Sungai Sadan dengan arah pengambilan foto N 80°E

Erosi yang terjadi pada daerah ini didominasi oleh erosi lateral. Hal ini terlihat pada profil sungai yang berbentuk “U. Hasil erosi tersebut sebagian terendapkan sebagai endapan sungai. Proses sedimentasi yang ada pada satuan ini yaitu endapan sungai *point bar* (Gambar 4), dengan ukuran material bongkah – pasir halus. *Point bar* merupakan kenampakan bentuk bentangalam yang berada pada kelokan sungai bagian dalam yang merupakan hasil pengendapan sungai pada bagian dalam dari suatu kelokan sungai (*meander*) (Noor, 2012).

Tingkat pelapukan di daerah ini relatif sedang hingga tinggi. Hal tersebut dapat diketahui dengan melihat kondisi *soil* yang tebal dari 0,5 m – 2 m. Jenis *soil*

merupakan *transported soil* yang merupakan hasil pelapukan dari material yang terbawa oleh arus sungai. Warna *soil* umumnya merah kecokelatan hingga coklat kelabu.

Berdasarkan uraian karakteristik morfogenesis pada daerah penelitian bahwa proses yang dominan bekerja pada satuan ini termasuk dalam bentuk proses asal fluvial.

2.2.1.2 Satuan Geomorfologi Pedataran Denudasional

Satuan geomorfologi ini menempati sekitar 19,04% dari luas keseluruhan daerah penelitian dengan luas sekitar 8 km². Satuan ini membentang dari Utara hingga ke Barat Daya daerah penelitian yang mencakup Daerah Kalemang, Malango, Balebo, Pasele, Karassik, Buntu, Pangrante, dan Popong.

Berdasarkan pendekatan morfografi, satuan morfologi ini memiliki nilai sudut lereng sebesar 0° - 12° dengan beda tinggi sekitar 0 - 100 meter di atas permukaan laut, sehingga berdasarkan ketinggian relatifnya maka bentuk topografi atau relief satuan dapat digolongkan sebagai pedataran.

Kenampakan topografi dari satuan ini secara langsung di lapangan memberikan gambaran pola kontur yang renggang dengan ketinggian 770 – 850 meter dan berdasarkan hasil pengamatan langsung di lapangan, daerah ini memiliki relief datar (Gambar 5).



Gambar 5 Kenampakan satuan geomorfologi pedataran dengan tata guna lahan persawahan pada stasiun 88 dengan arah pengambilan foto N 186°E

Analisis morfogenesis pada daerah penelitian mengacu pada asal-usul (genesis) pembentukan dan perkembangan bentangalam baik secara konstruksional yang dipengaruhi oleh proses endogen maupun destruksional yang dipengaruhi oleh proses geologi eksogen yaitu pelapukan. Berdasarkan pendekatan morfogenesis, satuan geomorfologi ini didominasi oleh proses denudasi yang dicirikan oleh adanya proses pelapukan dan Gerakan massa tanah/batuan (*mass movement*).

Adapun proses pelapukan yang bekerja pada satuan geomorfologi ini adalah proses pelapukan fisika. Pelapukan fisika mengakibatkan batuan dapat hancur menjadi beberapa bagian yang lebih kecil atau partikel-partikel yang lebih halus akibat perubahan secara cepat. Tingkat pelapukan daerah ini sangat tinggi dengan *soil* yang tebal dan sangat jarang dijumpai singkapan batuan.

Pada satuan geomorfologi ini dijumpai gerakan massa (*mass wasting*) sebagai salah satu proses eksogenik yang turut berperan dalam mengontrol pembentukan morfologi ini. Gerakan massa yang dijumpai pada daerah penelitian ini dapat dikelompokkan ke dalam *debris slide* (Gambar 6) pada daerah Buntu. *Debris slide* atau longsor bahan rombakan merupakan gerakan tanah yang berupa

pergerakan material campuran yang jatuh mengikuti bidang gelincirnya (Van Zuidam, 1985)



Gambar 6 Kenampakan gerakan tanah yang memiliki bidang gelincir (*Debris slide*) pada stasiun 90 di daerah Buntu dengan arah foto N 78°E

Litologi pada satuan geomorfologi ini disusun oleh batupasir dan batugamping. Secara umum tata guna lahan pada satuan geomorfologi ini berupa persawahan dan pemukiman. Berdasarkan hasil analisa melalui pendekatan morfografi dan morfogenesis, maka dapat disimpulkan bahwa satuan geomorfologinya adalah Satuan Geomorfologi Pedataran Denudasional.



Gambar 7 Kenampakan tata guna lahan persawahan pada Daerah Karassik (Stasiun 79) pada satuan geomorfologi pedataran denudasional dengan arah foto N 118°E

2.2.1.3 Satuan Geomorfologi Perbukitan Denudasional

Satuan geomorfologi ini menempati sekitar 57,14% dari luas keseluruhan daerah penelitian dengan luas sekitar 24 km². Satuan ini meliputi bagian Barat Laut dan Timur daerah penelitian yang mencakup Daerah Linda, Tiroan, Bone, Mengkepe, Bonoran, Buntu Susan, Buntu Layang, Padang, Panga, Kecamatan Sanggalangi, Batupik, Simuluk, Batupapan, dan Lebani.

Berdasarkan pendekatan morfografi, satuan morfologi ini memiliki nilai sudut lereng sebesar 16° - 55° dengan beda tinggi 50 - 200 meter di atas permukaan laut, sehingga berdasarkan ketinggian relatifnya maka bentuk topografi atau relief satuan dapat digolongkan sebagai perbukitan.

Kenampakan secara langsung di lapangan dari satuan ini memperlihatkan bentuk topografi berupa perbukitan bergelombang dengan ketinggian 750 – 950 meter dan terdapat ciri khas pada kontur dipeta topografi menunjukkan adanya *spotting-spotting area* yang diinterpretasikan sebagai bukit sisa. Daerah ini memiliki relief bergelombang yang ditandai dengan dijumpainya lereng yang bergelombang lemah dengan bentuk puncak yang tumpul dan lembah yang menyerupai huruf “V” (Gambar 8).



Gambar 8 Kenampakan geomorfologi perbukitan pada Daerah Kendenan (stasiun 20) dengan bentuk puncak tumpul (Y) dan Lembah membentuk huruf “V” (X) dengan arah pengambilan foto N 56°E

Analisis morfogenesis daerah penelitian merupakan analisis terhadap karakteristik bentukan alam hasil dari proses-proses yang merubah bentuk muka bumi. Adapun proses morfogenesis yang dominan bekerja pada satuan geomorfologi ini merupakan proses denudasi yang dicirikan oleh proses pelapukan, erosi dan gerakan massa tanah/batuan (*mass movement*) sehingga termasuk dalam morfologi denudasional.

Jenis pelapukan yang dominan adalah pelapukan kimia dan biologi. Pelapukan kimia ditandai dengan adanya *spheroidal weathering* (gambar 9) dan juga perubahan warna pada litologi andesit porfiri di daerah penelitian (gambar 10). Perubahan warna pada batuan disebabkan karena adanya perubahan komposisi kimia akibat oksidasi dan pada akhirnya akan menjadi bahan pembentuk *soil*. Pelapukan biologi terjadi oleh adanya tekanan dari tubuh maupun akar dari suatu tumbuhan terhadap batuan penyusun daerah penelitian sehingga batuan akan pecah-pecah menjadi fragmen-fragmen.



Gambar 9 *Spheroidal weathering* pada litologi andesit porfiri pada stasiun 25 dengan arah pengambilan foto N 170°E



Gambar 10 Perubahan warna batuan andesit porfiri stasiun 25 Daerah Buntu Layang dengan arah pengambilan foto N 165°E

Erosi merupakan salah satu proses eksogenik yang bekerja pada daerah penelitian. Erosi terjadi baik pada *soil* hasil lapukan batuan maupun pada batuan yang telah berkurang resistensinya terhadap limpasan air. Jenis erosi yang dijumpai pada daerah penelitian berupa *rill erosion* (Gambar 13) yang didasarkan oleh besar dimensinya yang terdapat pada Daerah Tagari. *Rill erosion* atau erosi alur terbentuk akibat aktivitas pengikisan oleh aliran air hujan di permukaan dimana erosi vertikal

lebih dominan dari erosi horizontal membentuk saluran - saluran yang relatif sempit dengan lebar kurang dari 1 m. Secara umum tipe *soil* pada daerah penelitian berupa *residual soil* yang terbentuk dari hasil pelapukan batuan yang ada di bawahnya dengan ketebalan ± 4 meter dengan kenampakan warna merah kecokelatan dan abu-abu kecokelatan.



Gambar 11 Kenampakan material *soil* hasil pelapukan batuan (*residual soil*) pada litologi batupasir dengan warna abu-abu kecokelatan dengan tebal ± 4 meter pada stasiun 40 dengan arah pengambilan N 305°E



Gambar 12 Pelapukan oleh vegetasi pada litologi batupasir stasiun 32 dengan arah pengambilan foto N 125°E



Gambar 13 *Rill erosion* pada stasiun 62 Daerah Tagari dengan arah pengambilan foto N 108°E

Gerakan tanah yang dijumpai pada satuan ini adalah *debris slide*, *debris fall*, dan *rock fall*. *Debris slide* merupakan perpindahan material campuran batuan dan tanah yang jatuh mengikuti bidang gelincirnya (Gambar 14). *Debris fall* yaitu jatuhnya material campuran batuan dan tanah pada lereng yang terjal (Gambar 15). *Rock fall* merupakan jatuhnya blok batuan pada lereng yang terjal (Gambar 16). *Rock slide* yaitu perpindahan blok batuan yang jatuh mengikuti bidang gelincirnya. Proses-proses ini disebabkan karena pada daerah dengan lereng terjal, kemiringan lereng akan semakin besar. Dengan bertambahnya kemiringan lereng, maka kondisi tanah akan semakin tidak stabil, menyebabkan terjadinya gerakan tanah.



Gambar 14 *Debris Slide* pada stasiun 60 dengan arah pengambilan foto N 12°E



Gambar 15 *Debris fall* pada stasiun 55 dengan arah pengambilan foto N 15°E



Gambar 16 *Rock fall* pada stasiun 83 dengan arah pengambilan foto N 48°E

Litologi pada satuan geomorfologi ini disusun oleh batupasir, andesit porfiri, dan diorit kuarsa. Secara umum tata guna lahan pada satuan geomorfologi ini berupa persawahan dan pemukiman. Berdasarkan hasil analisa melalui pendekatan morfografi dan morfogenesis, maka dapat disimpulkan bahwa satuan geomorfologinya adalah Satuan Geomorfologi Perbukitan Denudasional.

2.2.1.4 Satuan Geomorfologi Perbukitan Karst

Satuan geomorfologi ini menempati sekitar 19,04 % dari luas keseluruhan daerah penelitian dengan luas sekitar 8 km². Satuan ini meliputi bagian barat daya dan barat laut daerah penelitian yang mencakup Daerah Buntu Singki, Rantepao, Kondongan, Tonga dan Buntu Kesu.

Berdasarkan pendekatan morfografi, satuan morfologi ini memiliki nilai sudut lereng sebesar 16° - 55° dengan beda tinggi 50 - 250 meter di atas permukaan laut, sehingga berdasarkan ketinggian relatifnya maka bentuk topografi atau relief satuan dapat digolongkan sebagai perbukitan.

Kenampakan morfologi secara langsung di lapangan dari satuan ini memperlihatkan bentuk topografi berupa perbukitan dengan ketinggian 850 – 1.050 meter di atas permukaan laut. Daerah ini menunjukkan puncak dengan bentuk tumpul dan lembah yang menyerupai huruf “U” (Gambar 17).



Gambar 17 Kenampakan geomorfologi perbukitan pada Daerah Kesu dengan bentuk puncak tumpul (X) dan bentuk Lembah membentuk huruf “U” (Y) dengan arah pengambilan foto N 205°E

Karst adalah bentangalam dengan batuan penyusun yang mudah larut, batuan tersebut dapat larut baik dipermukaan maupun dibawah permukaan oleh oleh aktifitas air dan memiliki karakteristik relief dan drainase yang khas (Hugget, 2017). Adapun proses morfogenesis yang dominan bekerja pada satuan geomorfologi ini merupakan proses karstifikasi yang dicirikan oleh adanya tebing-tebing hasil pelarutan batuan karbonat pada beberapa tempat. Selain itu, dijumpai pula gua karst yang merupakan produk hasil pelarutan.



Gambar 18 Kenampakan tebing-tebing hasil pelarutan batuan karbonat pada stasiun 78 dengan arah pengambilan foto N 315°E



Gambar 19 Kenampakan gua karst pada stasiun 79 dengan arah pengambilan foto N 285°E

Tingkat pelapukan daerah penelitian tergolong sedang-tinggi di tandai dengan ketebalan *soil* yang mencapai 6 meter dengan tipe *residual soil*. Jenis pelapukan yang dominan adalah pelapukan kimia dan biologi. Pelapukan kimia ditandai dengan adanya perubahan warna pada litologi batugamping dan juga lubang-lubang pada batuan di daerah penelitian (gambar 20). Pelapukan biologi terjadi oleh adanya tekanan dari tubuh maupun akar dari suatu tumbuhan terhadap

batuan penyusun daerah penelitian sehingga batuan akan pecah-pecah menjadi fragmen-fragmen (gambar 21).



Gambar 20 Kenampakan pelapukan kimia pada stasiun 15 dengan arah pengambilan foto N 247°E



Gambar 21 Kenampakan pelapukan biologi pada stasiun 8 dengan arah pengambilan foto N 252°E

Gerakan tanah yang dijumpai pada satuan ini adalah *Debris slide*. *Debris slide* merupakan perpindahan material campuran batuan dan tanah yang jatuh mengikuti bidang gelincirnya. Proses ini disebabkan karena pada daerah dengan

lereng terjal, kemiringan lereng akan semakin besar. Dengan bertambahnya kemiringan lereng, maka kondisi tanah akan semakin tidak stabil, menyebabkan terjadinya gerakan tanah.



Gambar 22 *Debris slide* pada stasiun 16 dengan arah pengambilan foto N 12°E

Litologi pada satuan geomorfologi ini disusun oleh batugamping. Secara umum tata guna lahan pada satuan geomorfologi ini berupa tempat wisata, pertambangan, dan pemukiman. Berdasarkan hasil analisa melalui pendekatan morfometri dan morfogenesis, maka dapat disimpulkan bahwa satuan geomorfologinya adalah Satuan Geomorfologi Perbukitan Karst.



Gambar 23 Kenampakan tata guna lahan pertambangan pada Daerah Pangrante (Stasiun 78) pada satuan geomorfologi perbukitan karst

2.2.2 Sungai

Pembahasan tentang sungai pada daerah penelitian meliputi klasifikasi sungai yang didasarkan pada kuantitas air yang mengalir pada saluran tertentu sepanjang tahun, pola aliran sungai yang merupakan penggabungan dari beberapa individu yang saling berhubungan membentuk suatu pola dalam kesatuan ruang, dan tipe genetik sungai yang merupakan hubungan antara kedudukan perlapisan batuan sedimen terhadap arah aliran Sungai (Thornbury, 1954).

2.2.2.1 Jenis Sungai

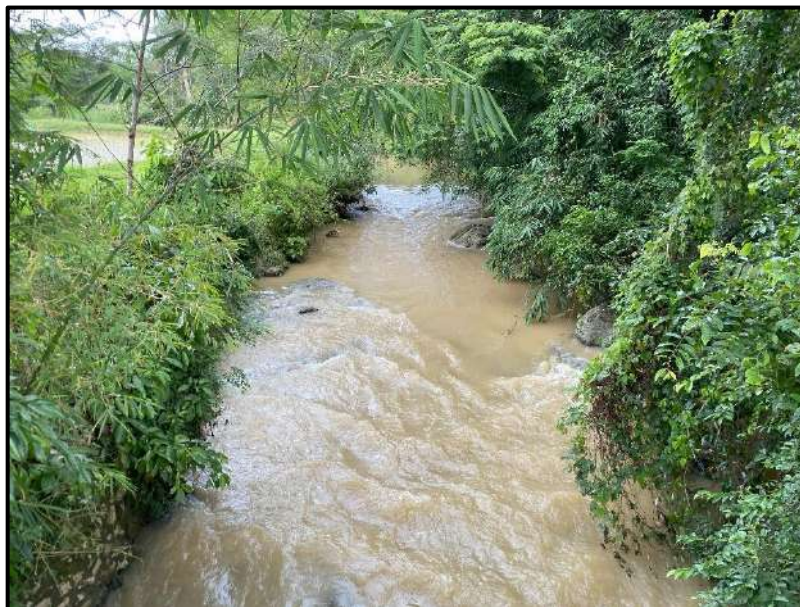
Menurut Thornbury (1954) dalam bukunya yang berjudul “*Principles of Geomorphology*” sungai terbagi atas beberapa jenis yang dibagi berdasarkan debit air sungainya sebagai berikut:

1. Sungai permanen (*perennial*), merupakan sungai yang debit airnya sepanjang tahun relatif tetap, tipikal sungai yang mengalir sepanjang tahun.
2. Sungai periodik (*intermittent*), merupakan sungai yang pada waktu musim hujan debit airnya banyak, sedangkan pada musim kemarau debit airnya kecil.
3. Sungai episodik (*ephemeral*), merupakan sungai yang pada musim kemarau airnya kering dan pada musim hujan airnya banyak.

Berdasarkan pembagian sungai diatas, maka dapat digolongkan sungai pada daerah penelitian merupakan jenis sungai permanen (Gambar 24) dan sungai periodik (Gambar 25).



Gambar 24 Kenampakan jenis sungai permanen pada Daerah Popong (Stasiun 89) dengan arah pengambilan foto N 65°E



Gambar 25 Kenampakan jenis sungai periodik pada anak sungai Salu Marin (Stasiun 21), lebar sungai + 4 m dengan arah pengambilan foto N 34°E

2.2.2.2 Pola Aliran Sungai

Pola aliran sungai (*drainage pattern*) merupakan penggabungan dari beberapa individu sungai yang saling berhubungan membentuk suatu pola dalam kesatuan ruang (Thornbury, 1969).

Pola pengaliran (*drainage pattern*) yang berkembang akan berbeda disetiap daerah. Pola aliran yang berkembang pada suatu daerah baik secara regional maupun secara lokal dikontrol oleh jenis litologi, tingkat resistensi litologi, bentuk awal morfologi setempat dan struktur geologi yang berkaitan dengan genesa dan evolusi perkembangan sistem pengaliran sungai tersebut (Howard, 1967 dalam Van Zuidam, 1985).

Menurut Thornbury (1954) dalam buku *Principles of Geomorphology* membagi jenis-jenis pola aliran sungai menjadi tujuh sebagai berikut.

1. Pola aliran dendritik, adalah pola aliran sungai yang dicirikan oleh percabangan anak sungai yang tidak teratur ke banyak arah dan di hampir semua sudut dan berbentuk menyirip.
2. Pola aliran trellis, adalah pola aliran sungai yang sungai besar membuat tikungan yang hampir bersudut siku-siku untuk memotong atau melewati antara punggung-punggungan yang sejajar dan anak-anak sungai utama biasanya tegak lurus dengan arus utama.
3. Pola aliran rektangular, adalah pola aliran sungai yang aliran utama dan anak-anak sungai menampilkan kelokan siku-siku.
4. Pola aliran sentripetal, menunjukkan garis aliran konvergen menjadi depresi pusat.
5. Pola aliran parallel, biasanya ditemukan dimana ada kemiringan yang jelas dan mengarah pada jarak teratur aliran paralel atau hampir paralel.
6. Pola aliran annular, dapat ditemukan di sekitar kubah yang memotong singkapan yang lebih lemah mengikuti jalur melingkar di sekitar kubah dan memiliki bentuk seperti cincin.
7. Pola aliran radial, menunjukkan lebih banyak keadaannya daripada pola aliran lainnya.

[illegible]

2.2.2.3 Tipe Genetik Sungai

Tipe genetika sungai dapat dibedakan berdasarkan atas kemampuan untuk menyimpan, menahan air, bentuk linear dari sungai, bentuk profil dari sungai, panjang sungai, atau berdasarkan atas genesa serta evolusi dari sungai yang diakibatkan oleh struktur batuan dasar yang tergantung dari strike dan dip dari lapisan batuan, struktur geologi dan stabilitas sungai (Van Zuidam, 1985).

Tipe genetik sungai dapat dibagi atas tipe konsekuen, tipe subsekuen, tipe obsekuen, dan tipe insekuen. Menurut Thornbury (1969) menjelaskan tipe genetik sungai sebagai berikut :

1. Tipe sungai konsekuen, merupakan tipe genetik sungai yang arah alirannya searah dengan kemiringan batuan.
2. Tipe sungai obsekuen adalah tipe genetik sungai yang arah aliran sungainya berlawanan arah dengan kemiringan batuan.
3. Tipe sungai subsekuen merupakan sungai yang arah alirannya searah dengan arah penyebaran batuan,
4. Tipe sungai insekuen merupakan tipe genetik sungai yang tidak dipengaruhi dengan kedudukan batuan yang biasanya terjadi pada batuan beku.

Tipe genetik sungai yang terdapat pada daerah penelitian yaitu tipe genetik obsekuen dan subsekuen. Tipe genetik obsekuen ditemukan pada litologi batugamping di Daerah Malango dimana arah aliran sungai berlawanan dengan arah dip batuan (Gambar 27). Sedangkan tipe genetik subsekuen ditemukan pada litologi batugamping di Daerah Kalambe dimana arah aliran sungai searah dengan arah perlapisan batuan (Gambar 28).



Gambar 27 Kenampakan tipe genetik sungai obsekuen pada Daerah Malango (Stasiun 66) dengan arah aliran N 178°E difoto kearah N 350°E



Gambar 28 Kenampakan tipe genetik sungai subsekuen pada Daerah Kalambe (Stasiun 67) dengan arah aliran N 181°E difoto kearah N 191°E

2.2.2.4 Stadia Sungai

Penentuan stadia sungai pada daerah penelitian didasarkan pada bentuk lembah sungai, pola aliran sungai, jenis erosi dan pengendapan yang bekerja sepanjang sungai serta bentuk aliran sungai (Noor, 2012).

Menurut Thornbury (1969) membagi stadia sungai ke dalam tiga jenis yaitu sungai muda (*young river*), dewasa (*mature river*), dan tua (*old age river*). Sungai muda (*young river*) memiliki karakteristik dimana dinding-dinding sungainya membentuk profil lembah sungai “V” dan erosi dominan yang bekerja adalah erosi lateral dan sungai dewasa (*mature river*) memiliki karakteristik erosi yang bekerja relatif seimbang antara erosi vertikal dan lateral, dan sudah dijumpai sedimentasi setempat-setempat seperti *point bar* dan *channel bar* yang tersusun oleh material sedimen berukuran kerakal hingga pasir halus serta membentuk profil lembah sungai “U”. Sedangkan sungai tua (*old age river*) memiliki karakteristik berupa profil sungai memiliki kemiringan landai dan sangat luas, lebar lembah lebih luas dibandingkan dengan *meander belts*, arus sungai lemah yang disertai dengan sedimentasi, erosi lateral mendominasi, dijumpai adanya *oxbow lake* atau danau tapal kuda.

Pada daerah penelitian profil sungai secara umum berbentuk “U” dengan penampang landai dan lebar dengan pola saluran yang berkelok-kelok membentuk sudut siku-siku, sudah tidak lagi dijumpai singkapan batuan dasar sungai dan dinding sungai berupa *residual soil*, *transported soil*, dan singkapan. Hal ini menunjukkan terjadinya pengikisan pada dinding sungai dan tubuh sungai, sehingga erosi yang berkembang adalah erosi vertikal dan lateral. Erosi pada dinding sungai dan tubuh sungai yang disebabkan oleh arus sungai membentuk endapan pada pinggir sungai yang tersusun atas material berukuran bongkah – pasir halus. Selain itu, pada Sungai utama di daerah penelitian yakni Sungai Sadan memiliki karakteristik profil Sungai yang lebar dengan kemiringan yang landai dan juga dijumpai *meander belt* yang luas, sehingga ada kemungkinan dapat membentuk *oxbow lake*. Berdasarkan data-data lapangan tersebut, maka dapat diinterpretasikan bahwa stadia sungai pada daerah penelitian adalah stadia sungai dewasa menjelang tua.



Gambar 29 Kenampakan profil lembah sungai “U” pada sungai Daerah Tagari (Stasiun 65) dengan dinding sungai berupa batuan karbonat dan arah pengambilan foto N 292°E



Gambar 30 Kenampakan profil lembah sungai “U” pada Sungai Sadan di Daerah Popong (Stasiun 89) dengan arah pengambilan foto N 265°E



Gambar 31 Kenampakan profil lembah sungai “U” pada Salu Marin (Stasiun 41) dengan arah pengambilan foto N 85°E



Gambar 32 Kenampakan *meander belt* pada Sungai Sadan

2.3 Stadia Daerah Penelitian

Perkembangan stadia daerah pada dasarnya menggambarkan seberapa jauh morfologi daerah telah berubah dari morfologi aslinya. Tingkat kedewasaan daerah atau stadia daerah dapat ditentukan dengan melihat hasil kerja proses-proses geomorfologi yang diamati pada bentuk-bentuk permukaan bumi yang dihasilkan dan didasarkan pada siklus erosi dan pelapukan yang bekerja pada suatu daerah mulai saat terangkatnya sampai terjadi perataan bentangalam (Thornburry, 1969).

Penentuan stadia daerah pada daerah penelitian ditentukan berdasarkan Lobeck (1939), stadia daerah dibagi menjadi empat dan mempunyai ciri tersendiri, yaitu stadia muda, stadia dewasa dan stadia tua serta *rejuvenation*. Secara umum stadia muda masih belum berubah dari bentuk aslinya, stadia dewasa sudah mulai berubah akibat proses eksogenik, stadia tua proses eksogenik sangat kuat sehingga topografi menjadi lebih rendah dan yang terakhir stadia *rejuvenation* dimana pada stadia ini terjadi proses peremajaan seperti adanya proses pengangkatan sehingga dapat terjadi siklus baru.

Tingkat erosi pada daerah penelitian dapat dilihat dari bentuk profil lembah sungainya yang berbentuk “U” yang menunjukkan bahwa telah terjadi proses erosi secara lateral dan vertikal. Sungai pada daerah penelitian memiliki karakteristik dinding-dinding berupa singkapan, *transported soil*, dan *residual soil* dengan

penampang yang landai dan lebar, serta tidak dijumpai lagi singkapan batuan dasar sungai. Relief pada daerah penelitian datar hingga berbukit bergelombang/miring dengan bentuk puncak relatif tumpul dan bentuk lembah berbentuk V. Hal ini menandakan proses pengelupasan pada daerah penelitian cukup intensif yang juga didukung oleh adanya *spotting-spotting area* yang diinterpretasikan sebagai bukit sisa dan dijumpai pula gerakan tanah (*mass movement*) di beberapa titik pada daerah penelitian.

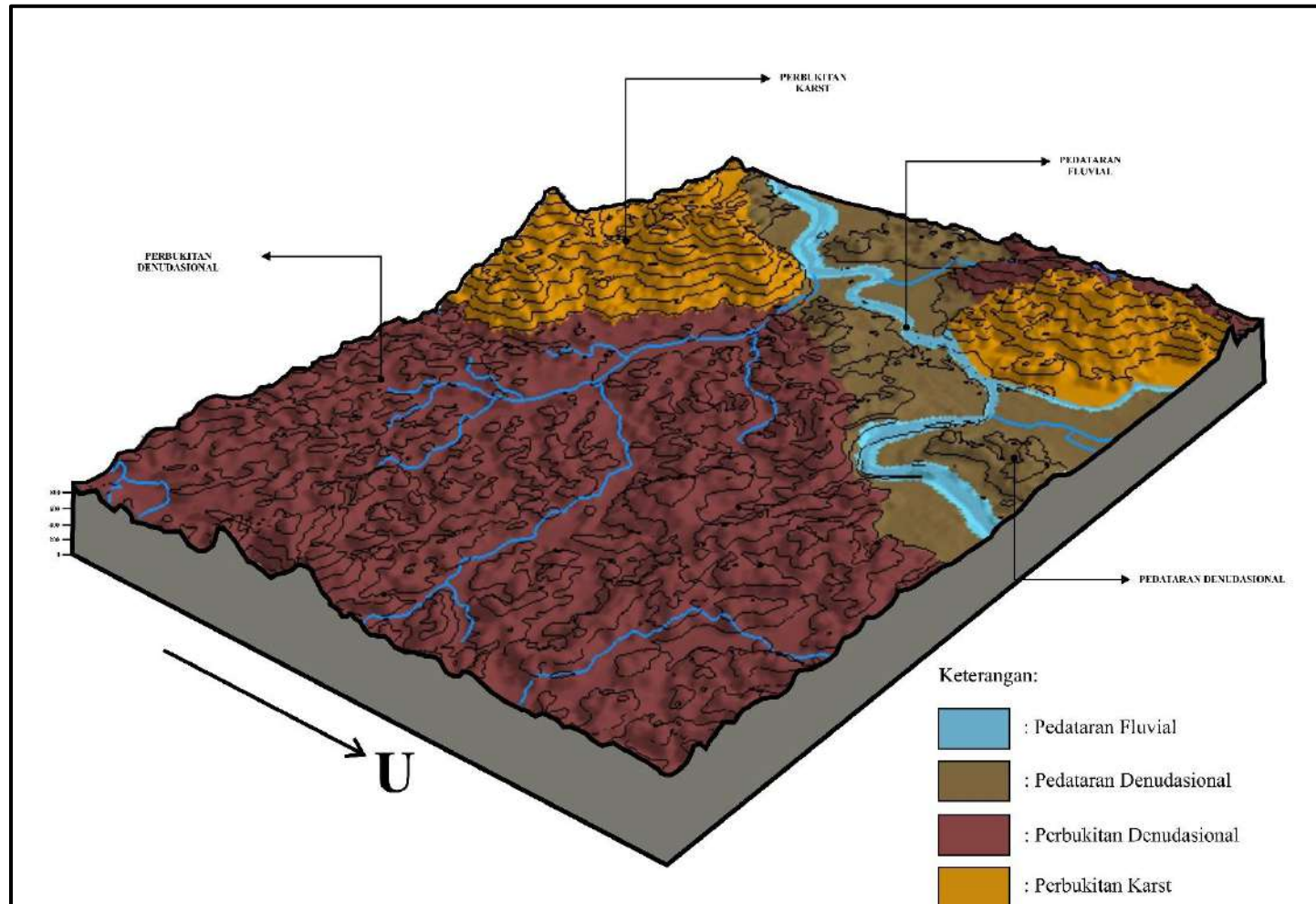
Dari proses destruksional berupa tingkat pelapukan yang relatif sedang-tinggi dengan karakteristik ketebalan soil antara 0,5 – 6 meter. Adapun jenis pelapukan yang terdapat pada daerah penelitian merupakan pelapukan kimia dan biologi. Proses erosi daerah penelitian berupa *rill erosion*. Selain itu, dijumpai pula gerakan tanah pada daerah penelitian berupa *debris slide*, *debris fall*, dan *rockfall*. Proses sedimentasi daerah penelitian terlihat dengan adanya *point bar* berupa material- material berukuran bongkah hingga pasir halus. Kuantitas vegetasinya relatif sedang sampai tinggi. Lahannya digunakan untuk persawahan, tempat wisata, pertambangan serta sebagai pemukiman penduduk.

Berdasarkan parameter analisis morfogenesis dan morfometri pada daerah penelitian, serta analisis terhadap dominasi dari persentase penyebaran karakteristik atau ciri-ciri bentukan alam yang dijumpai di lapangan, maka stadia daerah pada daerah penelitian adalah stadia dewasa.

Tabel 1 Pengamatan Geomorfologi Daerah Penelitian

ASPEK GEOMORFOLOGI			SATUAN BENTANG ALAM			
			PEDATARAN FLUVIAL	PEDATARAN DENUDASIONAL	PERBUKITAN DENUDASIONAL	PERBUKITAN KARST
Luas Wilayah			2 km ² (4,76%)	8 km ² (19,04%)	24 km ² (57,14%)	8 km ² (19,04%)
Morfologi	Persentase Sudut (%)		0 - 2 %	0 - 12 %	21 - 55 %	21 - 55 %
	Beda Tinggi (meter)		0 - 5 meter	0 – 100 meter	50 - 200 meter	50 - 250 meter
	Relief		Datar	Datar	Terjal	Terjal
	Bentuk Puncak		-	-	Tumpul	Tumpul
	Bentuk Lembah		-	-	"V"	"V" dan “U”
	Bentuk Lereng		Landai	Landai	Curam	Curam
Morfogenesis	Gerakan Tanah		-	<i>Debris slide</i>	<i>Debris slide, debris fall, dan rockfall</i>	<i>Debris slide</i>
	Jenis Erosi		-	-	<i>Rill erosion</i>	-
	Pengendapan		<i>Point bar</i>	-	-	-
	Jenis Pelapukan		Fisika	Fisika	Kimia dan Biologi	Kimia dan Biologi
	Tingkat Pelapukan		Sedang-Tinggi	Sedang-Tinggi	Sedang-Tinggi	Sedang-Tinggi
	Soil	Jenis Soil	<i>Transported Soil dan Residual Soil</i>	<i>Residual Soil</i>	<i>Residual Soil</i>	<i>Residual Soil</i>
		Tebal	± 0,5 - 2 meter	± 1 - 10 meter	± 2 - 4 meter	± 2 - 6 meter
		Warna	Abu-abu kehitaman, Merah kecokelatan	Abu-abu kehitaman, Merah kecokelatan	Merah Kecokelatan, Abu- Abu Kecokelatan	Abu-abu kehitaman
	Sungai	Tipe Genetik	Subsekuen	Subsekuen	Subsekuen, Obsekuen	-
		Jenis	Permanen	Periodik	Periodik	-
		Profil Lembah	“U”	"U"	"U"	-
		Pola Aliran	Rektangular	Rektangular	Rektangular	-
		Stadia	Dewasa-tua	Dewasa	Dewasa	-
Litologi Penyusun			Batugamping dan batupasir	Batupasir dan batugamping	Batupasir, andesit porfiri, dan diorit kuarsa	Batugamping

Tata Guna Lahan	Persawahan	Persawahan dan Pemukiman	Persawahan dan Pemukiman	Tempat Wisata, Persawahan, dan Pemukiman
Struktur Geologi		-	Cermin Sesar	Kekar, Breksi sesar
Stadia Daerah	Dewasa			



Gambar 33 Gambar Peta Geomorfologi 3D pada daerah penelitian