

**PEMODELAN DENSITAS KERENTANAN GERAKAN TANAH
MENGUNAKAN DEM IFSAR DI KABUPATEN GOWA
PROVINSI SULAWESI SELATAN**

*MODELING DENSITY OF LANDSLIDE VULNERABILITY
USING IFSAR DEM IN GOWA REGENCY
SOUTH SULAWESI*

JOHAN EDEN TASIKDUATONDOK



**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**GOWA
2020**

**PEMODELAN DENSITAS KERENTANAN GERAKAN TANAH
MENGUNAKAN DEM IFSAR DI KABUPATEN GOWA
PROVINSI SULAWESI SELATAN**

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Magister Teknik

Program Studi Magister Teknik Geologi

Universitas Hasanuddin

Disusun dan diajukan oleh

JOHAN EDEN TASIKDUATONDOK

Kepada

**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

GOWA

2020

TESIS

PEMODELAN DENSITAS KERENTANAN GERAKAN TANAH MENGUNAKAN DEM IFSAR DI KABUPATEN GOWA PROVINSI SULAWESI SELATAN

Disusun dan diajukan oleh

JOHAN EDEN TASIKDUATONDOK

Nomor Pokok D062181001

telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Tesis
pada tanggal 26 November 2020
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui,
Komisi Penasihat,



Ilham Alimuddin, S.T., M.GIS. Ph.D

Ketua



Dr. Ir. Busthan Azikin, M.T.

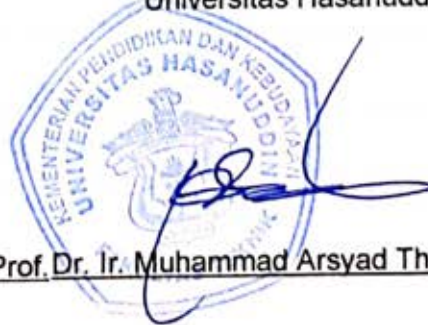
Anggota

Ketua Program Studi
Magister Teknik Geologi
Universitas Hasanuddin



Dr. Hj. Ratna Husain L., M.T

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin



Prof. Dr. Ir. Muhammad Arsyad Thaha, M.T

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Johan Eden Tasikduatondok

Nomor Mahasiswa : D062181001

Program Studi : Magister Teknik Geologi

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 26 November 2020

Yang menyatakan;



JOHAN EDEN T.
NIM: D062181001

PRAKATA

Pertama-tama penulis memanjatkan puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Kuasa, karena atas rahmat, pertolongan dan hidayah-Nya, akhirnya penulis dapat menyelesaikan tesis ini.

Adapun judul tesis ini adalah "**Pemodelan Densitas Kerentanan Gerakan Tanah Menggunakan DEM IFSAR di Kabupaten Gowa Provinsi Sulawesi Selatan**" sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Strata Dua (S2) Geologi Universitas Hasanuddin.

Melalui kesempatan ini, saya mengucapkan terima kasih yang tulus kepada Bapak Ilham Alimuddin, S.T., M.GIS.,Ph.D. sebagai Ketua Komisi Panasihat dan Bapak Dr. Ir. Busthan Azikin,M.T., sebagai Anggota Komisi Panasehat. Terima kasih kepada Prof.Dr.rer.nat.Ir.A.M.Imran, Dr. Ir. Hj. Rohaya Langkoke.,M.T. dan Dr. Eng. Hendra Pachri., S.T.,M.T. sebagai Dosen Penguji. Terima kasih kepada Ibu Dr. Ir. Hj. Ratna Husain L., M.T sebagai Ketua Program Studi Strata Dua (S2) Geologi dan Ibu Dr. Ulva Ria Irfan, S.T., M.T sebagai Penasihat Akademik, atas bantuan dan bimbingan yang telah diberikan.

Secara khusus tesis ini penulis dedikasikan kepada kedua orang tua, saudara, istri dan anak tercinta. Ucapan terima kasih penulis haturkan pula kepada seluruh dosen dan pegawai Departemen Teknik Geologi Universitas Hasanuddin dan mahasiswa Program Studi Magister Geologi

Universitas Hasanuddin angkatan 2018 dan pihak – pihak lain yang telah berkontribusi.

Penulis menyadari sepenuhnya, bahwa tesis ini masih jauh dari kesempurnaan dan memiliki berbagai kekurangan. Olehnya itu penulis mengharapkan masukan, kritik dan saran yang bersifat membangun dari pembaca demi perbaikan dan penyempurnaan.

Gowa, November 2020

Johan Eden T.

ABSTRAK

JOHAN EDEN TASIKDUATONDOK, *Pemodelan Densitas Kerentanan Gerakan Tanah Menggunakan DEM IFSAR di Kabupaten Gowa Provinsi Sulawesi Selatan* (dibimbing oleh Ilham Alimuddin dan Busthan Azikin)

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui (1) zonasi bahaya gerakan tanah di daerah penelitian, (2) tingkat ketelitian peta zonasi bahaya gerakan tanah, dan (3) faktor yang mempengaruhi tingkat akurasi zonasi bahaya gerakan tanah di daerah penelitian.

Penelitian ini dilaksanakan di Kecamatan Manuju dan Kecamatan Bungaya Kabupaten Gowa. Metode yang digunakan adalah *Metode Frequency Ratio (FR)* dan *Metode Weight of Evidence (WoE)* dengan menggunakan peta parameter: tutupan lahan, geologi, curah hujan, jarak dari jalan, jarak dari sungai, jarak dari patahan serta data hasil generalisasi DEM IFSAR (kemiringan lereng, panjang lereng, arah lereng dan kecembungan lereng). Jumlah lokasi longsor yang digunakan untuk analisis adalah 158, dimana 71 lokasi untuk percobaan dan 87 lokasi untuk validasi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa zonasi bahaya gerakan tanah dengan menggunakan metode *WoE* lebih akurat dari metode *FR*. Nilai akurasi zonasi bahaya gerakan tanah metode *FR* adalah 78,34% sedangkan metode *WoE* adalah 99,01%. Pemilihan peta parameter yang digunakan dalam analisis dapat memperbesar nilai akurasi. Peningkatan nilai akurasi dengan metode *FR* sebesar 1,09%, sedangkan metode *WoE* sebesar 0,43%. Kualitas data DEM dapat meningkatkan akurasi zonasi rawan gerakan tanah.

Berdasarkan peta zonasi bahaya gerakan tanah hasil analisis metode *WoE* (parameter terseleksi), daerah penelitian didominasi oleh zona rawan tinggi dengan luas kurang lebih 10735.32 ha (34.26% dari luas daerah penelitian) dan zona rawan sangat tinggi seluas kurang lebih 7226.70 ha (23,06% dari luas daerah penelitian).

ABSTRACT

JOHAN EDEN TASIKDUATONDOK, *Modeling Density of Landslide Vulnerability Using IFSAR DEM, Gowa Regency, South Sulawesi Province* (Supervised by Ilham Alimuddin and Busthan Azikin)

The aim of this research are to defined (1) landslide hazard zoning (2) accuracy level of hazard zoning and (3) the influence factor that affects the accuracy of the hazard zoning.

The research was conducted on Manuju and Bungaya District, Gowa Regency. *Frequency Ratio (FR)* and *Weight of Evidence (WoE)* were the method that used on this research followed by parameter : land cover, litology, rainfall, distance from road, distance from river, distance from fault and generated IFSAR DEM data (slope, length of slope, slope aspect and curvature). Number of landslide area that analys was 158 location, where 71 location used for trial and 87 location for validation purposed.

Research shown that hazard landslide zoning by *WoE* method more accurate than *FR* method. Level of accuracy hazard landslide zoning by *FR* method is 78.34% while *WoE* method is 99.01%. Parameter selection that used on analysis added the level of accuracy. Number of enhancement accuracy level on *FR* method is 1.09% while *WoE* is 0.43%. The quality of the DEM can increase the accuracy of the hazard zoning.

Landslide zoning based on *WoE* method (parameter selected) shown if research area is dominated by high hazard zone with area 10735.32 ha (34.26% of research area) and very high hazard zone 7226.70 ha (23,06% of research area).

DAFTAR ISI

Nomor	halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	2
C. Tujuan	2
D. Manfaat	3
E. Ruang Lingkup	4
F. Defenisi Istilah	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
A. Kondisi Geologi	6
1. Geomorfologi	6
2. Stratigrafi	7
3. Struktur Geologi	10
B. Landasan Teori	13
1. Definisi	13
2. Faktor - Faktor Penyebab dan Pemicu Gerakan Tanah	13
3. Tipe Gerakan Tanah	15
4. Digital Elevation Model (DEM) IFSAR	24
BAB III METODE PENELITIAN	27
A. Jenis Penelitian	27
B. Lokasi dan Waktu Penelitian	28
C. Alat dan Bahan	31
D. Teknik Pengumpulan Data	31

1. Data Awal	31
2. Data Lapangan	32
3. Data Laboratorium	33
E. Pengolahan Data	33
F. Penyusunan Tesis	37
G. Hipotesis	38
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	40
A. Variabel Analisis	40
B. Pemodelan Densitas Gerakan Tanah	66
C. Analisis Zonasi Bahaya Gerakan Tanah	72
D. Validasi Zonasi Bahaya Gerakan Tanah	85
E. Zonasi Bahaya Gerakan Tanah	90
BAB V PENUTUP	
A. Kesimpulan	94
B. Saran	95
DAFTAR PUSTAKA	97
LAMPIRAN	101

DAFTAR TABEL

Nomor		halaman
1	Penyebab umum gerakan tanah (<i>Transportation Research Board</i> , 1996)	16
2	Klasifikasi gerakan tanah (Varnes, 1958).	17
3	Spesifikasi data DEM IFSAR	26
4	Nilai densitas gerakan tanah daerah penelitian	67
5	Nilai densitas dan bobot (weight) dengan menggunakan metode <i>Frequency Ratio</i> (FR)	74
6	Nilai Bobot (weight) metode <i>Weight of Evidence</i> (WoE)	77
7	Luas zonasi bahaya gerakan tanah	80
8	Validasi zonasi bahaya gerakan tanah	86
9	Perbandingan persen luas zonasi dan persen luas gerakan tanah	86
10	Validasi zonasi bahaya gerakan tanah dengan menggunakan DEMNAS resolusi 8 meter (luas gerakan tanah validasi)	89
11	Luas zonasi bahaya gerakan tanah dirinci per kecamatan	80
12	Luas zonasi bahaya gerakan tanah pada setiap kelas penggunaan lahan	91
13	Hasil uji kuat geser langsung	91

DAFTAR GAMBAR

Nomor		halaman
1	Peta Geologi daerah penelitian Sukamto dan Supriatna (1982)	12
2	Faktor-faktor penyebab dan pemicu gerakan tanah (dimodifikasi dari Varnes, 1978)	14
3	Skema jenis pergerakan tanah pada lereng (Highland, 2004)	19
4	Perbandingan ketelitian data DEM GDM dan DEM IFSAR	25
5	Kesampaian lokasi penelitian	29
6	Lokasi penelitian	30
7	Diagram alir tahapan penelitian	39
8	Peta Sebaran Gerakan Tanah	41
9	Material hasil gerakan tanah <i>debris flow</i> di daerah penelitian	42
10	Jenis gerakan tanah <i>debris avalanche</i> di daerah penelitian	42
11	Gambar dokumentasi beberapa lokasi gerakan tanah yang terjadi di daerah penelitian	43
12	Grafik luas longsor di lokasi penelitian	44
13	Singkapan batupasir tufaan berselingan tufa pasiran (STA G-3)	45
14	Singkapan breksi gunungapi (STA G-6)	46
15	Singkapan breksi gunungapi (STA G-1)	46
16	Singkapan breski gunungapi (STA G-2)	47

Nomor		halaman
17	Singkapan lava (STA G-8)	47
18	Singkapan litologi aluvial di Sungai Jeneberang (STA G-10)	48
19	Peta Geologi Daerah Penelitian	49
20	Peta Jenis Tanah	51
21	Peta Kemiringan Lereng	53
22	Peta Arah Lereng	55
23	Peta Panjang Lereng	56
24	Peta Kecembungan Lereng	59
25	Peta Curah Hujan	60
26	Peta Tutupan Lahan	61
27	Peta jarak dari jalan	62
28	Peta jarak dari sungai	64
29	Peta jarak dari patahan	65
30	Grafik densitas variabel non metrik	68
29	Grafik densitas variabel metrik	70
30	Peta Zonasi Kerentanan Gerakan Tanah metode FR (semua parameter)	81
32	Peta Zonasi Kerentanan Gerakan Tanah metode FR (parameter terseleksi)	82
34	Peta Zonasi Kerentanan Gerakan Tanah metode WoE (semua parameter)	83
35	Peta Zonasi Kerentanan Gerakan Tanah metode WoE (parameter terseleksi)	84
36	Grafik <i>Area Under Curve</i> (AUC)	87

Nomor		halaman
37	Grafik luas kemiringan lereng pada setiap litologi	93

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor		halaman
1	Deskripsi petrografi	101
2	Hasil pengujian kuat geser	125
3	Deskripsi tanah	138
4	Peta citra satelit sentinel 2A	143
5	Peta citra satelit spot 6	144
6	Peta stasiun pengamatan longsor	145

BAB I

PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

Tatanan tektonik Indonesia yang berada pada pertemuan tiga lempeng telah membentuk morfologi yang sangat bervariasi mulai dari pedataran hingga pegunungan. Kondisi tersebut menyebabkan Indonesia menjadi rawan terjadinya gerakan tanah atau longsor.

Bencana alam gerakan tanah sering terjadi terutama pada musim hujan. Bencana alam gerakan tanah ini telah menelan banyak korban jiwa dan harta benda. Salah satu upaya untuk mencegah terjadinya korban adalah melalui mitigasi bencana. Salah satu upaya mitigasi bencana adalah dengan mengetahui tingkat kerawanan setiap wilayah. Dibutuhkan adanya peta zona kerentanan gerakan tanah sebagai dasar mengambil kebijakan mitigasi baik berupa relokasi, analisa kebutuhan penanggulangannya serta acuan dalam perencanaan dan pengembangan wilayah.

Kabupaten Gowa adalah merupakan salah satu kabupaten di Provinsi Sulawesi Selatan yang memiliki topografi yang relatif bergelombang sedang hingga bergelombang kuat atau terjal. Kondisi topografi tersebut menyebabkan daerah ini sering mengalami bencana tanah longsor atau gerakan tanah. Selain topografi yang terjal, jenis

penggunaan lahan yang tidak sesuai dengan daya dukung lahan menjadi salah satu faktor penyebab terjadinya bencana gerakan tanah.

Berbagai penelitian mengenai zonasi kerentanan gerakan tanah telah dilakukan, namun ketelitian hasil pemetaan tersebut belum memberikan hasil yang maksimal. Hal ini bisa disebabkan karena perbedaan metode dan data atau parameter yang digunakan. Tingkat ketelitian hasil analisis zonasi kerentanan gerakan tanah seharusnya dapat diuji sehingga hasil analisis tersebut dapat diyakini sebagai penelitian yang akurat dan dapat dipertanggungjawabkan.

Berdasarkan uraian tersebut, maka penulis melakukan penelitian mengenai pemodelan densitas zona kerentanan gerakan tanah dengan menggunakan DEM IFSAR sebagai salah satu data pendukung utama untuk memperoleh peta zonasi dengan tingkat ketelitian yang tinggi.

B. RUMUSAN MASALAH

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana zonasi kerentanan gerakan tanah di Kecamatan Manuju dan Kecamatan Bungaya Kabupaten Gowa.
2. Bagaimana tingkat ketelitian hasil analisis bahaya gerakan tanah di Kecamatan Manuju dan Kecamatan Bungaya Kabupaten Gowa.
3. Faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi tingkat akurasi zonasi gerakan tanah di Kecamatan Manuju dan Kecamatan Bungaya Kabupaten Gowa.

C. TUJUAN PENELITIAN

Tujuan yang hendak dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Mengetahui zonasi kerentanan gerakan tanah di Kecamatan Manuju dan Kecamatan Bungaya Kabupaten Gowa
2. Mengetahui tingkat ketelitian hasil analisis zonasi kerentanan gerakan tanah di Kecamatan Manuju dan Kecamatan Bungaya Kabupaten Gowa.
3. Mengetahui faktor yang mempengaruhi tingkat akurasi zonasi gerakan tanah di Kecamatan Manuju dan Kecamatan Bungaya Kabupaten Gowa.

D. MANFAAT PENELITIAN

Adapun manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini dapat memberikan informasi bagi pemerintah setempat mengenai zonasi kerentanan gerakan tanah sehingga pemerintah daerah dapat mengambil kebijakan terkait mitigasi bencana gerakan tanah.
2. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi kegiatan penelitian gerakan tanah khususnya mengenai tingkat ketelitian analisis zonasi kerentanan gerakan tanah.

E. RUANG LINGKUP PENELITIAN

Ruang lingkup/batasan dari penelitian ini adalah pembuatan zonasi kerentanan gerakan tanah di daerah penelitian dengan menggunakan dua metode (metode *Frequency Ratio* dan metode *Weight of Evidence*) untuk mendapatkan perbandingan nilai akurasi zonasi kerentanan gerakan tanah di Kecamatan Manuju dan Kecamatan Bungaya Kabupaten Gowa.

F. DEFINISI ISTILAH

1. Gerakan Tanah : Perpindahan material pembentuk lereng berupa batuan, bahan rombakan, tanah, atau material campuran tersebut, bergerak ke bawah atau keluar lereng (Varnes, 1978).
2. Kerentanan: kecenderungan untuk terjadi/terkena.(*Badan Standar Nasional, 2005*)
3. DEM (*Digital Elevation Model*): Data digital yang menggambarkan geometri dari bentuk permukaan bumi atau bagiannya yang terdiri dari himpunan titik-titik koordinat hasil sampling dari permukaan dengan algoritma yang mendefinisikan permukaan tersebut menggunakan himpunan koordinat (Tempfli, 1991).
4. Pemodelan: Rencana, representasi, atau deskripsi yang menjelaskan suatu objek, sistem, atau konsep, yang seringkali berupa penyederhanaan atau idealisasi. Bentuknya dapat berupa model fisik (maket, bentuk prototipe), model citra (gambar rancangan, citra komputer), atau rumusan matematis

([https://id.wikipedia.org/wiki/Model_\(disambiguasi\)](https://id.wikipedia.org/wiki/Model_(disambiguasi)), diakses tanggal 15 Mei 2019.).

5. Densitas: Kerapatan yang dihitung dengan perbandingan luas gerakan tanah dengan luas peta parameter (Van Westen, 2014).

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. GEOLOGI REGIONAL

1. Geomorfologi

Menurut Sukamto dan Supriatna (1982), bentuk morfologi yang menonjol pada Peta Geologi Lembar Ujungpandang Benteng dan Sinjai adalah kerucut Gunungapi Lompobattang. Gunungapi Lompobattang memiliki elevasi 2.876 mdpl yang tersusun oleh batuan vulkanik berumur Pliosen.

Selain kerucut Gunungapi Lompobattang, terdapat dua kerucut gunungapi lain, yaitu kerucut Gunungapi Baturape dan kerucut Gunungapi Cindako. Kerucut Gunungapi Baturape berada di sebelah Barat kerucut Gunungapi Lompobattang dengan elevasi 1124 mdpl. Kerucut Gunungapi Cindako berada di sebelah Utara kerucut Gunungapi Lompobattang dengan elevasi 1500 mdpl. Kedua bentuk kerucut yang tererosi ini tersusun oleh batuan vulkanik berumur Pliosen.

Morfologi daerah sebelah Barat Gunung Cindako dan sebelah Utara Gunung Baturape merupakan daerah berbukit. Bagian Barat Gunung Baturape daerah perbukitan dengan elevasi sekitar 500 mdpl. Bentuk morfologi ini tersusun oleh batuan klastik gunungapi berumur Miosen. Bukit-bukit yang memanjang dan tersebar di daerah ini mengarah ke Gunung Cindako dan Gunung Baturape berupa retas-retas basal.

Pada bagian Barat morfologi daerah ini merupakan dataran rendah yang umumnya merupakan daerah rawa dan dataran banjir dari beberapa sungai besar.

2. Stratigrafi

Menurut Sukanto dan Supriatna (1982) dalam Peta Geologi Regional Lembar Ujungpandang Benteng dan Sinjai, jenis batuan yang tersingkap di sekitar wilayah penelitian adalah basal, diorit, Formasi Batuan Gunungapi Lompobattang, Formasi Batuan Gunungapi Baturape Cidako dan Formasi Camba.

Formasi Camba (*Tmc*) merupakan batuan tertua di daerah penelitian. Formasi camba diperkirakan berumur Miosen Tengah sampai Pliosen dengan ketebalan sekitar 4.250 meter dan menindih tidak selaras batuan-batuan yang lebih tua. Formasi Camba tersusun oleh batuan sedimen laut yang berselingan dengan batuan sedimen klastik gunungapi. Secara lateral berangsur berubah menjadi dominan batuan gunungapi (*Tmcv*). Batuan sedimen laut berasosiasi dengan karbonat mulai diendapkan sejak Miosen Akhir sampai Pliosen.

FORMASI CAMBA (*Tmc*): batuan sedimen laut berselingan dengan batuan gunungapi, batupasir tufaan berselingan dengan tufa batupasir dan batulempung; bersisipan napal, batugamping, konglomerat dan breksi gunungapi dan batubara.

Warna batuan beraneka ragam mulai dari merah, coklat, putih, kelabu muda sampai kehitaman umumnya mengeras kuat; perlapisan dengan ketebalan 4 cm hingga 100 cm. Tufa berbutir halus hingga lapili; tufa lempungan berwarna merah dan banyak mengandung mineral biotit. Konglomerat dan breksi umumnya tersusun atas fragmen andesit dan basal dengan ukuran antara 2 cm hingga 30 cm. Batugamping pasiran mengandung koral dan moluska. Batulempung berwarna kelabu tua dan napal yang mengandung fosil foram kecil. Formasi Camba di daerah ini diperkirakan berumur Miosen Tengah sampai Miosen Akhir.

BATUAN GUNUNGAPI BATURAPE CINDAKO (*Tpbv*): lava dan breksi, dengan sisipan sedikit tufa dan konglomerat. Bersusunan basal, sebagian besar porfiri dengan fenokris piroksen ukuran besar sampai 1 cm dan sebagian kecil kasatmata, berwarna kelabu tua kehijauan hingga hitam; lava sebagian ditemukan dalam bentuk kekar tiang dan sebagian kekar lapis, pada umumnya breksi berfragmen kasar, mulai dari 15 cm hingga 60 cm, terutama basal dan sedikit andesit, dengan semen tufa berbutir kasar sampai lapili, banyak mengandung pecahan piroksen.

Kompleks terobosan diorit berupa stok dan retas di Baturape dan Cindako diperkirakan merupakan bekas pusat erupsi (*Tpbc*); batuan disekitarnya terubah kuat, amigdaloidal dengan mineral sekunder zeolit dan kalsit: keberadaan mineral galena di Baturape kemungkinan besar berkaitan dengan intrusi diorite. Daerah sekitar Baturape dan Cindako didominasi oleh batuan lava. Formasi ini memiliki ketebalan tidak kurang

dari 1.250 meter. Berdasarkan posisi stratigrafinya batuan ini diperkirakan berumur Pliosen Akhir.

BATUAN GUNUNGAPI LOMPOBATANG (Q/v): aglomerat, lava, breksi, endapan lahar dan tufa. Membentuk kerucut gunungapi strato dengan puncak tertinggi 2.950 m di atas muka laut; pada umumnya tersusun atas andesit dan sebagian basal, lava *vesicular* dan Sebagian berlapis; lava berstruktur bantal; setempat breksi dan tufa mengandung dominan biotit.

Pada kenampakan foto udara, bentuk morfologi gunungapi masih jelas dapat dilihat. Adalah pusat erupsi yang memperlihatkan bentuk kubah lava. Bentuk kerucut parasit memperlihatkan bahwa paling tidak ada 2 periode kegiatan erupsi, yaitu Q/vpl dan Q/vp2. Di daerah sekitar pusat erupsi tersusun atas : terutama lava dan aglomerat (Q/v), dan di daerah yang agak jauh dari pusat erupsi tersusun oleh breksi, endapan lahar dan tufa (Q/vb). Berdasarkan posisi stratigrafinya batuan ini diperkirakan berumur Plistosen.

DIORIT (d): terobosan diorit, kebanyakan berupa stok dan sebagian retas atau sill, menerobos batugamping Formasi Tonasa (Temt); umumnya berwarna kelabu, bertekstur porfiri, dengan fenokris amfibol dan biotit, sebagian mempunyai struktur kekar tiang. Penarikan Kalium Argon pada biotit dan apatit menunjukkan umur dari batuan ini adalah Miosen Akhir.

BASAL: terobosan basal berupa retas, sill dan stok, bertekstur porfiri dengan fenokris piroksen kasar mencapai ukuran lebih dari 1 cm, berwarna kelabu tua kehitaman dan kehijauan; sebagian dicirikan oleh struktur kekar meniang, beberapa di antaranya tersusun atas gabro. Terobosan basal di sekitar Sungai Jeneberang berupa kelompok retas yang mempunyai arah yang radial atau memusat ke Baturape dan Cindako, sedangkan bagian yang ada di sebelah Utara Jeneponto berupa stok.

Semua terobosan basal menerobos batuan dan Formasi Camba (Tmc). Penarikan Kalium/Argon pada batuan basal menunjukkan umur Miosen. Hal ini mengindikasikan bahwa kemungkinan terobosan basal berlangsung sejak Miosen Akhir sampai Pliosen Akhir.

3. Struktur Geologi

Menurut Sukanto dan Supriatna (1982), struktur geologi di daerah pegunungan Lompobattang dan sekitarnya berupa struktur lipatan dan struktur sesar.

a. Struktur Lipatan

Struktur ini mempunyai arah jurus (strike) dan kemiringan (dip) perlapisan batuan yang tidak teratur. Hal tersebut menyebabkan sulit untuk menentukan jenisnya lipatannya. Adanya perlipatan dicirikan oleh kemiringan lapisan batuan, baik batuan Tersier maupun batuan Kwartir (Kala Plistosen), sehingga umur lipatan ini diperkirakan setelah Plistosen.

b. Struktur Sesar

Struktur sesar ini mempunyai arah yang bervariasi, namun pada umumnya sesar-sesar geser yang ditemukan relatif arah Utara-Selatan, beberapa berarah Baratlaut-Tenggara dan Timur-Barat.

Terjadinya lipatan dan sesar berhubungan dengan proses tektonik daerah setempat, dimana akhir dari kegiatan gunung api Miosen Bawah, diikuti oleh tektonik yang menyebabkan terjadinya permulaan terbentuknya Lembah Walanae. Peristiwa ini kemungkinan besar berlangsung sejak awal Miosen Tengah dan menurun perlahan seiring dengan sedimentasi yang tetap berlangsung sampai kala Pliosen. Hal ini diikuti oleh aktifitas gunungapi pada daerah sebelah Baratdaya. Peristiwa ini terjadi selama Miosen Tengah sampai Pliosen dengan gunungapi bawah laut, dan muncul pada kala Pliosen sebagai gunungapi kontinen yang kemungkinan besar pada kala ini mulai terjadi perlipatan. Aktifitas magma pada kala Plistosen Atas diikuti oleh kegiatan tektonik yang menyebabkan terjadinya sesar di daerah ini.

B. LANDASAN TEORI

1. Definisi

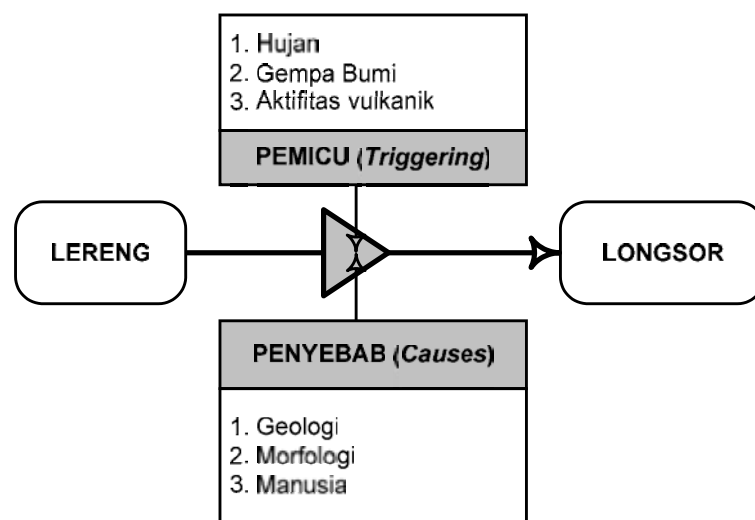
Gerakan tanah adalah perpindahan material pembentuk lereng berupa batuan, bahan rombakan, tanah, atau material campuran, bergerak ke bawah atau keluar lereng. (Varnes, 1958 dalam Keputusan Menteri Energi dan Sumberdaya Mineral No.1452/K/10/MEM/2000).

Kejadian gerakan tanah pada suatu daerah dapat dijelaskan sebagai berikut: ketika hujan dengan intensitas tinggi, air hujan akan meresap ke dalam tanah sehingga bobot tanah menjadi bertambah. Air yang meresap sampai lapisan kedap air atau batuan dasar, akan mengurangi daya ikat dengan tanah lapuk di bagian atasnya sehingga bidang tersebut dapat berperan sebagai bidang gelincir. Lapisan tersebut menjadi licin dan tanah pelapukan di atasnya akan bergerak menuruni lereng dan keluar dari lereng. (Terzaghi, et al. 1967).

2. Faktor-Faktor Penyebab dan Pemicu Gerakan Tanah

Gerakan tanah dapat terjadi pada suatu lereng baik pada pegunungan, perbukitan, tebing sungai atau tebing jalan. Analisis gerakan tanah dapat dilakukan melalui identifikasi faktor-faktor penyebab (*causes*) dan pemicu (*trigger*) terjadinya gerakan tanah. **Gambar 2** menunjukkan skema dari penyebab dan pemicu terjadinya

gerakan tanah. Penyebab gerakan tanah adalah faktor-faktor yang membuat suatu lereng menjadi rentan terhadap gerakan tanah pada lokasi dan waktu tertentu. Penyebab terjadinya gerakan tanah seperti pada Tabel 1, meliputi faktor geologi, morfologi dan aktifitas manusia. Faktor penyebab gerakan tanah merupakan faktor yang mempengaruhi suatu lereng mengalami gagal struktur, sehingga lereng tersebut menjadi tidak stabil. Faktor tunggal yang pada akhirnya menyebabkan terjadinya gerakan tanah disebut pemicu. Jadi dapat disimpulkan bahwa kombinasi faktor penyebab (*causes*) membuat lereng mengalami kegagalan struktur, sedangkan pemicu (*tringger*) sebagai penyebab awal terjadinya longsor. Secara umum, mekanisme kegagalan struktur atau ketidakstabilan suatu lereng atau dapat diklasifikasikan pada nilai kuat geser dan tegangan geser tanah (Varnes, 1978).



Gambar 2 Faktor-faktor *causes* dan *tringger* gerakan tanah (Varnes 1978 dalam Muntohar, 2010).

3. Tipe Gerakan Tanah

Menurut Muntohar (2010), gerakan tanah atau longsor umumnya dipengaruhi dan disebabkan oleh faktor alam misalnya jenis litologi, bentang alam atau morfologi, struktur atau kemiringan lapisan batuan, *slope* atau derajat kemiringan lereng, ketebalan soil, curah hujan dan jenis vegetasi yang ada di lereng. Jenis gerakan material pada lereng seperti bergeser (*sliding*), menggelinding (*rolling*), reruntuhan (*falling*), atau mengalir (*flowing*). Gerakan tanah umumnya terjadi pada daerah berbukit atau bergunung, tebing jalan atau tebing sungai. Terjadinya gerakan tanah karena lereng tersebut mencari titik keseimbangan baru.

Suatu lereng mejadi tidak stabil dapat disebabkan oleh karena faktor utama seperti material yang ada pada lereng menjadi jenuh oleh air hujan. Material yang jenuh air tersebut akan menambah beban pada lereng. Bertambahnya massa lereng akibat air yang mengisi material, pengaruh gravitasi, adanya bidang gelincir baik berupa perlapisan atau batas material lapuk dengan batuan dasar yang dapat berfungsi sebagai bidang gelincir, menyebabkan lereng tersebut dapat bergerak ke arah bawah keluar dari lereng.

Klasifikasi yang didasarkan pada parameter tersebut dapat dilihat pada **Tabel 2**. Klasifikasi lain yang digunakan adalah dengan memasukkan beberapa variabel lain, misalnya kecepatan pergerakan (*the rate of movement*) dan kandungan air, udara dan es pada material yang mengalami longsor.

Tabel 1 Penyebab umum gerakan tanah (*Transportation Research Board (TRB), 1996*)

Faktor Penyebab	Sumber Penyebab
Faktor Geologi :	<ul style="list-style-type: none"> a. Lapisan batuan yang lemah dan sensitif b. Pelapukan batuan c. Pergeseran batuan d. Retakan atau pertemuan lapisan batuan e. Perbedaan permeabilitas lapisan tanah f. Perbedaan kekuatan batuan (kaku, padat, plastis)
Faktor Morfologi :	<ul style="list-style-type: none"> a. Pengangkatan tektonik atau vulkanik b. Lapisan es c. Erosi d. Perubahan letak beban pada lereng e. Kerusakan tanaman pelindung pada lereng
Faktor Fisik :	<ul style="list-style-type: none"> a. Curah hujan yang sangat tinggi b. Pencairan es c. Hujan yang sangat lama d. Perubahan muka air tanah e. Gempa bumi f. Letusan vulkanik g. Kembang – susut karena pelapukan tanah
Faktor Manusia :	<ul style="list-style-type: none"> a. Penggalian lereng b. Penggundulan hutan (deforestation) c. Penambangan d. Getaran-getaran buatan, seperti percobaan nuklir

Gambar 3 menunjukkan ilustrasi dari peristiwa gerakan tanah beserta dengan penjelasan terminologi yang lazim. Dilihat dari mekanisme longsorannya, gerakan tanah dapat diklasifikasikan menjadi empat jenis, yaitu luncuran (*slide*), reruntuhan (*fall*), jatuhan (*topple*), dan aliran (*flow*). (Varnes, 1978)

Tabel 2. Klasifikasi gerakan tanah (Varnes, 1978).

No	Type	Subtype	Description
1.	<i>Falls</i>		- <i>Rockfall (bedrock)</i> - <i>Soifall (Loose material)</i>
2.	<i>Topples</i>		- <i>Toppling failures</i>
3.	<i>Slides</i>	<i>Rotational</i>	- <i>Slump (bedrock or cohesive units of material)</i>
		<i>Planar</i>	- <i>Block-glide (bedrock or cohesive units Loose material)</i> - <i>Rockslide (bedrock)</i> - <i>Debris slide (loose material)</i>
4.	<i>Flows</i>	<i>Dry</i>	- <i>Rock avalanche</i> - <i>Sand run</i> - <i>Loes flow</i>
		<i>Moderately wet</i>	- <i>Debris avalanche</i> - <i>Earth flow</i>
		<i>Very wet</i>	- <i>Sand or silt flow</i> - <i>Debris flow</i> - <i>Mud flow</i>

a. Keruntuhan geser atau longsoran (*sliding failures*)

Pergerakan massa tanah ini terjadi karena perbedaan jenis lapisan tanah yang mana lapisan tanah atau batuan yang stabil berada di atas lapisan yang tidak stabil. Terdapat dua jenis utama untuk keruntuhan gerakan tanah yaitu longsoran rotasi dan longsoran translasi. Perbedaan keduanya adalah pada bentuk bidang gelincirnya. Bidang longsor pada jenis rotasi berbentuk cekung ke atas (**Gambar 3**).

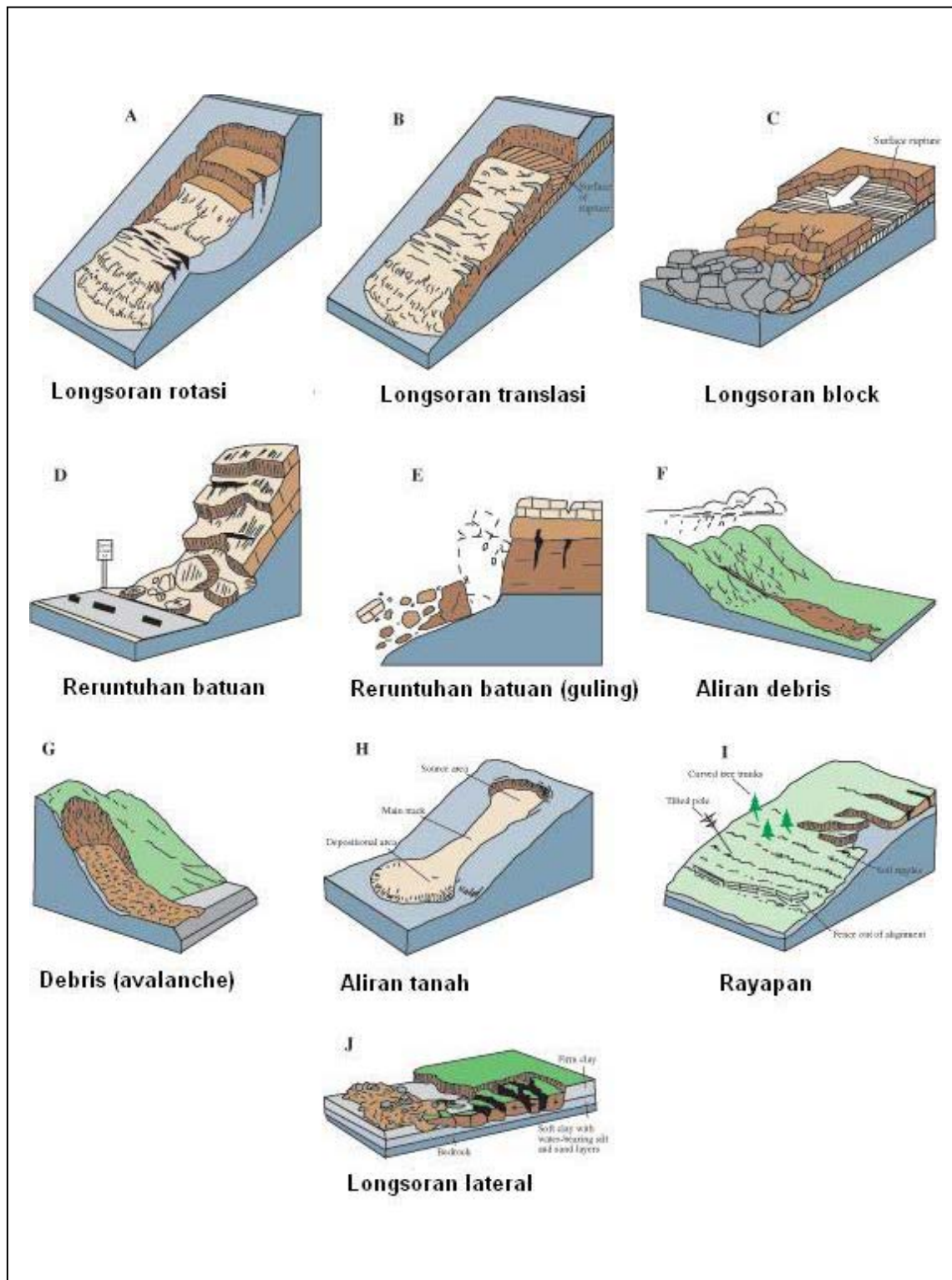
Sedangkan bidang longsor berupa bidang datar dengan sedikit berbentuk cekung ke atas (Gambar 3). Pergerakan tanah jenis translasi dapat pula dalam satu kesatuan berupa blok tanah (Gambar 3).

b. Reruntuhan batuan (*fall failures*)

Keruntuhan jenis ini lebih sering terjadi pada lereng batuan yang mana batuan bergerak hingga terlepas dari lereng yang terjal seperti pada Gambar 3. Pergerakan masa batuan dipengaruhi oleh gravitasi, proses pelapukan mekanis, dan rembesan air. Longsor jenis reruntuhan batuan ini biasanya terjadi pada agregat batuan yang pelapukannya tidak merata, batuan yang mempunyai banyak kekar (*joint*) atau retakan (*fracture*), atau pada batas antara dua jenis batuan berbeda atau zona kontak batuan (*bedding planes*).

c. Jatuhan (*toppling failures*)

Runtuhan (*topples*) adalah terlepasnya bagian dari lereng yang disebabkan oleh gaya gravitasi. Spesifikasi dari jenis longsor ini adalah adalah pergerakan massa lereng berotasi ke arah depan dari satu atau beberapa blok material karena adanya pengaruh gaya gravitasi bumi dan adanya gaya dorong material atau blok lain yang ada di atasnya. Pergerakan tersebut dapat juga disebabkan oleh bertambahnya massa material atau blok jenuh air pada lereng tersebut. (Gambar 3).



Gambar 3. Skema jenis pergerakan tanah pada lereng (Highland, 2004)

d. *Flows failures* (Longsoran aliran)

Aliran (*flow*) adalah longsoran material yang menuruni lereng dengan ukuran yang bervariasi mulai dari tanah halus sampai bongkah yang bercampur dengan air. Longsor aliran memiliki perbedaan karakteristik, yaitu :

- 1) Aliran debris (debris flow): Gambar 3 memperlihatkan model aliran debris (debris flow). Pada tipe ini, material longsoran adalah campuran material-material berupa tanah lepas, batuan, bahan-bahan organik, serta air yang membentuk massa material yang lebih cair, yang kemudian bergerak secara cepat menuruni lereng. Aliran debris umumnya mengandung lapisan tanah bergradasi baik kurang dari 50 % yang biasanya bercampur dengan aliran air permukaan. Oleh aliran air tersebut membawa dan menghanyutkan material pada lereng yang relatif curam. Aliran debris secara umum berbeda dengan jenis gerakan tanah lainnya. Aliran debris pada umumnya mengandung material yang jenuh air dan dengan persentase lanau dan pasir yang besar. Aliran debris umumnya berbentuk saluran yang curam (*steep gullies*), dan sisa-sisa material aliran debris dapat diindikasikan oleh kandungan material debris pada ujung saluran. Debris flow adalah gerakan tanah dengan ukuran material yang bervariasi (dari halus hingga kasar) dan bercampur dengan air. Debris flow biasanya terjadi pada waktu hujan intensitas tinggi pada lereng curam. Debris flow ini salah satu jenis

gerakan tanah yang sering terjadi di Indonesia.

- 2) Debris bahan rombakan (*debris avalanche*): jenis aliran ini adalah jenis gerakan tanah yang bergerak sangat cepat dan dalam massa yang besar. Material debris umumnya merupakan bahan rombakan hasil pelapukan berupa campuran tanah dan batuan. Skema ilustrasi aliran tipe ini ditunjukkan pada **Gambar 3**.
- 3) Aliran tanah (*earthflow*): Gerakan tanah ini memiliki karakteristik hampir sama dengan aliran *debris*, perbedaannya terletak pada ukuran material yang lebih halus dan seragam. Gerakan tanah ini umumnya terjadi pada lereng dengan kemiringan yang tidak terlalu terjal seperti yang terlihat pada **Gambar 3**. Material halus yang ada pada lereng yang banyak mengandung air akan mengalir sehingga meninggalkan bentuk lereng baru menyerupai sebuah cekungan. Gerakan tanah jenis ini umumnya terjadi pada material yang bergradasi baik atau dengan ukuran butir sangat halus dan lunak serta berada pada kondisi jenuh air. Selain material yang sangat halus, gerakan tanah jenis ini juga dapat terjadi pada material granular yang lebih kering. Hal tersebut dapat terjadi jika material tersebut mengandung lebih dari 50% pasir, lanau, partikel lempung, sehingga material ini dapat bergerak secara cepat menuruni lereng. Gerakan tanah ini sering disebut dengan aliran lumpur (*mudflow*).
- 4) Rayapan (*creep*): Rayapan adalah pergerakan massa pada lereng berupa batuan dan tanah yang bergerak secara sangat lambat dan

dalam waktu yang relatif lama. Terjadinya gerakan tanah karena cukupnya tegangan geser untuk mengakibatkan terjadinya deformasi tetap, tetapi tegangan geser tersebut sangat kecil untuk membuat retakan pada lereng. Jenis gerakan tanah rayapan yaitu: (1) berubah-ubah atau *seasonal*, (2) menerus atau *continuous*, dan (3) bertahap atau *progressive*. Secara visual kenampakan soil creep tidak mudah teridentifikasi dalam waktu yang singkat karena bentuk lereng umumnya relatif tidak memperlihatkan perubahan. Ada beberapa indikator yang dapat dijadikan sebagai petunjuk untuk mengidentifikasi gerakan tanah ini, misalnya tiang listrik atau adanya pohon yang miring dan adanya retakan pada permukaan tanah atau gelombang tanah pada lereng. (Gambar 3)

- 5) Longsoran lateral (*lateral-spreading failures*) Gerakan tanah *lateral* adalah peristiwa yang unik karena terjadi pada kemiringan yang landai atau pada wilayah yang relative datar (**Gambar 3**). Karakteristik dominan dari pergerakan materialnya adalah perpanjangan *lateral* yang diikuti dengan retakan geser dan tarik. Gerakan tanah jenis ini biasanya disebut likuifaksi. Likuifaksi dapat terjadi karena kondisi material tanah yang jenuh air, lepas, serta daya lekat sedimennya rendah sehingga menyebabkan kondisi tanah berubah dari padat menjadi cair. Likuifaksi umumnya terjadi karena adanya guncangan tanah yang cepat, seperti ketika terjadinya gempa bumi. Pada saat terjadi gempa material yang saling terikat oleh batuan dasar ataupun

tanah, berubah bercampur dengan air tanah sehingga berubah menjadi cair. Bagian atas dari lapisan tanah akan mengalami retak yang meluas dan kemudian material tersebut berubah bentuk, berotasi/berputar, hancur atau mencair dan kemudian mengalir. Longsoran secara lateral di wilayah yang landai pada material yang mempunyai sortasi yang baik dapat berlangsung secara bertahap. Gerakan tanah yang terjadi secara tiba-tiba pada sebuah wilayah yang sempit dan akan bergerak dengan cepat.

Gerakan tanah yang terdiri dari 2 atau lebih tipe gerakan tanah disebut sebagai gerakan tanah kompleks.

Gerakan tanah dapat juga diklasifikasikan berdasarkan kecepatan pergerakannya, gerakan tanah dapat diklasifikasikan sebagai berikut: (Varnes, 1978)

- a. Luar biasa cepat lebih cepat dari 3,00 m/detik;
- b. Sangat cepat 0,30 m/menit - 3,00 m/detik;
- c. Cepat 1,50 m/hari - 0,30 m/menit;
- d. Menengah 1,50 m/bulan - 1,50 m/hari;
- e. Lambat 1,50 m/tahun - 1,50 m/bulan;
- f. Sangat lambat 0,06 m/tahun – 1,50 m/tahun;
- g. Luar biasa lambat kurang dari 0,06 m/tahun.

4. Digital Elevation Model (DEM) IFSAR

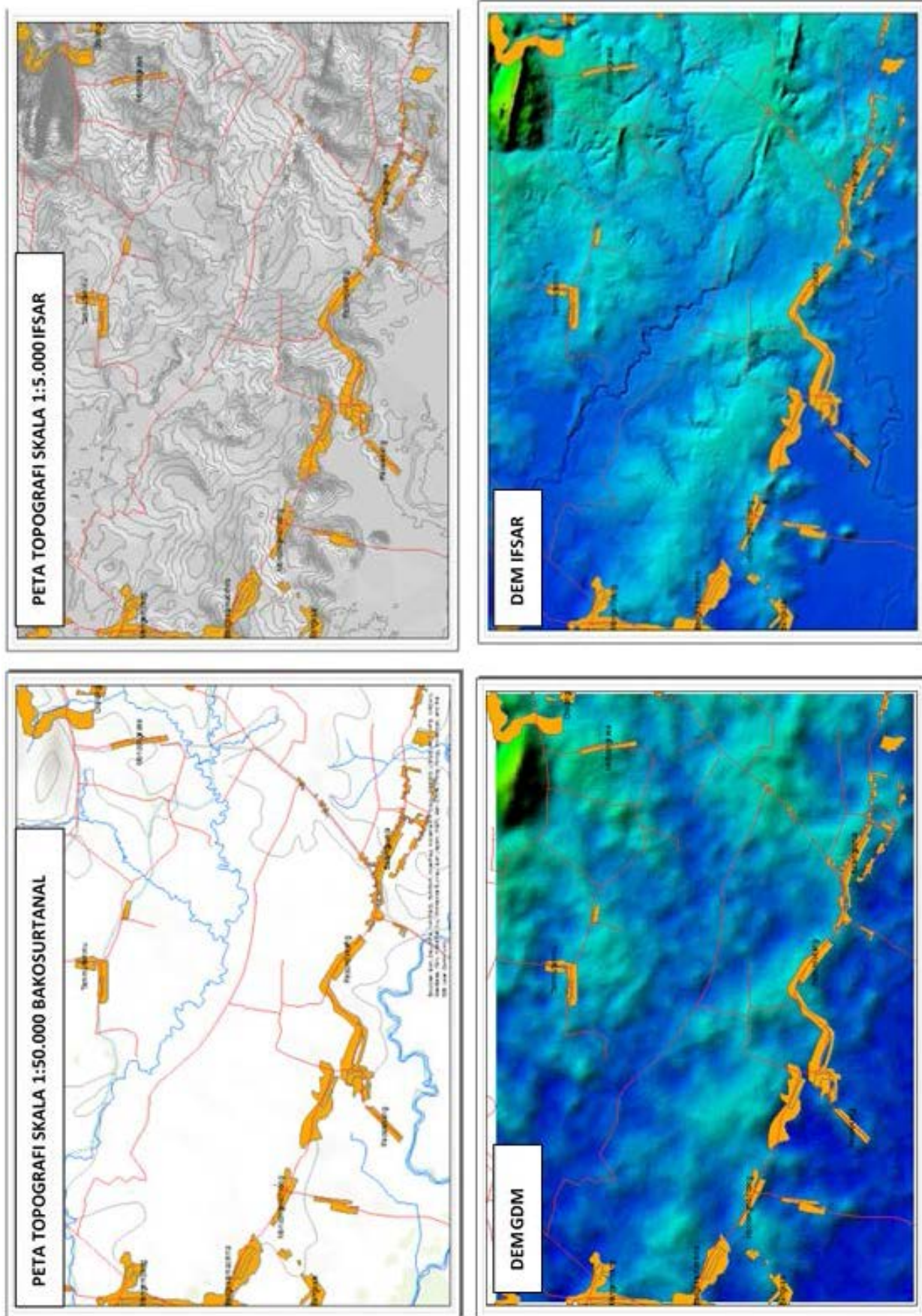
Peta topografi adalah salah satu faktor penting dalam analisis zonasi kerentanan gerakan tanah. Peta topografi yang tersedia pada umumnya berskala 1:50.000 (RBI Badan Informasi Geospasial) dan

beberapa kawasan dengan skala 1:25.000. Untuk mendapatkan peta topografi skala besar, sumber data alternatif adalah data *Digital Elevation Model* (DEM).

Digital Elevation Model (DEM) merupakan data spasial yang memberikan informasi topografi suatu daerah, pada umumnya digunakan untuk perencanaan tata ruang, perencanaan pembangunan infrastruktur, eksplorasi tambang, kebencanaan, telekomunikasi hingga pertahanan dan keamanan. Pada bidang geodesi dan geomatika, DEM dapat digunakan untuk pembuatan peta topografi, pembuatan citra orthorektifikasi, perhitungan cadangan dan volume *cut and fill*, dan pemodelan tiga dimensi (3D).

Salah satu jenis DEM yang berskala besar adalah DEM IFSAR. Produk DEM IFSAR yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah data DTM (*Digital Terrain Model*), yaitu elevasi permukaan tanah bukan elevasi tutupan lahan. DEM IFSAR digeoreferensi secara tepat untuk memberikan data informasi posisi geometris dan data elevasi yang akurat.

Data DEM IFSAR memiliki resolusi horizontal 5 meter dengan tingkat akurasi horizontal 2 meter dan akurasi vertikal 1 meter.



Gambar 4. Perbandingan ketelitian data DEM GDM dan DEM IFSAR

Tabel 3. Spesifikasi Data DEM IFSAR (*Whitepaper Intermap*)

Product	Pixel Size (m)	Horizontal Accuracy RMSE (m)	Vertical Accuracy RMSE (m)
DSM	5.0	2.0	1.0
DTM	5.0	2.0	1.0
ORI	1.25	2.0	-

Produk elevasi yang dihasilkan teknologi IFSAR sesuai untuk kebutuhan data spasial seperti analisis zonasi rawan bencana gerakan tanah. Data DEM IFSAR dapat digeneralisasi menjadi data kontur, kemiringan lereng, arah lereng, panjang lereng dan kecembungan lereng. Data tersebut akan menjadi peta-peta paramater dalam analisis spasial.

DEM IFSAR resolusi 5m menunjukkan akurasi yang tinggi (*rms/Root Mean Square Error* 0,28m dan 0,55m pada kepercayaan 95%). Dengan akurasi tersebut DEM IFSAR resolusi tinggi dapat memenuhi persyaratan dalam penelitian yang berkaitan dengan topografi bahkan dalam relief yang cukup datar. (Mercuri, et al; 2004)

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Salah satu prinsip utama geologi adalah bahwa masa lalu merupakan kunci masa depan. Dalam mengevaluasi bahaya longsor, ini berarti bahwa kegagalan lereng di masa depan dapat terjadi sebagai akibat dari situasi geologi, geomorfologi, dan hidrologi yang sama yang menyebabkan kegagalan di masa lalu dan sekarang. Berdasarkan asumsi ini, dimungkinkan untuk memperkirakan jenis, frekuensi kejadian, luas, dan konsekuensi dari kegagalan lereng yang mungkin terjadi di masa yang akan datang. (Highland, 2008)

Sesuai dengan prinsip geologi tersebut di atas, penelitian ini menggunakan data kejadian longsor yang pernah terjadi di daerah penelitian melalui perhitungan statistik. Simulasi atau percobaan dilakukan dengan metode berbeda untuk mendapatkan nilai akurasi yang diinginkan. Berdasarkan uraian tersebut di atas, maka penelitian ini termasuk dalam penelitian eksperimen.

Gerakan tanah dipengaruhi oleh banyak faktor, baik faktor penyebab seperti kondisi geologi, kemiringan lereng, dan sebagainya maupun faktor pemicu seperti gempa dan curah hujan. Faktor-faktor tersebut akan diformulasikan sedemikian rupa sehingga diperoleh zonasi

kerentanan gerakan tanah di lokasi penelitian. Penelitian ini diawali dengan kajian pustaka, identifikasi gerakan tanah melalui interpretasi citra satelit, pengambilan data lapangan, pengamatan kondisi morfologi, pengamatan dan pengukuran struktur geologi yaitu kemiringan batuan, pengamatan dan pengukuran dimensi gerakan tanah. Selanjutnya dilakukan pengolahan data dan analisis spasial, pembobotan peta parameter dan *overlay* peta parameter untuk menghasilkan peta zonasi kerentanan gerakan tanah.

B. Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian terletak di Kecamatan Manuju dan Kecamatan Bungaya Kabupaten Gowa Provinsi Sulawesi Selatan (Gambar 5).

Lokasi penelitian dipilih secara sengaja dengan pertimbangan bahwa daerah tersebut sering dilanda bencana gerakan tanah. Seperti yang bencana tanah longsor yang terjadi pada tanggal 23 Januari 2019 (Kompas.com 23/1/2019). Berdasarkan Katalog Desa/Kelurahan Rawan Tanah Longsor yang diterbitkan oleh BNPB, kecamatan Manuju dan Kecamatan Bungaya termasuk dalam Kawasan rawan tinggi untuk bencana tanah longsor. (Ridwan Yunus, dkk 2019).

Kesampaian lokasi dari Kota Makassar dapat dijangkau menggunakan kendaraan roda empat atau kendaraan roda dua dengan waktu tempuh 45 menit ke lokasi penelitian.



Gambar 5. Kesempaan lokasi penelitian

C. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan selama penelitian baik yang digunakan di lapangan maupun yang digunakan di laboratorium dijelaskan sebagai berikut.

Alat dan bahan yang digunakan selama penelitian di lapangan yaitu kompas, palu geologi, GPS (*Global Positioning System*), peta topografi daerah penelitian skala 1: 25.000 terbitan Badan Informasi Geospasial, *Digital Elevation Model* (DEM) IFSAR, citra satelit berbagai sumber dan tahun akuisisi, buku lapangan, alat tulis menulis, kantong sampel, kamera digital, lup perbesaran 10x, roll meter, *clip board*, larutan HCL 0,1 M, pensil warna, pita meter, busur dan mistar, serta perlengkapan pribadi.

Alat dan bahan yang digunakan selama analisis laboratorium, meliputi: mikroskop polarisasi untuk analisis petrografi, sampel sayatan tipis, alat uji kuat geser dan alat tulis-menulis.

D. Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data meliputi data awal (data sekunder), data lapangan (data primer), data laboratorium dan data hasil analisis.

1. Data Awal

Sebelum melakukan penelitian lapangan dan laboratorium, terlebih dahulu dilakukan pengumpulan data sekunder yaitu informasi mengenai kondisi geologi regional daerah penelitian serta teori pendukung yang

relevan. Peneliti juga mempelajari literatur yaitu *text book*, jurnal, maupun laporan penelitian yang berkaitan dengan zonasi gerakan tanah. Selain itu peneliti mengumpulkan informasi kejadian gerakan tanah yang pernah terjadi di lokasi penelitian dari berbagai sumber termasuk dari interpretasi citra satelit.

2. Data Lapangan

a. Pengambilan Sampel Batuan

Cara pengambilan sampel batuan dilakukan secara *random* dan mempertimbangkan keterwakilan sebaran litologi yang ada pada daerah penelitian.

b. Pengambilan sampel tanah

Pengambilan sampel tanah dilakukan diambil secara proporsional pada wilayah yang berdekatan dengan lokasi terjadinya gerakan tanah. Hal tersebut dilakukan untuk membuktikan bahwa apakah sifat keteknikan tanah bersesuaian dengan hasil analisis zonasi kerentanan gerakan tanah.

c. Identifikasi Gerakan Tanah

Identifikasi gerakan tanah dilakukan untuk memastikan hasil interpretasi citra satelit sesuai dengan kondisi lapangan. Pengamatan pada lokasi gerakan tanah berupa pengamatan jenis material yang keluar dari lereng dan bentuk bidang gelincir untuk mengetahui tipe dari gerakan tanah yang terjadi.

2. Data Laboratorium

a. Analisis Petrografi

Analisis petrografi dilakukan di Laboratorium Mineralogi Departemen Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Tujuan analisis untuk menentukan nama batuan dengan menggunakan preparasi sayatan tipis.

b. Data Kuat Geser

Data sampel tanah yang dianggap mewakili jenis batuan di lokasi penelitian, diuji dengan menggunakan alat uji kuat geser di Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Muslim Indonesia Makassar. Hasil analisis tersebut digunakan dalam deskripsi zonasi bahaya gerakan tanah.

E. Pengolahan Data

1. Pengolahan Data Spasial

Pengolahan data spasial meliputi pengumpulan data-data pendukung yang akan digunakan dalam proses analisis. Data yang dikumpulkan berupa peta peneliti terdahulu, data curah hujan, peta topografi, citra satelit dan Digital Elevasi model (DEM). Data-data tersebut diharapkan sesuai dengan kebutuhan peta sebagai berikut:

- Peta Kemiringan lereng
- Peta Geologi
- Peta Tutupan Lahan
- Peta Curah Hujan

- Peta Panjang Lereng
- Peta Buffer Jalan
- Peta Buffer Sungai
- Peta Buffer Patahan
- Peta Kecembungan Lereng
- Peta Arah Lereng

2. Analisis Bahaya Gerakan Tanah

Analisis densitas gerakan tanah dilakukan dengan menggunakan 2 (dua) metode statistik yaitu metode *Frequency Ratio (FR)* dan Metode *Weight of Evidence (WoE)*.

Metode *Frequency Ratio (FR)* didasarkan pada perhitungan kerapatan (*density*) gerakan tanah dan nilai bobot (*weight value*) dari masing-masing, kelas peta parameter. Nilai kerapatan (*density value*) dari tiap kelas pada setiap peta parameter adalah pencerminan dari luas kejadian gerakan tanah pada satu satuan kelas dibagi luas dari luas kelas peta parameter.

Tiap individu peta parameter yang telah ditumpang tindihkan dengan peta distribusi gerakan tanah akan menghasilkan kerapatan dan bobot gerakan tanah pada tiap kelas. Nilai kerapatan atau densitas dan bobot setiap peta parameter dapat dihitung dengan formula 1 dan formula 2.

$$\text{Densitas} = \text{Luas gerakan tanah dalam kelas A} / \text{Luas kelas A} \dots\dots\dots(1)$$

Nilai bobot (*weigh value*) dari tiap unit, kelas atau tipe pada setiap peta parameter dibagi nilai kerapatan gerakan tanah seluruh peta (daerah penelitian), Ehret, et.al. (2010) dan Van Westen (2014).

$$\text{Nilai bobot} = \frac{(\text{Luas gerakan tanah kelas A/Luas kelas A})}{(\text{Luas seluruh gerakan tanah/Luas daerah penelitian})} \dots\dots\dots(2)$$

Metode Weight of Evidence (WoE) adalah salah satu metode yang digunakan untuk melakukan pemetaan bahaya gerakan tanah. Metode ini memanfaatkan data kejadian gerakan tanah yang pernah terjadi di daerah penelitian. Kejadian gerakan tanah tersebut akan memberikan gambaran terhadap faktor yang mempengaruhi gerakan tanah tersebut.

Metode WoE ini merupakan teknik analisis kuantitatif kejadian longsor yang pernah terjadi. Metode ini menggunakan sejumlah kombinasi data untuk menghasilkan peta dari pembobotan data, baik yang berbentuk sinambung (*continuous*) dan berkategori (*categorical*), berdasarkan probabilitas *prior* (awal) dan *posterior* (sesudah) (Van Westen, 2003).

$$W^+ = \ln \left[\frac{\frac{\text{Npix landslide in class}}{\text{Npix total landslide area}}}{\frac{\text{Npix stable area in class}}{\text{Npix total stable area}}} \right] = \ln \left[\frac{\frac{\text{Area landslide in class}}{\text{Total landslide area}}}{\frac{\text{Area stable area in class}}{\text{Total stable area}}} \right] \dots\dots\dots(3)$$

$$W^- = \ln \left[\frac{\frac{\text{Npix landslide outside class}}{\text{Npix total landslide area}}}{\frac{\text{Npix stable area outside class}}{\text{Npix total stable area}}} \right] = \ln \left[\frac{\frac{\text{Area landslide outside class}}{\text{Total landslide area}}}{\frac{\text{Area stable area outside class}}{\text{Total stable area}}} \right] \dots\dots\dots(4)$$

Dimana:

W^+ adalah bobot kebolehjadian gerakan tanah di suatu kelas peta parameter (bobot positif).

W^- adalah bobot ketidakboleh-jadian gerakan tanah di suatu kelas peta parameter (bobot negatif).

Bobot dari W^+ dan W^- dikombinasikan sebagai nilai *contras* (C), dengan formula sebagai berikut:

$$C = W^+ - W^- \dots\dots\dots(5)$$

Nilai *contras* pada setiap unik/kelas tersebut sebagai acuan seberapa besar pengaruhnya terhadap kejadian longsor di daerah penelitian.

Nilai-nilai bobot peta parameter yang diperoleh dari analisis densitas kejadian gerakan tanah tersebut di atas, akan dioverlay secara keseluruhan. Bobot masing-masing peta parameter dijumlahkan sehingga diperoleh bobot total peta parameter. Hasil penjumlahan bobot tersebut kemudian dikelompokkan dalam 5 (lima) zona yaitu zona bahaya gerakan tanah sangat rendah, zona bahaya gerakan tanah rendah, zona bahaya gerakan tanah sedang, zona bahaya gerakan tanah tinggi dan zona bahaya gerakan sangat tanah tinggi.

3. Pemodelan Densitas Gerakan Tanah

Ketelitian hasil analisis bahaya gerakan tanah dipengaruhi oleh pemilihan jenis peta parameter yang digunakan. Kualitas akurasi hasil analisis tidak tergantung dari jumlah variabel atau parameter yang digunakan tetapi tergantung pada pemilihan variabel yang mempengaruhi kejadian gerakan tanah di daerah penelitian.

Pemilihan parameter dapat dilakukan secara manual namun hal tersebut sangat subjektif (Costanzo, et al, 2012). Pemilihan parameter yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan melihat model dari pola densitas gerakan tanah. Pemilihan variabel didasarkan pada hubungan antara model densitas gerakan tanah dengan faktor penyebab longsor. Pemodelan densitas ini mengikuti Model Regresi Logistik (Carrara, 2008).

4. Analisis Ketelitian Zonasi

Validasi hasil analisis zonasi bahaya gerakan tanah adalah hal yang sangat fundamental. Hasil analisis peta zonasi kerentanan gerakan tanah dioverlay dengan data-data kejadian gerakan tanah yang pernah terjadi. Data kejadian gerakan tanah yang digunakan dalam analisis ini adalah data kejadian gerakan tanah lama yang tidak digunakan dalam analisis sebelumnya (percobaan).

Tingkat ketelitian hasil analisis ditentukan berdasarkan persentase luas gerakan tanah yang berada pada zona bahaya gerakan tanah tinggi dan sangat tinggi.

Akurasi prediksi bahaya gerakan tanah dengan menggunakan nilai *Area Under Curve* (AUC). Nilai AUC merupakan nilai indeks yang terbentuk dari grafik perbandingan antara persentase total luasan area kelas gerakan tanah dengan persentase total jumlah area gerakan tanah (Van Westen et al., 2009, Wahono, 2010).

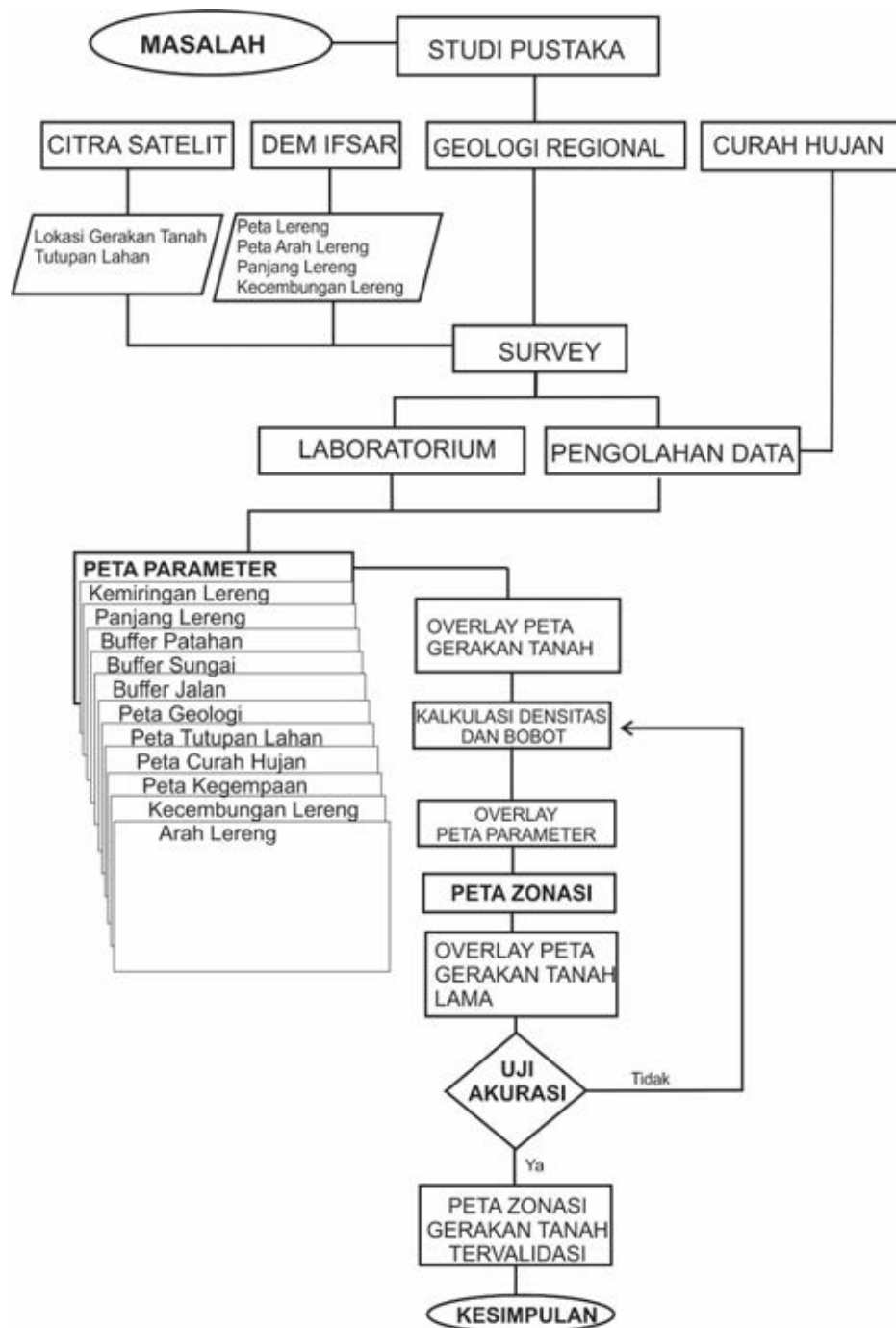
F. Penyusunan Tesis

Selama proses observasi, perekaman data lapangan dan analisis laboratorium, dilakukan konsultasi dengan komisi penasihat. Hal ini memudahkan penulis dalam penyusunan tesis yang mengikuti kaidah tulisan ilmiah yang ditetapkan oleh Program Pasca Sarjana Universitas Hasanuddin. Selain itu penulis melakukan analisis spasial, pengamatan petrografi sampel batuan di Laboratorium Departemen Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin dan uji kuat geser di Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Muslim Indonesia.

G. Hipotesis

1. Ketelitian hasil analisis zonasi kerentanan gerakan tanah sangat dipengaruhi oleh pemilihan metode dan peta parameter yang digunakan dalam analisis.
2. Pemilihan peta parameter yang dilakukan melalui pemodelan densitas gerakan tanah dapat meningkatkan akurasi hasil analisis zonasi kerentanan gerakan tanah.

Tahapan penelitian dapat dilihat pada diagram alir berikut ini :



Gambar 7. Diagram alir tahapan penelitian

BAB IV

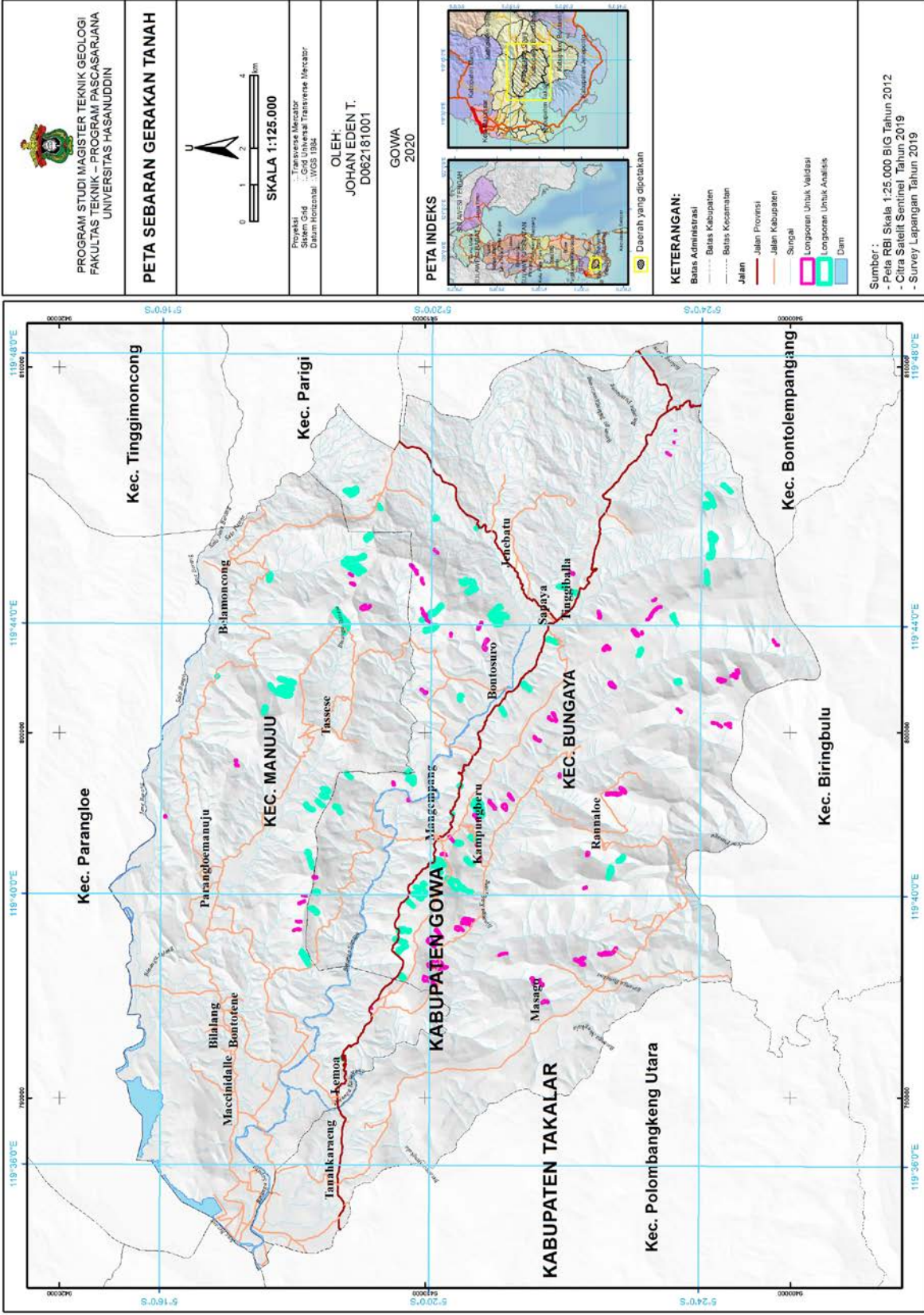
HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Variabel Analisis

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Kejadian Gerakan Tanah

Gerakan tanah masa lalu di suatu daerah dapat memberikan informasi kemungkinan lokasi lain dengan karakteristik yang sama untuk gerakan tanah di masa yang akan datang. (Lan, et al., 2004; Dai et al., 2002). Oleh karena itu data kejadian gerakan tanah sangat penting perannya dalam analisis zonasi bahaya gerakan tanah. Inventarisasi gerakan tanah pada daerah penelitian dilakukan melalui interpretasi citra satelit Sentinel-2A tahun 2019 dan verifikasi survey lapangan. Jumlah lokasi gerakan tanah yang teridentifikasi sebanyak 158 lokasi. (Gambar 8). Dari 158 lokasi gerakan tanah tersebut, 71 lokasi (103,44 ha) dipilih secara acak sebagai bahan analisis zonasi bahaya gerakan tanah dan 87 lokasi akan dijadikan sebagai bahan validasi zonasi bahaya gerakan tanah. Berdasarkan klasifikasi gerakan tanah (Varnes, 1978), jenis gerakan tanah yang terjadi di daerah penelitian adalah jenis *debris flow* (gambar 9) dan *debris avalanche* (gambar 10). Tipe gerakan tanah *debris avalanche* berkisar 95% dari total gerakan tanah yang diverifikasi.



Gambar 8. Peta Sebaran Gerakan Tanah



Gambar 9. Material hasil gerakan tanah *debris flow* di daerah penelitian



Gambar 10. Jenis gerakan tanah *debris avalanche* di daerah penelitian

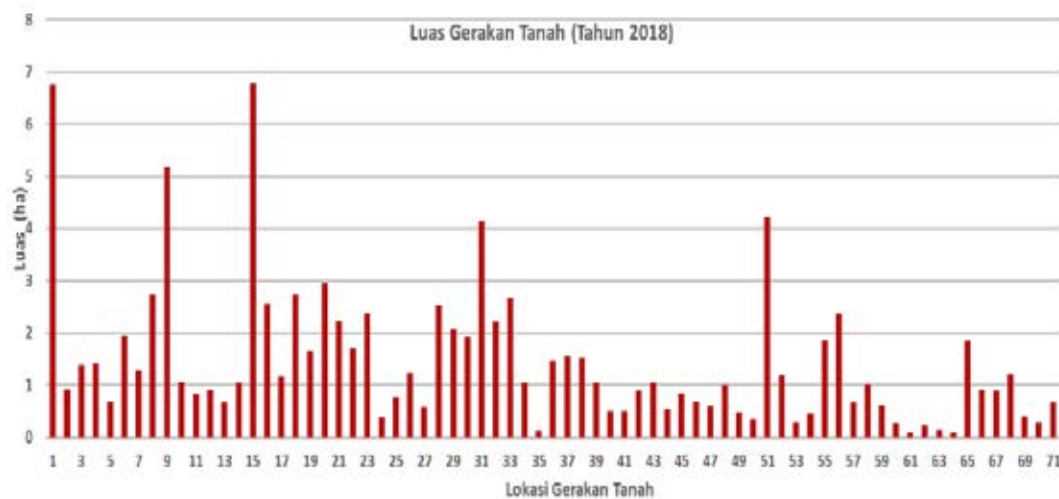
Gerakan tanah yang digunakan sebagai variabel analisis di daerah penelitian diperkirakan terjadi pada tahun 2018, dimana jejak gerakan tanah tersebut masih terlihat jelas melalui Citra Satelit Sentinel 2A tahun 2019. Hal tersebut didukung dengan pengamatan langsung pada saat

survei lapangan seperti yang terlihat pada dokumentasi lapangan.
(Gambar 11).



Gambar 11. Gambar dokumentasi beberapa lokasi gerakan tanah yang terjadi di daerah penelitian

Berdasarkan luas longsor yang dideliniasi melalui citra satelit, luas gerakan tanah rata-rata sekitar 1,45 ha (Gambar 12). Dari 71 lokasi longsor, ada 3 lokasi dengan luas lebih besar dari 5 ha, yang terletak di Kampung Baru, Datara, dan Bontotene. Gerakan tanah di Kecamatan Bungaya sebanyak 53 lokasi, sementara di Kecamatan Manuju sebanyak 18 lokasi.



Gambar 12. Grafik luas longsor di lokasi penelitian

2. Litologi

Litologi yang dijumpai di daerah penelitian terdiri dari litologi batuan yaitu Formasi Camba, Formasi Gunungapi Baturape – Cindako, Formasi Gunungapi Lompobattang dan Endapan Aluvial. (Sukamto dan Supriatna;1982).

Formasi Camba tersusun dari batuan sedimen laut berselingan dengan batuan gunungapi, batupasir tufaan berselingan dengan tufa, batupasir dan batulempung; bersisipan napal, batugamping, konglomerat,

breksi gunungapi dan batubara. Jenis litologi dari Formasi Camba yang dijumpai di daerah penelitian adalah batupasir tufaan berselingan dengan tufa pasiran dan batulempung yang dijumpai di daerah Lemoa (STA G-3) dan breksi gunungapi pada STA G-6.



Gambar 13. Singkapan batupasir tufaan berselingan tufa pasiran (STA G-3)



Gambar 14. Singkapan breksi gunungapi (STA G-6)

Formasi Batuan Gunungapi Baturape Cindako tersusun dari lava dan breksi, dengan sisipan sedikit tufa dan konglomerat. Jenis litologi yang umum dijumpai di daerah penelitian adalah breksi vulkanik. Breksi vulkanik dapat dijumpai di daerah Parangkatisan seperti terlihat pada Gambar 15.



Gambar 15. Singkapan breksi gunungapi (STA G-1)

Singkapan litologi breksi gunungapi dijumpai di STA G-2 tepatnya di daerah Lemoa seperti terlihat pada gambar 16.



Gambar 16. Singkapan breksi gunungapi (STA G-2)

Formasi Batuan Gunungapi Lompobattang tersusun atas aglomerat, lava, breksi, endapan lahar dan tufa. Litologi yang umum dijumpai di daerah penelitian adalah litologi lava basal. Litologi lava basal dapat dijumpai di daerah Tanggiballa (STA G-8).



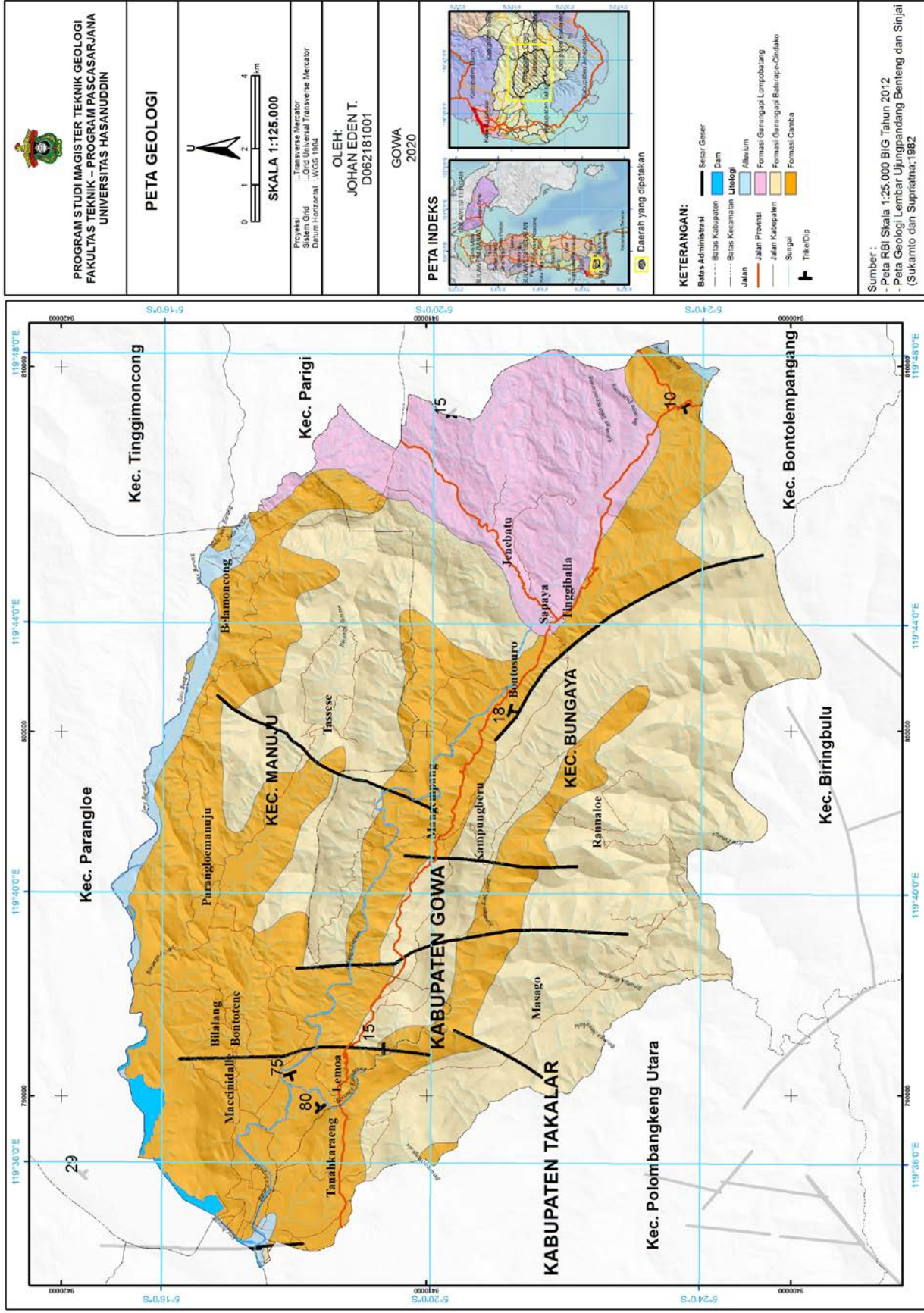
Gambar 17. Singkapan lava (STA G-8)

Aluvial terutama terdiri dari rombakan batuan Gunungapi Lompobattang dalam bentuk lempung, pasir dan kerikil. Litologi aluvial yang dijumpai di daerah penelitian umumnya dapat dilihat di sepanjang Sungai Jeneberang.



Gambar 18. Singkapan litologi aluvial di Sungai Jeneberang (STA G-10)

Berdasarkan hasil *overlay* Peta Geologi dengan Peta Sebaran Gerakan Tanah, persentase tertinggi luas longsor yang terjadi pada daerah penelitian terdapat pada Formasi Gunungapi Baturape-Cindako seluas kurang lebih 81,57 %, pada Formasi Camba persentase gerakan tanah seluas kurang lebih 16,79 %. Formasi Gunungapi Lompobattang seluas kurang lebih 1,64 %. Formasi Gunungapi Baturape – Cindako dan Aluvial tidak dijumpai kejadian gerakan tanah.(gambar 19.)



Gambar 19. Peta Geologi Daerah Penelitian

3. Jenis Tanah

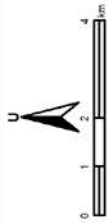
Setiap jenis tanah mempunyai sifat fisik yang berbeda sehingga dari sifat fisik tanah ini akan mempengaruhi tingkat kestabilan tanah sehingga parameter jenis tanah ini dianggap penting dalam peneliti ini. Peta jenis tanah bersumber dari Peta Tanah Semi Detail skala 1:50.000 yang diproduksi oleh Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Kementerian Pertanian Indonesia Tahun 2014 menggunakan klasifikasi *Soil Taxonomy* dari United States Department of Agriculture (USDA) 1975. Penjelasan masing-masing jenis tanah dapat dilihat dalam lampiran.

Kejadian gerakan tanah terbanyak terjadi pada Typic Dystrudepts - Typic Hapludults - Aquic Dystrudepts seluas kurang lebih 42,47 %, selanjutnya pada Typic Dystrudepts - Typic Hapludults - Typic Eutrudepts seluas kurang lebih 38,98 %. Gerakan tanah terbanyak terjadi pada Typic Eutrudepts - Typic Hapludalfs - Aquic Eutrudepts seluas kurang lebih 18,40 %, pada Typic Hapludands, Andic Eutrudepts, Andic Dystrudepts persentase terjadi longsor seluas kurang lebih 0,15%. Luas gerakan tanah terbanyak terjadi pada jenis tanah Typic Fluvaquents - Typic Endoaquepts - Fluvaquentic Endoaquepts, Typic Endoaquepts, Typic Hapludults - Typic Dystrudepts , Typic Kandiodults - Typic Hapludox - Typic Hapludults, Udic Haplusteps - Typic Haplustalfs - Typic Eutrudepts tidak ditemukan kejadian gerakan tanah. (Gambar 20.)



PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK GEOLOGI
FAKULTAS TEKNIK – PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN

PETA JENIS TANAH



Proyeksi : Transverse Mercator
Datum Horizontal : WGS 1984
Datum Vertikal : IGNALTRANSVERSE MERCATOR

OLEH:
JOHAN EDEN T.
D062181001

GOWA
2020

PETA INDEKS



Daerah yang dipetakan

KETERANGAN:

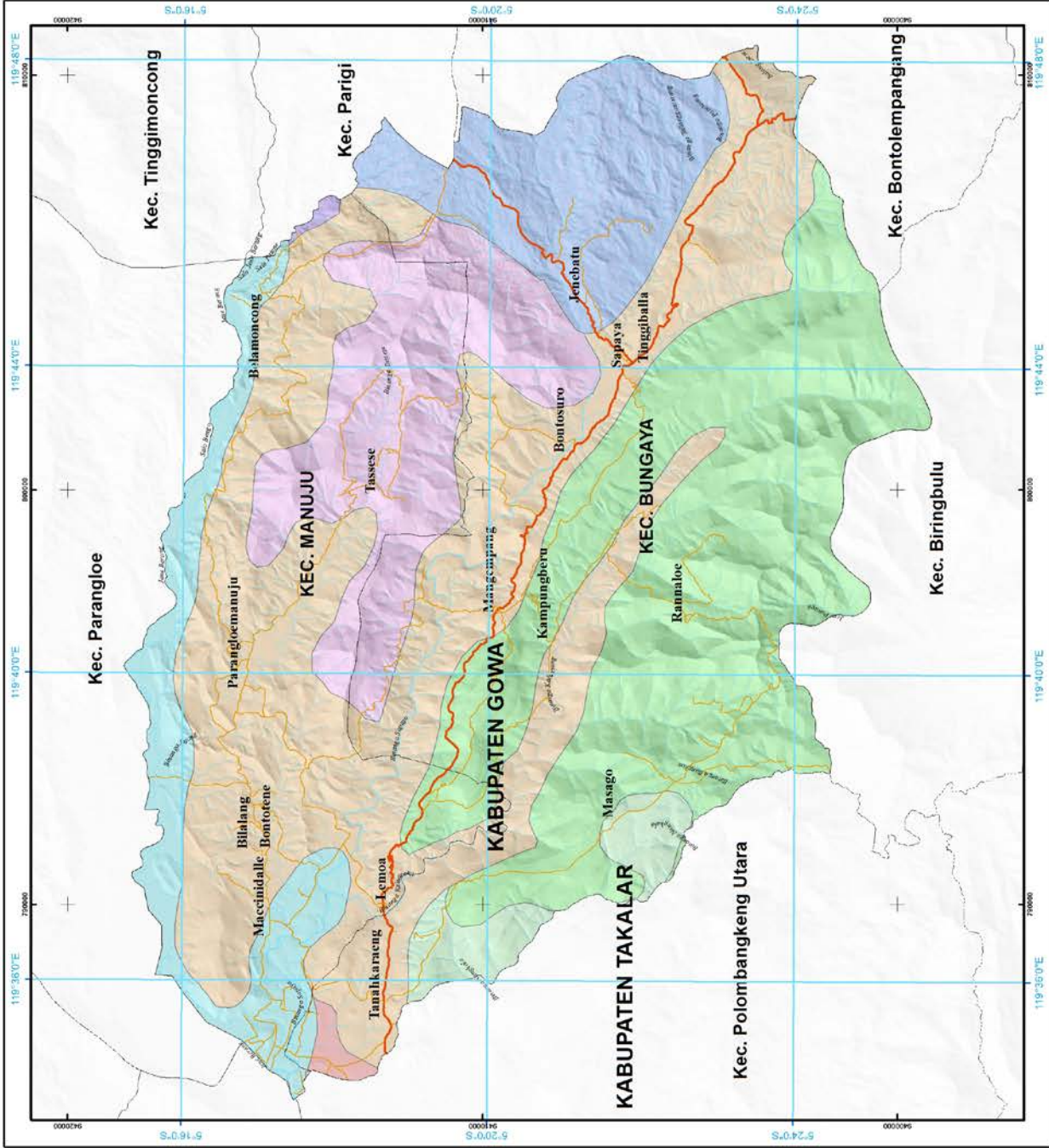
Batas Administrasi :
- Jalan Provinsi
- Jalan Kabupaten
- Jalan Kecamatan
- Batas Kecamatan
- Batas Desa

Jenis Tanah

- Type Dystrudepts, Type Hapluudits, Aquic Dystrudepts
- Type Dystrudepts, Type Hapluudits, Type Eutrudepts
- Type Eutrudepts, Type Hapluudits, Aquic Eutrudepts
- Type Fluvisquents, Type Endosquents, Fluvisquents Endosquents
- Type Hapluudits, Andic Eutrudepts, Andic Dystrudepts
- Type Hapluudits, Type Dystrudepts, Type Endosquents
- Type Kamiduudits, Type Hapluudits, Type Hapluudits
- Udic Hapluisquents, Type Hapluudits, Type Eutrudepts

Sumber:

- Peta RBI Skala 1:25.000 BIG Tahun 2012
- Peta Jenis Tanah Balittana Tahun 2014



Gambar 20. Peta Jenis Tanah

4. Kemiringan lereng

Parameter sudut kemiringan lereng merupakan parameter penting dalam analisis gerakan tanah (Ayalew et al., 2004). Semakin besar sudut kemiringan lereng, peluang untuk terjadi gerakan tanah semakin tinggi.

Data peta kemiringan lereng yang digunakan pada penelitian ini digeneralisasi dari data DEM IFSAR yang dikelompokkan dalam 5 kelas yaitu (0 – 5)%, (5-15)%, (15-30)%, (30-40)% dan (> 40)%.

Kejadian gerakan tanah pada lokasi penelitian dominan terjadi pada kemiringan (>40)% seluas kurang lebih 66,50%. Pada kemiringan (30 – 40)% seluas kurang lebih 19,55 %, pada kemiringan lereng (15 – 30) seluas kurang lebih 19,95 % dan pada kemiringan lereng (5 – 15)% tidak ditemukan kejadian gerakan tanah. (Gambar 21.)

5. Arah Lereng

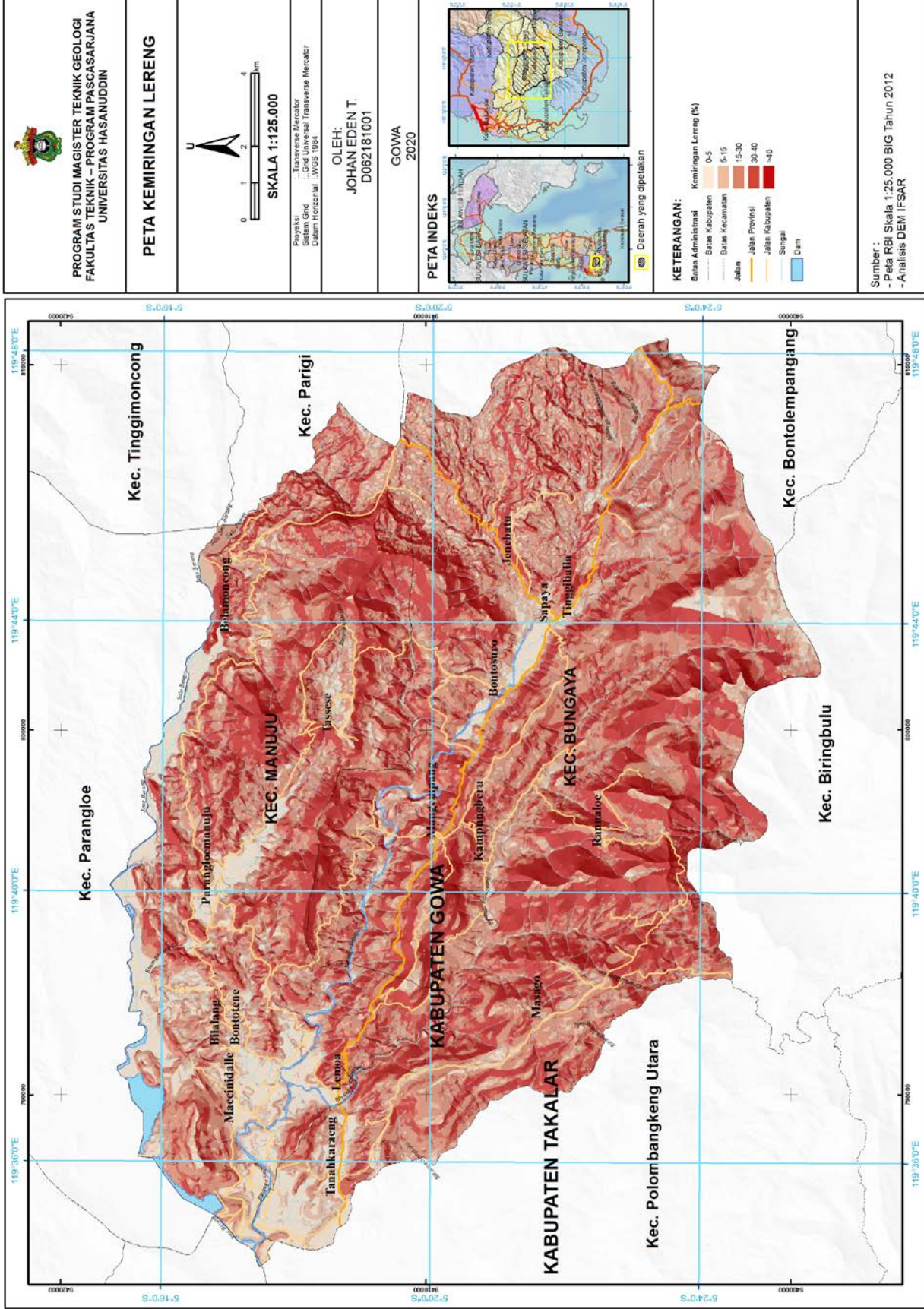
Arah lereng atau *slope aspect* dapat memperlihatkan pengaruh sinar matahari terhadap tingkat kelembaban tanah sekaligus mempengaruhi vegetasi yang ada di atasnya. Kelembaban lereng sangat berpengaruh terhadap kekuatan tanah sehingga dapat menyebabkan terjadinya longsor (Wieczorek et al., 1997). Parameter slope aspect digeneralisasi dari data DEM IFSAR dengan klasifikasi yaitu Datar, Utara, Utara Timur, Timur, Tenggara, Selatan, Selatan Barat Laut, Barat dan Barat Laut.

Persentase luas kejadian gerakan tanah yang terbesar pada arah lereng yang menghadap ke Utara Timur Laut seluas kurang lebih 21,35 %, pada Selatan Barat Daya persentase kejadian gerakan tanah seluas kurang lebih 15,85 %, lereng yang menghadap ke Utara dengan persentase kejadian gerakan tanah seluas kurang lebih 15,59 %. Kejadian gerakan tanah pada lereng yang menghadap ke Barat Laut seluas kurang lebih 15,30, lereng yang menghadap ke Tenggara dengan persentase kejadian gerakan tanah seluas kurang lebih 10,89%. Kejadian gerakan tanah pada lereng yang menghadap ke Selatan seluas kurang lebih 8,88%. lereng yang menghadap ke Timur dengan persentase kejadian gerakan tanah seluas kurang lebih 7,71%. Pada lereng datar tidak ditemukan kejadian gerakan tanah. (Gambar 22.)

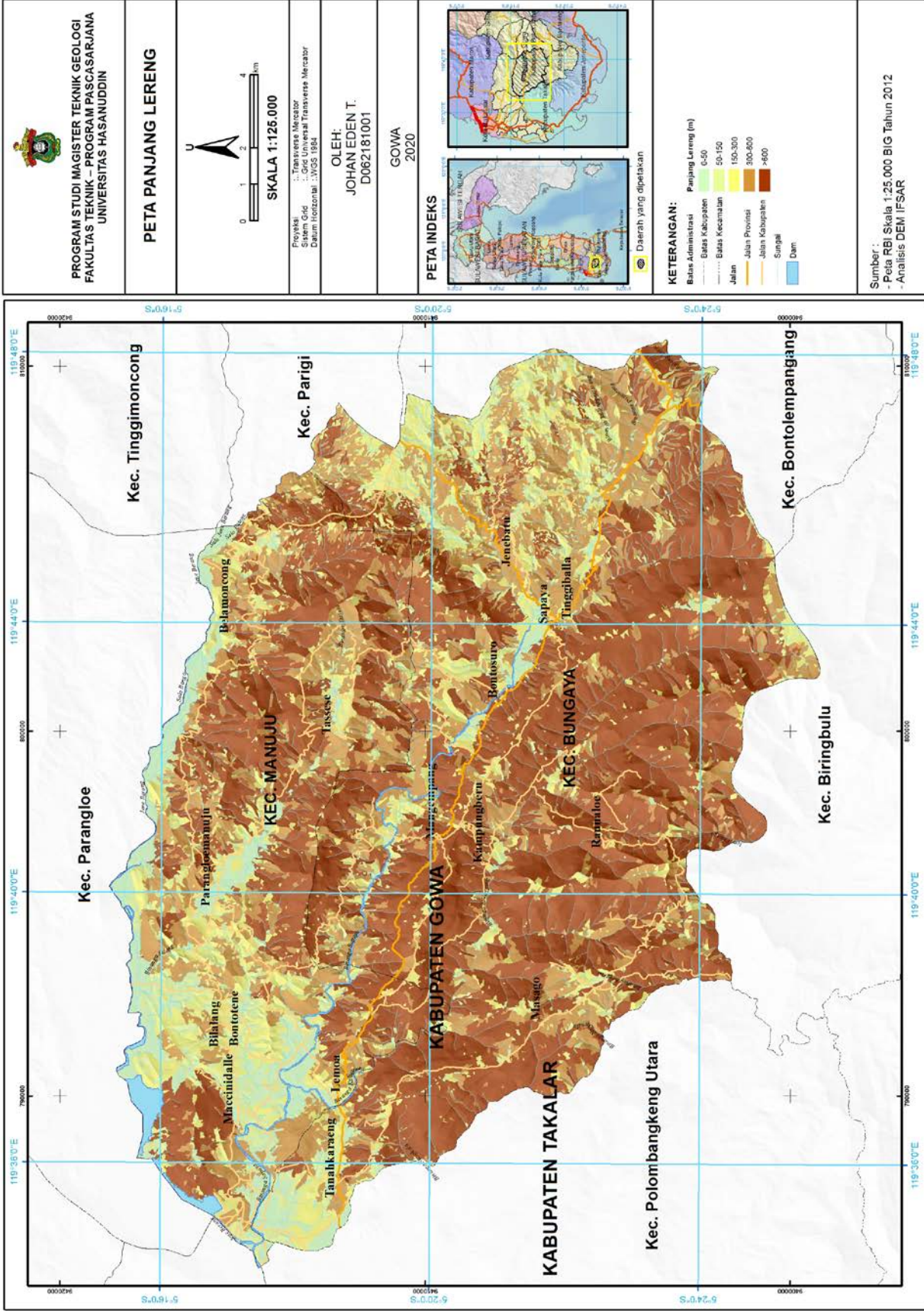
6. Panjang Lereng

Panjang lereng dianggap berpengaruh terhadap terhadap kejadian tanah longsor, (Broothaerts et al., 2012;) Parameter panjang lereng pada penelitian ini dibagi 5 kelas yaitu (0 – 50)m, (50 – 150)m, (150 – 300)m, (300 – 600)m dan > 600 m.

Luas longsor yang terbesar pada parameter ini yaitu pada > 600 m seluas kurang lebih 77,33 %. Pada lereng dengan panjang (300 – 600)m seluas kurang lebih 19,21 %, selanjutnya pada panjang lereng (150 – 300)m seluas kurang lebih 3,32 %. Panjang lereng (50 – 150)m seluas



Gambar 21. Peta Kemiringan Lereng



Gambar 23. Peta Panjang Lereng

kurang lebih 0,12 % dan persentase terkecil pada panjang lereng (0–50) m seluas kurang lebih 0,021 %. (Gambar 23.)

7. Kecembungan Lereng

Kecembungan lereng dapat memberikan pengaruh terhadap gerakan tanah, air hujan yang jatuh pada lereng cekung cenderung bertahan lebih lama dari pada hujan yang jatuh pada lereng cembung. Selain itu pada lereng cembung umumnya tersingkap batuan dasar yang lebih kuat di antara batuan yang lapuk. Daerah dengan bentuk lereng cekung memiliki probabilitas lebih tinggi untuk terjadinya tanah longsor dari pada daerah cembung. (Ladas, et al 2007).

Persentase luas longsor yang terjadi pada daerah bentuk lereng cekung seluas kurang lebih 66,89% dari total kejadian gerakan tanah. Pada lereng cembung seluas kurang lebih 33,10 %. (Gambar 24.)

8. Curah Hujan

Salah satu penyebab banyaknya longsor di suatu daerah adalah tingginya curah hujan. (Timilsina, et al., 2014 ; Transportation Research Board, 1996) . Letak lokasi penelitian ini berada pada daerah tropis yang memiliki curah hujan tinggi. Tingginya curah hujan mempengaruhi tingkat kestabilan tanah atau lereng yang akan berpotensi terjadinya longsor. Data curah hujan diperoleh dari curah hujan rata-rata tahunan (7 tahun terakhir) Badan Meterologi dan Geofisika Wilayah IV Makassar. Besarnya luas longsor yang terjadi pada curah hujan (2500 – 3000) mm/tahun

seluas kurang lebih 51,86 % dan pada (2000 – 2500) mm/tahun seluas kurang lebih 48,14 %. (Gambar 25.)

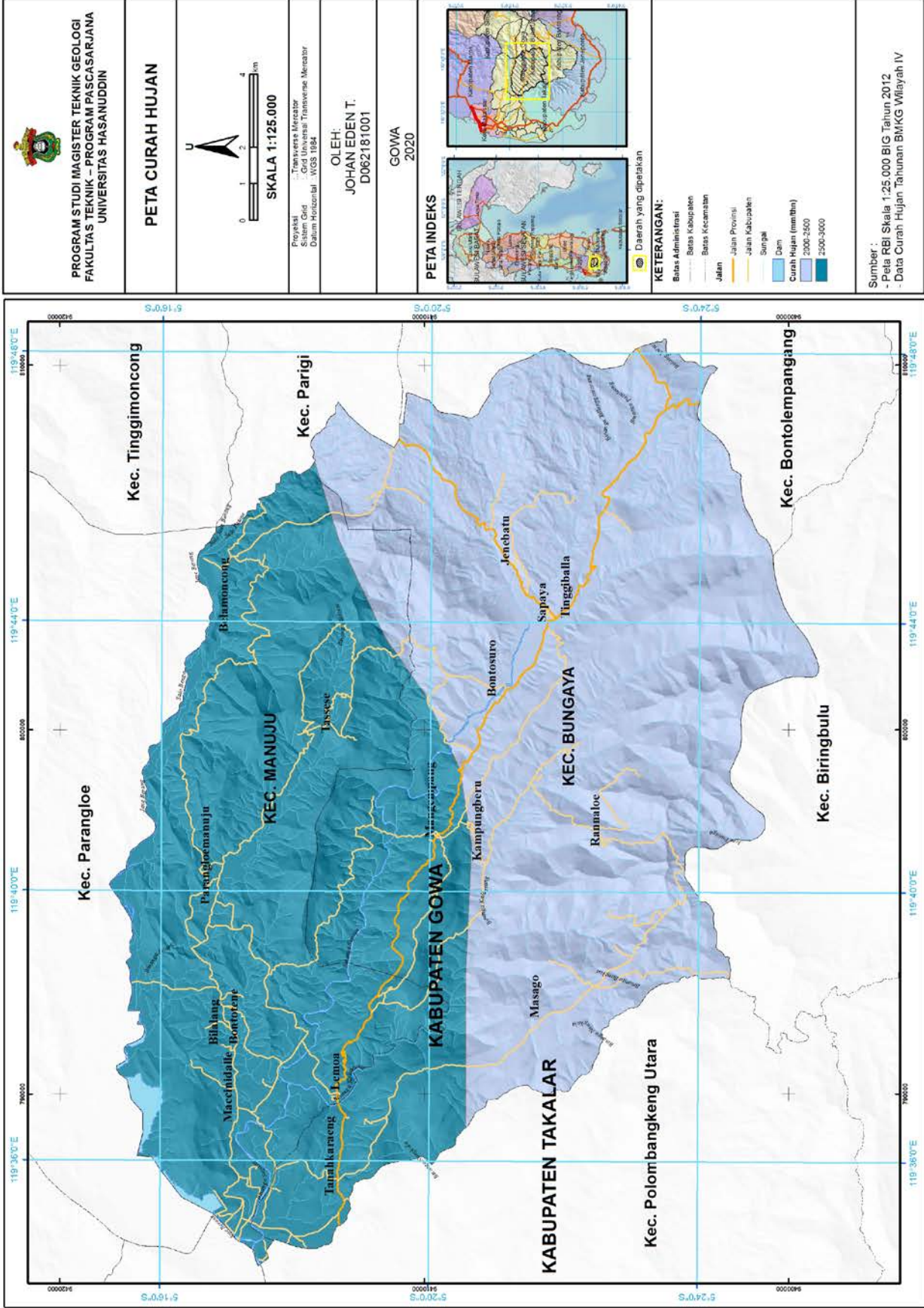
9. Tutupan Lahan/Landuse

Tutupan lahan dianggap sebagai faktor utama terjadinya longsor. Lahan bervegetasi jarang rentan terhadap cuaca, erosi, dan ketidakstabilan lereng (Raghuvanshi, et al., 2014 dan Anbalagan, 1992). Peta tutupan lahan yang digunakan merupakan hasil interpretasi citra satelit spot 7 tahun 2016.

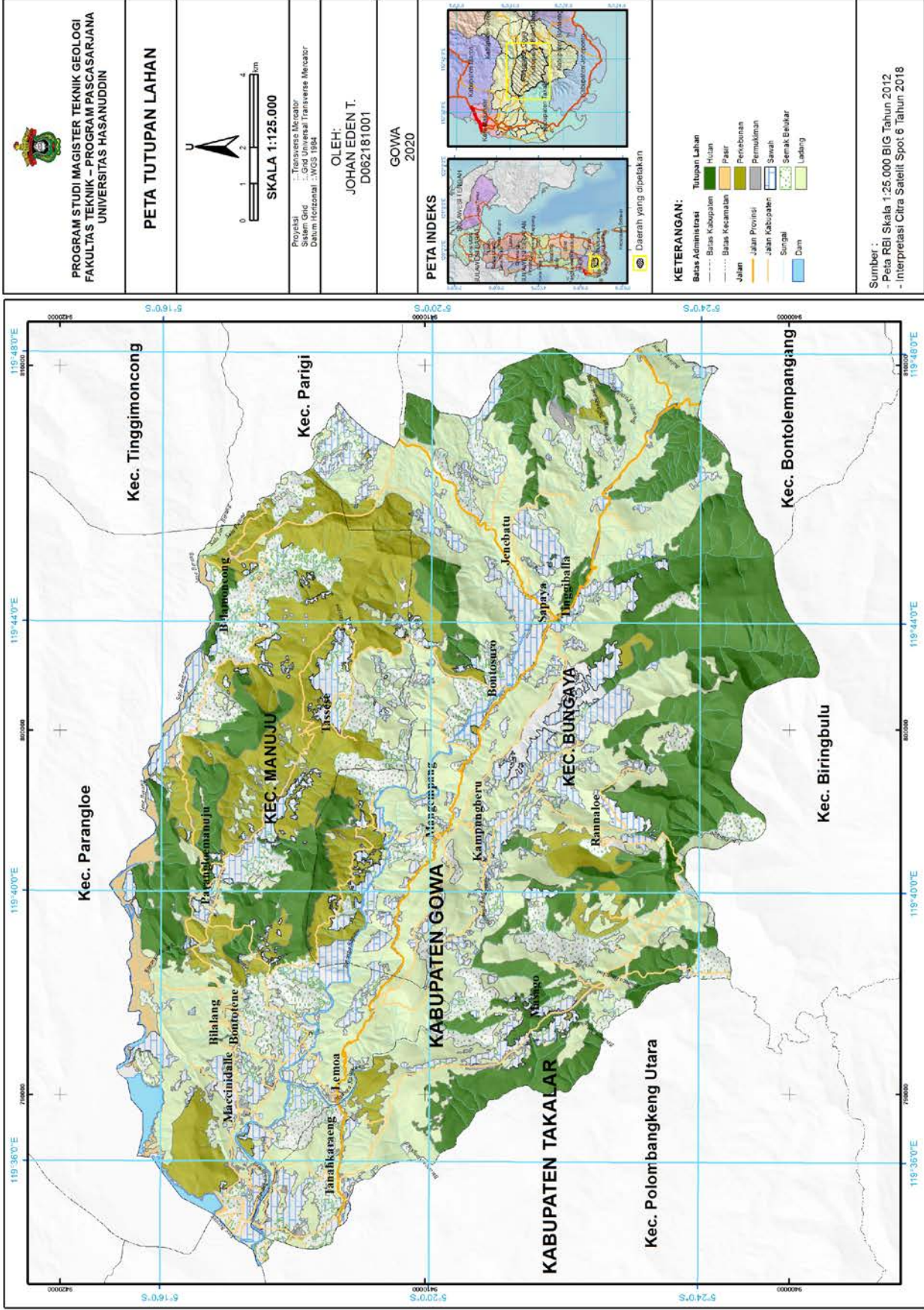
Luas gerakan tanah yang terjadi pada tegalan seluas kurang lebih 18,81%, pada perkebunan seluas kurang lebih 43,91 %, pada hutan rimba seluas kurang lebih 32,88%, pada semak belukar seluas kurang lebih 0,35%, pada sawah seluas kurang lebih 3,46 %, pada permukiman seluas kurang lebih 0,59 %, badan air, pasir tidak terdapat kejadian gerakan tanah. (Gambar 26.).

10. Jarak Jalan

Variabel jalan raya dapat berkontribusi pada peningkatan kejadian gerakan tanah, karena pada umumnya konstruksi jalan raya di negara berkembang biasanya buruk (Sidle, 2006). Pada lokasi penelitian kelas jarak jalan >200 m kejadian gerakan tanah merupakan persentase terbesar seluas kurang lebih 80,03 %, pada jarak (100 – 200) m seluas kurang lebih 10,88 %, jarak (50 – 100) m seluas kurang lebih 4,70 % dan jarak dari jalan (0 – 50) m seluas kurang lebih 4,38 %. (Gambar 27.)



Gambar 25. Peta Curah Hujan



Gambar 26. Peta Tutupan Lahan

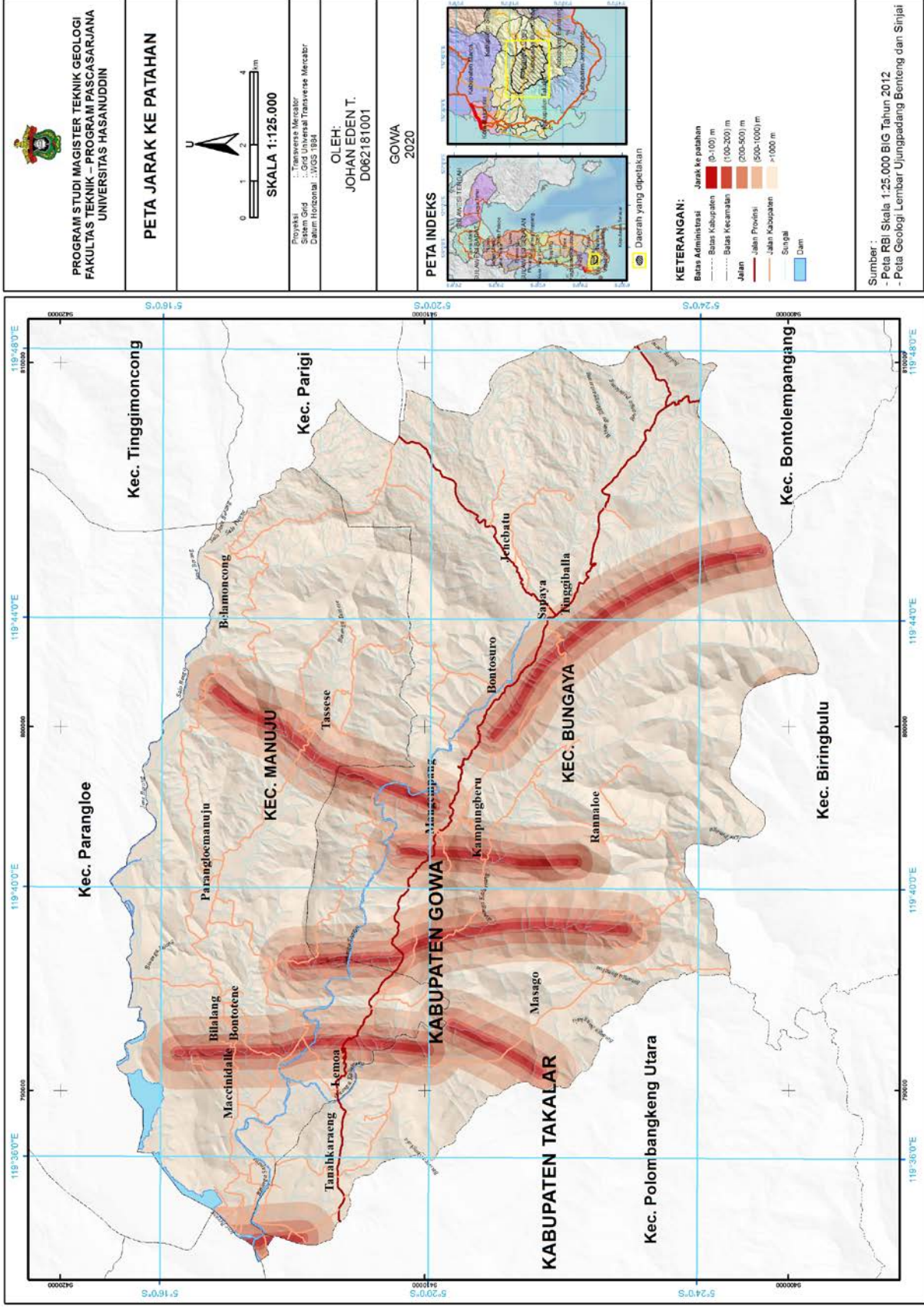
11. Jarak dari Sungai

Jarak sungai merupakan salah satu parameter dalam penelitian ini. Aliran sungai berpengaruh terhadap dinding atau lereng sungai yang dapat mengakibatkan pengikisan pada dinding atau lereng sungai. Jarak sungai 50 m merupakan persentase terbesar kejadian gerakan tanah seluas kurang lebih 34,21 %, pada jarak >200 m seluas kurang lebih 24,66 % dan pada 200-100 m seluas kurang lebih 23,10%. Persentase luas kejadian gerakan tanah terkecil pada jarak 100-50 m seluas kurang lebih 18,03%. (Gambar 28.)

12. Jarak dari Patahan

Bidang patahan umumnya membentuk kekar-kekar sehingga membentuk retakan pada batuan. Zona yang dilalui oleh patahan tersebut menjadi menjadi area yang tidak stabil terutama pada lereng-lereng yang terjal. (Sarkar, et al,1995).

Persentase luas kejadian gerakan tanah yang terbesar terjadi pada kelas > 1000 m seluas kurang lebih 57,59%. Pada kelas (500 – 1000) m seluas kurang lebih 25,11 %, kemudian pada kelas (200 – 500) m seluas kurang lebih 12,65 %. Pada kelas (0 – 100) seluas kurang lebih 2,59% dan yang terendah pada kelas (100 – 200) seluas kurang lebih 2,05 %. (Gambar 29.)



Gambar 29. Peta jarak dari patahan

B. Pemodelan Densitas Gerakan Tanah

Pemodelan densitas gerakan tanah dimaksudkan untuk mengamati hubungan antara kejadian gerakan tanah dengan variabel yang digunakan dalam analisa. Apakah variabel/parameter tersebut mempengaruhi terjadinya longsor di daerah penelitian atau tidak berpengaruh. Dari sekian banyak parameter/variabel yang digunakan dalam analisis zonasi bahaya gerakan tanah, mungkin ada beberapa variabel yang tidak memberikan pengaruh positif terhadap akurasi hasil analisis. Atau variabel tersebut justru memperkecil nilai akurasi zonasi bahaya gerakan tanah. Pemilihan parameter dapat dilakukan secara manual namun hal tersebut sangat subjektif (Costanzo, et al, 2012). Pemilihan parameter yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan melihat model dari pola densitas gerakan tanah. Pemilihan variabel didasarkan pada hubungan antara model densitas gerakan tanah dengan faktor penyebab longsor. Pemodelan densitas ini mengikuti Model Regresi Logistik (Carrara, 2008).

Regresi Logistik melalui tahapan statistik deskriptif dapat dilakukan dengan cara mentransformasikan data yang digunakan pada penelitian ini ke dalam tabulasi baik berupa tabel atau grafik sehingga mudah dipahami. Berdasarkan hasil analisis tumpang susun peta gerakan tanah dengan peta parameter, dihasilkan nilai densitas dari setiap kelas peta parameter seperti yang terlihat pada tabel berikut ini.

Tabel 4. Nilai Densitas Gerakan Tanah Daerah Penelitian

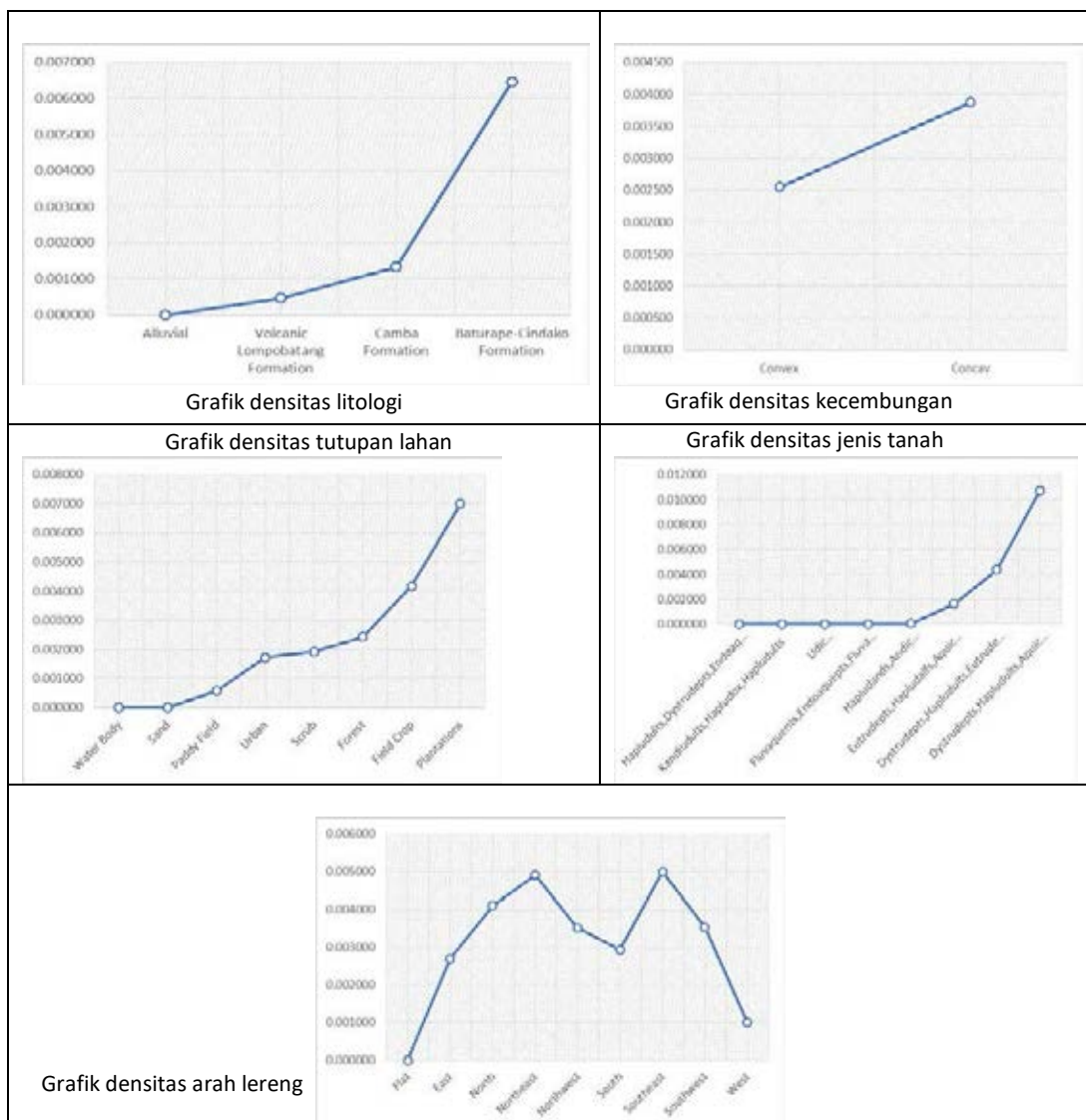
PARAMETER	Area unit (ha)	Area Landslide (ha)	Density
Litologi			
Alluvial	572.80	0.00	0.000000
Formasi Gunungapi Lompobattang	3631.15	1.70	0.000468
Formasi Camba	13123.39	17.37	0.001324
Formasi Baturape-Cindako	14008.20	84.38	0.006456
Grand Total	31335.54	103.44	
Jenis Tanah			
Hapludults,Dystrudepts,Endoaquepts	145.54	0.00	0.000000
Kandiudults,Hapludox,Hapludults	852.47	0.00	0.000000
Udic Haplustepts,Haplustalfs,Eutrudepts	45.04	0.00	0.000000
Fluvaquents,Endoaquepts,Fluvaquentic Endoaquepts	2287.15	0.00	0.000000
Hapludands,Andic Eutrudepts,Andic Dystrudepts	2977.42	0.16	0.000053
Eutrudepts,Hapludalfs,Aquic Eutrudepts	11655.15	19.03	0.001633
Dystrudepts,Hapludults,Eutrudepts	9275.62	40.33	0.004350
Dystrudepts,Hapludults,Aquic Dystrudepts	4097.14	43.93	0.010722
Grand Total	31335.54	103.44	
Landuse			
Badan Air	306.71	0.00	0.000000
Pasir	304.00	0.00	0.000000
Sawah	5049.41	3.58	0.000708
Permukiman	489.67	0.61	0.001249
Semak Belukar	1213.63	0.36	0.000298
Hutan	7526.22	34.01	0.004519
Ladang	7616.73	19.45	0.002554
Perkebunan	8829.16	45.43	0.005145
Grand Total	31335.54	103.44	
Panjang Lereng			
0-50	2039.53	0.02	0.000011
50-150	1870.41	0.13	0.000067
150-300	3994.68	3.43	0.000860
300-600	7799.57	19.87	0.002548
>600	15631.35	79.99	0.005117
Grand Total	31335.54	103.44	
Kemiringan Lereng			
0-5	2773.72	0.00	0.000000
5-15	2906.95	0.00	0.000000
15-30	10284.15	14.43	0.001404
30-40	5939.85	20.23	0.003407
>40	9430.79	68.78	0.007294
Grand Total	31335.46	103.44	

Tabel 4 lanjutan

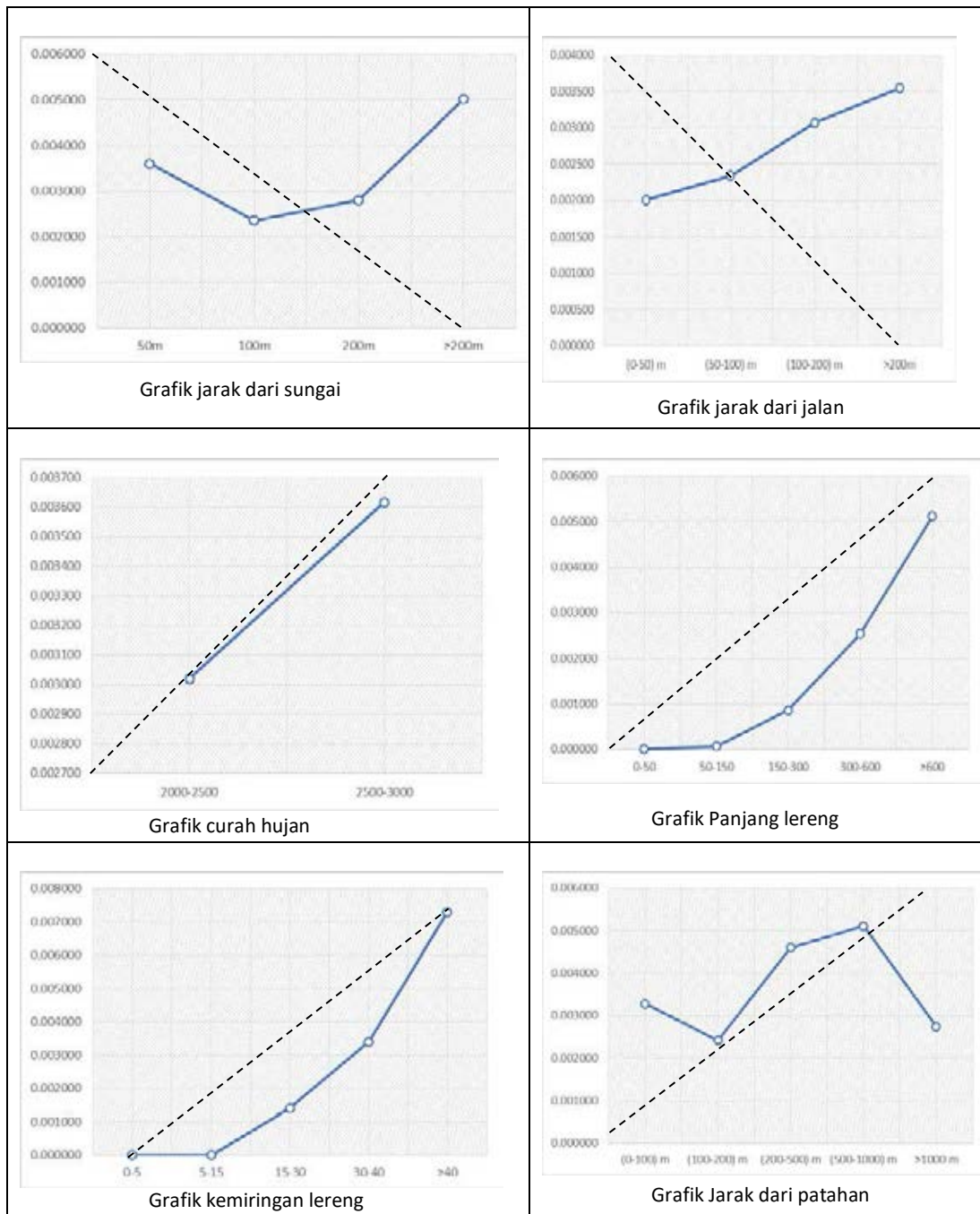
PARAMETER	Area unit (ha)	Area Landslide (ha)	Density
Curah Hujan (mm/thn)			
2000-2500	16497.74	49.80	0.003020
2500-3000	14837.80	53.65	0.003618
Grand Total	31335.54	103.44	
Kecembungan Lereng			
Convex	17886.03	69.20	0.002547
Concav	13449.30	34.25	0.003872
Grand Total	31335.34	103.44	
Jarak dari patahan			
(0-100) m	836.26	2.69	0.003282
(100-200) m	875.87	2.12	0.002420
(200-500) m	2847.29	13.09	0.004596
(500-1000) m	5079.66	25.98	0.005114
>1000 m	21696.44	59.57	0.002746
Grand Total	31335.54	103.44	
Jarak dari jalan			
(0-50) m	2259.74	4.54	0.002009
(50-100) m	2079.80	4.86	0.002340
(100-200) m	3665.69	11.26	0.003072
>200m	23330.30	82.78	0.003551
Grand Total	31335.54	103.44	
Arah Lereng			
Flat	703.55	0.00	0.000000
East	2954.56	7.97	0.002698
North	3901.46	16.03	0.004110
Northeast	4503.59	22.09	0.004906
Northwest	4484.25	15.78	0.003521
South	3132.00	9.18	0.002934
Southeast	2255.59	11.26	0.004995
Southwest	4630.06	16.37	0.003537
West	4770.47	4.76	0.000998
Grand Total	30631.98	103.44	
Jarak dari sungai			
50m	9805.93	35.39	0.003614
100m	7924.06	18.65	0.002354
200m	8508.49	23.89	0.002808
>200m	5097.06	25.51	0.005007
Grand Total	31335.54	103.44	

Sumber : Hasil analisis, 2020

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini dapat dikategorikan atas 2 jenis yaitu variabel metrik dan variabel non metrik. Variabel non metrik antara lain : jenis litologi, jenis tanah, tutupan lahan, kelengkungan lereng dan arah lereng. Variabel metrik antara lain: kemiringan lereng, panjang lereng, curah hujan, jarak dari jalan, jarak dari sungai dan jarak dari patahan. Untuk memperlihatkan hubungan densitas kejadian gerakan tanah dengan variabel yang mempengaruhi terjadinya longsor, data tersebut divisualisasikan dalam bentuk grafik. (Gambar 30)



Gambar 30. Grafik densitas variabel non metrik



Gambar 31. Grafik densitas variabel metrik

Berdasarkan grafik model densitas variabel metrik (gambar 31) gerakan tanah yang terjadi di daerah penelitian, ada 3 variabel yang dinilai

tidak bersesuaian dengan kurva normal. Variabel tersebut adalah jarak dari jalan, jarak dari patahan dan jarak dari sungai.

Berdasarkan grafik variabel jarak dari jalan terlihat bahwa kurva densitas berbanding terbalik dengan kurva normal. Secara normal bahwa keberadaan jalan raya akan mempengaruhi kestabilan lereng karena adanya pemotongan lereng dan getaran kendaraan yang melewati jalan tersebut. Jika keberadaan jalan mempengaruhi kejadian gerakan tanah, seharusnya semakin kecil jarak dari jalan, semakin tinggi densitas gerakan tanah yang terjadi, namun hal tersebut dinilai tidak berlaku di daerah penelitian.

Secara normal keberadaan sungai dapat memberikan pengaruh terhadap kejadian gerakan tanah. Hal ini disebabkan karena adanya pengikisan tebing sungai dan menambah kelembaban material di sekitar sungai. Namun yang terlihat pada grafik variabel jarak dari sungai, tidak memperlihatkan pola yang jelas dan tidak bersesuaian dengan kurva normal.

Demikian pula halnya dengan grafik jarak dari patahan, densitas gerakan tanah tidak memperlihatkan pola yang jelas dan tidak bersesuaian dengan kurva normal. Jika patahan memberikan pengaruh besar terhadap kejadian gerakan tanah, maka seharusnya semakin dekat suatu lokasi ke garis patahan, maka semakin banyak juga kejadian gerakan tanah yang terjadi.

Berdasarkan model densitas untuk variabel jarak dari jalan, jarak dari sungai, dan jarak dari patahan, dapat ditarik kesimpulan bahwa ketiga variabel tersebut tidak memberikan pengaruh dominan terhadap kejadian gerakan tanah yang terjadi di daerah penelitian. Ketiga variabel tersebut dianggap bukan sebagai faktor penyebab gerakan tanah secara umum di daerah penelitian karena tidak memiliki hubungan sebab akibat. Hubungan sebab akibat yang dimaksud bahwa dengan keberadaan sungai, jalan atau patahan menyebabkan banyak dijumpai longsor di sekitar lokasi tersebut.

C. Analisis Zonasi Bahaya Gerakan Tanah

Dalam melakukan analisis *overlay* bahaya gerakan tanah, ada 2 cara yang dapat dilakukan yaitu dengan cara *overlay* data raster dan cara kedua yaitu dengan *overlay* data vektor. Berdasarkan penelitian sebelumnya *overlay* data vektor memberikan hasil yang lebih akurat. (Raghuvanshi, et al 2015). Berdasarkan hal tersebut, maka dalam *overlay* analisis bahaya gerakan tanah pada penelitian ini menggunakan *overlay* data vector.

Sesuai dengan metode penelitian yang sudah dijelaskan pada bab sebelumnya, bahwa analisis bahaya gerakan tanah pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode *Frequency Ratio* (FR) dan metode *Weight of Evidence* (WoE). Dengan menggunakan kedua metode tersebut analisis bahaya gerakan tanah akan disimulasikan dengan menggunakan 4 cara. Cara pertama dengan metode *Frequency Ratio*

semua variabel (11 variabel), cara kedua dengan metode *Frequency Ratio* menggunakan variabel terseleksi, cara ketiga dengan metode *Weight of Evidence* semua variabel (11 variabel), cara keempat dengan metode *Weight of Evidence* menggunakan variabel terseleksi.

Zonasi bahaya gerakan tanah dikelompokkan 5 kelas, yaitu zona bahaya sangat tinggi, zona bahaya tinggi, zona bahaya sedang, zona bahaya rendah dan zona bahaya sangat rendah. Pengelompokan tersebut mengacu pada metode *equal interval classification*.

1. Metode Frequency Ratio

Frequency Ratio (FR) merupakan metode pembobotan variabel yang mempengaruhi kejadian gerakan tanah melalui perbandingan densitas gerakan tanah pada unit peta parameter dengan densitas gerakan tanah keseluruhan daerah penelitian. Nilai bobot dari setiap unit peta parameter dapat dilihat pada tabel 5.

Percobaan pertama dengan metode *Frequency Ratio* (FR) menggunakan 11 parameter yaitu, litologi, kemiringan lereng, aspek kemiringan lereng, jarak dari patahan, jarak dari sungai, jarak dari jalan, tutupan lahan, panjang lereng, curah hujan, jenis tanah, dan kecembungan lereng. Hasil analisis zonasi bahaya gerakan tanah menunjukkan bahwa 3,90% dari luas daerah penelitian berada pada zona rawan sangat tinggi, 22,45 % zona rawan tinggi, 35,95% zona rawan sedang, 30,19% zona rawan rendah dan 7,51% zona rawan sangat

rendah. (Tabel 7). Peta zonasi kerentanan gerakan tanah hasil percobaan pertama seperti terlihat pada Gambar 32.

Tabel 5. Nilai Bobot (weight) metode *Frequency Ratio* (FR)

PARAMETER	Area unit (ha)	Longsor (ha)	Bobot
Litologi			
Aluvial	572.80	0.00	0.0000
Formasi Gunungapi Lompobattang	3631.15	1.70	0.1417
Formasi Camba	13123.39	17.37	0.4010
Formasi Baturape-Cindako	14008.20	84.38	1.9558
Jenis Tanah			
Hapludults,Dystrudepts,Endoaquepts	145.54	0.00	0.0000
Kandiudults,Hapludox,Hapludults	852.47	0.00	0.0000
Udic Haplustepts,Haplustalfs,Eutrudepts	45.04	0.00	0.0000
Fluvaquents,Endoaquepts,Fluvaquentic Endoaquepts	2287.15	0.00	0.0000
Hapludands,Andic Eutrudepts,Andic Dystrudepts	2977.42	0.16	0.0159
Eutrudepts,Hapludalfs,Aquic Eutrudepts	11655.15	19.03	0.4947
Dystrudepts,Hapludults,Eutrudepts	9275.62	40.33	1.3177
Dystrudepts,Hapludults,Aquic Dystrudepts	4097.14	43.93	3.2480
Landuse			
Badan Air	306.71	0.00	0.0000
Pasir	304.00	0.00	0.0000
Sawah	5049.41	3.58	0.2146
Permukiman	489.67	0.61	0.3784
Semak Belukar	1213.63	0.36	0.0904
Hutan	7526.22	34.01	1.3690
Ladang	7616.73	19.45	0.7737
Perkebunan	8829.16	45.43	1.5585
Grand Total	31335.54	103.44	
Panjang Lereng			
0-50	2039.53	0.02	0.0033
50-150	1870.41	0.13	0.0203
150-300	3994.68	3.43	0.2604
300-600	7799.57	19.87	0.7717
>600	15631.35	79.99	1.5502
Grand Total	31335.54	103.44	
Kemiringan Lereng			
0-5	2773.72	0.00	0.0000
5-15	2906.95	0.00	0.0000
15-30	10284.15	14.43	0.4252
30-40	5939.85	20.23	1.0322
>40	9430.79	68.78	2.2097
Grand Total	31335.46	103.44	

Tabel 5 lanjutan

PARAMETER	Area unit (ha)	Area Longsor (ha)	Bobot
Curah Hujan (mm/thn)			
2000-2500	16497.74	49.80	0.9147
2500-3000	14837.80	53.65	1.0960
Grand Total	31335.54	103.44	
Kecembungan Lereng			
Convex	17886.03	69.20	0.7715
Concav	13449.30	34.25	1.1729
Grand Total	31335.34	103.44	
Jarak dari patahan			
(0-100) m	836.26	2.69	0.9941
(100-200) m	875.87	2.12	0.7331
(200-500) m	2847.29	13.09	1.3923
(500-1000) m	5079.66	25.98	1.5491
>1000 m	21696.44	59.57	0.8317
Grand Total	31335.54	103.44	
Jarak dari jalan			
(0-50) m	2259.74	4.54	0.6085
(50-100) m	2079.80	4.86	0.7088
(100-200) m	3665.69	11.26	0.9305
>200m	23330.30	82.78	1.0755
Grand Total	31335.54	103.44	
Arah Lereng			
Flat	703.55	0.00	0.0000
East	2954.56	7.97	0.8174
North	3901.46	16.03	1.2450
Northeast	4503.59	22.09	1.4861
Northwest	4484.25	15.78	1.0665
South	3132.00	9.18	0.8887
Southeast	2255.59	11.26	1.5131
Southwest	4630.06	16.37	1.0714
West	4770.47	4.76	0.3024
Grand Total	30631.98	103.44	
Jarak dari sungai			
50m	9805.93	35.39	1.0947
100m	7924.06	18.65	0.7131
200m	8508.49	23.89	0.8507
>200m	5097.06	25.51	1.5167
Grand Total	31335.54	103.44	

Sumber : Hasil analisis, 2020

Percobaan kedua menggunakan metode Frequency Ratio (FR). Hasil analisis dengan menggunakan parameter terseleksi menunjukkan bahwa 7,35% dari luas daerah penelitian berada pada zona rawan sangat tinggi, 23,00% zona rawan tinggi, 33,30% zona rawan sedang, 27,72% berada pada zona rawan rendah dan 8,03% berada pada zona rawan sangat rendah. (Tabel 7). Peta zonasi kerentanan gerakan tanah hasil percobaan kedua seperti terlihat pada Gambar 33.

2. Metode Weight of Evidence

Metode *Weight of Evidence* (WoE) seperti yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya, bahwa perhitungan bobot dari masing-masing kelas peta parameter dinyatakan dengan nilai kontras (C). Nilai C merupakan selisih nilai probabilitas kejadian gerakan tanah pada unit peta parameter (bobot positif) dengan nilai ketidakbolehjadian gerakan tanah pada kelas peta parameter (bobot negatif), (Pamela et al, 2018). Nilai bobot untuk metode WoE dari setiap unit peta parameter dapat dilihat pada tabel 6,

Analisis zonasi bahaya gerakan tanah dengan metode *Weight of Evidence* dilakukan melalui 2 percobaan. Percobaan pertama dengan menggunakan semua parameter (11 parameter) dan percobaan kedua dengan menggunakan parameter terseleksi (8 parameter).

Tabel 6. Nilai Bobot (weight) metode Weight of Evidence (WoE)

PARAMETER	Area unit (ha)	Area Longsor (ha)	Area Stabil unit (ha)	Longsor di luar unit (ha)	Total Area Stabil	Area Stabil di luar unit	W+	W-	C
Litology									
Baturape-Cindako Formation	14008.20	84.38	13923.83	19.07	31232.09	17308.26	0.65732	-0.83792	1.49524
Volcanic Lompobatang Formation	3631.15	1.70	3629.45	101.75	31232.09	27602.65	-1.42183	0.19303	-1.61485
Alluvial	572.80	0.00	572.80	103.44	31232.09	30659.30	-2.30259	0.11215	-2.41474
Camba Formation	13123.39	17.37	13106.02	86.07	31232.09	18126.07	-0.69288	0.42770	-1.12058
Grand Total	31335.54	103.44	31232.09						
Soil									
Dystrudepts,Hapludults,Aquic Dystrudepts	4097.14	43.93	4053.21	59.51	31232.09	27178.89	1.21561	-0.27296	1.48857
Dystrudepts,Hapludults,Eutrudepts	9275.62	40.33	9235.30	63.12	31232.09	21996.79	0.34951	-0.03425	0.38376
Eutrudepts,Hapludalfs,Aquic Eutrudepts	11655.15	19.03	11636.12	84.41	31232.09	19595.97	-0.52124	0.33689	-0.85813
Fluvaquents,Endoaquepts,Fluvaquentic Endoaquepts	2287.15	0.00	2287.15	103.44	31232.09	28944.94	-2.30259	0.16468	-2.46727
Hapludands,Andic Eutrudepts,Andic Dystrudepts	2977.42	0.16	2977.26	103.29	31232.09	28254.83	-2.15546	0.18540	-2.34087
Hapludults,Dystrudepts,Endoaquepts	145.54	0.00	145.54	103.44	31232.09	31086.55	-2.30259	0.09956	-2.40214
Kandiudults,Hapludox,Hapludults	852.47	0.00	852.47	103.44	31232.09	30379.63	-2.30259	0.12050	-2.42308
Udic Haplustepts,Haplustalfs,Eutrudepts	45.04	0.00	45.04	103.44	31232.09	31187.05	-2.30259	0.09662	-2.39921
Grand Total	31335.54	103.44	31232.09						
Landuse									
Badan Air	306.71	0.00	306.71	103.44	31232.09	30925.39	-2.30259	0.10429	-2.40687
Hutan	7526.22	34.01	7492.21	69.43	31232.09	23739.89	0.38570	-0.01712	0.40282
Pasir	304.00	0.00	304.00	103.44	31232.09	30928.09	-2.30259	0.10421	-2.40679
Perkebunan	8829.16	45.43	8783.74	58.02	31232.09	22448.36	0.50767	-0.12747	0.63514
Pemukiman	489.67	0.61	489.06	102.83	31232.09	30743.03	-0.73898	0.10427	-0.84325
Sawah	5049.41	3.58	5045.84	99.87	31232.09	26186.26	-1.15827	0.22430	-1.38258
Semak Belukar	1213.63	0.36	1213.27	103.08	31232.09	30018.82	-1.66029	0.12820	-1.78849
Ladang	7616.73	19.45	7597.28	83.99	31232.09	23634.81	-0.13564	0.15949	-0.29513
Grand Total	31335.54	103.44	31232.09						

Tabel 6 lanjutan

PARAMETER	Area unit (ha)	Area Longsor (ha)	Area Stabili unit (ha)	Longsor di luar unit (ha)	Total Area Stabil	Area Stabili di luar unit	W+	W-	C
Slope Length (m)									
0-50	2039.53	0.02	2039.51	103.42	31232.09	29192.59	-2.27025	0.15669	-2.42694
50-150	1870.41	0.13	1870.29	103.32	31232.09	29361.81	-2.11866	0.15050	-2.26916
150-300	3994.68	3.43	3991.25	100.01	31232.09	27240.85	-1.02224	0.18934	-1.21159
300-600	7799.57	19.87	7779.70	83.57	31232.09	23452.39	-0.13795	0.16205	-0.30000
>600	15631.35	79.99	15551.36	23.45	31232.09	15680.74	0.50260	-0.59503	1.09763
Grand Total	31335.54	103.44	31232.09						
Slope (%)									
0-5	2773.77	0.00	2773.77	103.44	31232.09	28458.32	-2.30259	0.18021	-2.48279
5-15	2906.96	0.00	2906.96	103.44	31232.09	28325.14	-2.30259	0.18451	-2.48709
15-30	10284.17	14.43	10269.73	89.01	31232.09	20962.36	-0.64575	0.32357	-0.96933
30-40	5939.84	20.23	5919.61	83.22	31232.09	25312.48	0.12372	0.08855	0.03518
>40	9430.80	68.78	9362.02	34.66	31232.09	21870.07	0.84083	-0.54735	1.38818
Grand Total	31335.54	103.44	31232.09						
Rainfall (mm/year)									
2000-2500	16497.74	49.80	16447.94	53.65	31232.09	14784.15	0.01396	0.17866	-0.16470
2500-3000	14837.80	53.65	14784.15	49.80	31232.09	16447.94	0.17866	0.01396	0.16470
Grand Total	31335.54	103.44	31232.09						
Curvature									
Concav	17886.63	69.20	17817.44	34.25	31232.09	13414.66	0.24106	-0.13839	0.37944
Convex	13448.90	34.25	13414.66	69.20	31232.09	17817.44	-0.13839	0.24106	-0.37944
Grand Total	31335.54	103.44	31232.09						
Distance from fault									
(0-100) m	836.26	2.69	833.57	100.76	31232.09	30398.52	0.07112	0.09597	-0.02484
(100-200) m	875.87	2.12	873.75	101.32	31232.09	30358.34	-0.18341	0.10229	-0.28570
(200-500) m	2847.29	13.09	2834.21	90.36	31232.09	28397.89	0.40152	0.05890	0.34262
(500-1000) m	5079.66	25.98	5053.68	77.47	31232.09	26178.41	0.50196	-0.00657	0.50853
>1000 m	21696.44	59.57	21636.87	43.87	31232.09	9595.22	-0.07120	0.39235	-0.46355
Grand Total	31335.54	103.44	31232.09						

Tabel 6 lanjutan

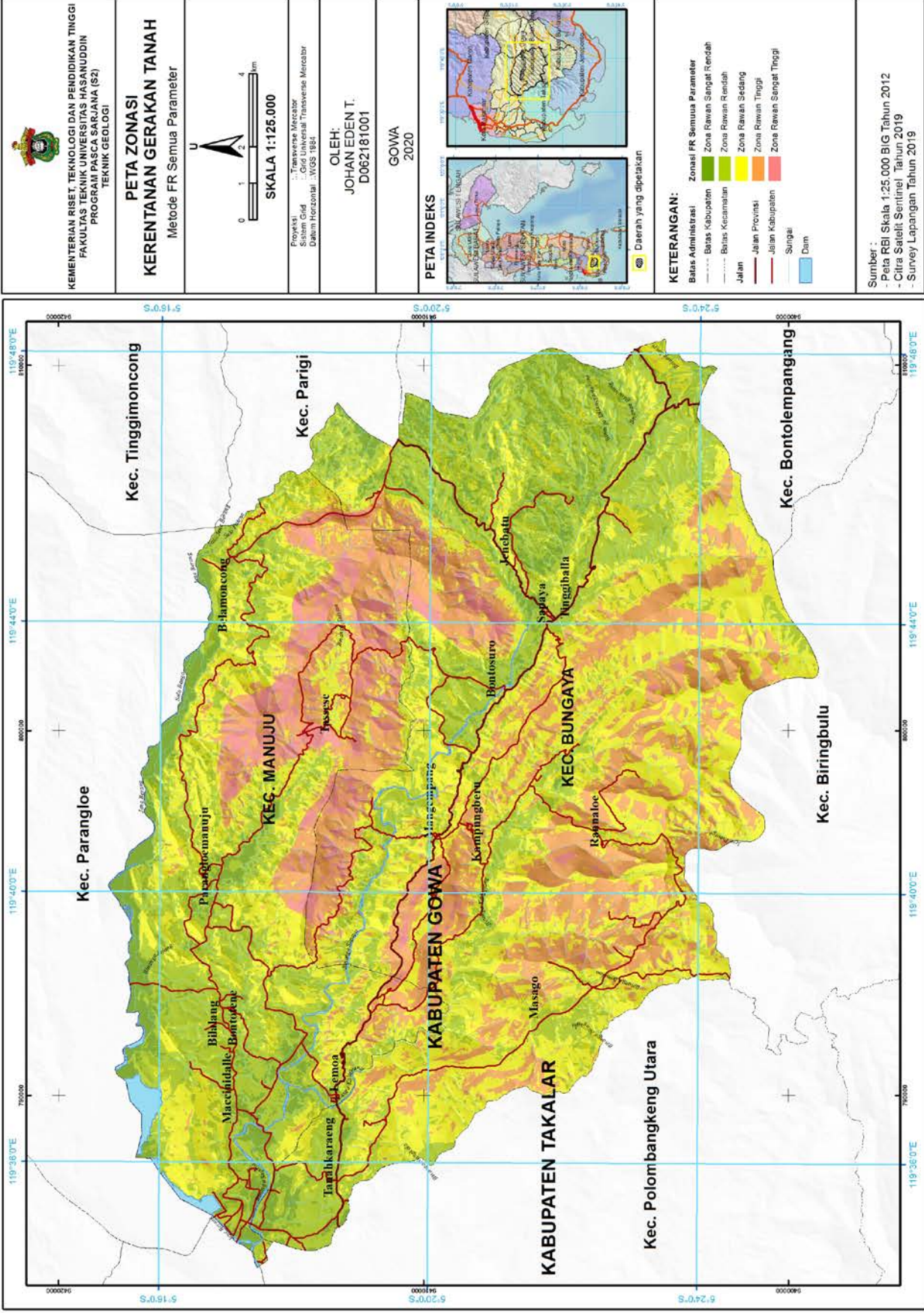
PARAMETER	Area unit (ha)	Area Longsor (ha)	Area Stabil unit (ha)	Longsor di luar unit (ha)	Total Area Stabil	Area Stabil di luar unit	W+	W-	C
Distance from road									
(0-50) m	2259.74	4.54	2255.20	98.90	31232.09	28976.89	-0.34579	0.12269	-0.46848
(50-100) m	2079.80	4.86	2074.94	98.58	31232.09	29157.15	-0.21337	0.11403	-0.32741
(100-200) m	3665.69	11.26	3654.44	92.19	31232.09	27577.66	0.02948	0.10372	-0.07424
>200m	23330.30	82.78	23247.52	20.66	31232.09	7984.58	0.16140	-0.12648	0.28788
Grand Total	31335.54	103.44	31232.09						
Slope Aspect									
East	2954.56	7.97	2946.59	95.47	31232.09	28285.50	-0.08695	0.11252	-0.19947
Flat	703.55	0.00	703.55	103.44	31232.09	30528.54	-2.30259	0.11604	-2.41863
North	3901.46	16.03	3885.43	87.41	31232.09	27346.66	0.29682	0.06308	0.23374
Northeast	4503.59	22.09	4481.50	81.35	31232.09	26750.59	0.46260	0.01805	0.44455
Northwest	4484.25	15.78	4468.47	87.66	31232.09	26763.62	0.15385	0.08519	0.06866
South	3132.00	9.18	3122.82	94.26	31232.09	28109.28	-0.01212	0.10656	-0.11868
Southeast	2255.59	11.26	2244.32	92.18	31232.09	28987.77	0.47947	0.05837	0.42110
Southwest	4630.06	16.37	4613.69	87.08	31232.09	26618.40	0.15784	0.08406	0.07377
West	4770.47	4.76	4765.71	98.68	31232.09	26466.38	-0.91243	0.20357	-1.11600
Grand Total	31335.54	103.44	31232.09						
Distance from river									
50m	9805.93	35.39	9770.54	68.05	31232.09	21461.55	0.17704	0.05577	0.12128
100m	7924.06	18.65	7905.41	84.79	31232.09	23326.68	-0.20792	0.18025	-0.38816
200m	8508.49	23.89	8484.59	79.55	31232.09	22747.50	-0.05109	0.14486	-0.19595
>200m	5097.06	25.51	5071.55	77.93	31232.09	26160.55	0.48159	-0.00055	0.48213
Grand Total	31335.54	103.44							

Percobaan pertama untuk metode *Weight of Evidence* (WoE) dengan menggunakan 11 parameter. Hasil analisis menunjukkan bahwa 23,48% dari luas daerah penelitian berada pada zona rawan sangat tinggi, 32,71% zona rawan tinggi, 28,12% zona rawan sedang, 12,90% masuk dalam zona rawan rendah dan 2,80% masuk dalam zona rawan sangat rendah. (Tabel 7). Peta zonasi kerentanan gerakan tanah hasil percobaan pertama seperti terlihat pada Gambar 34.




Percobaan kedua untuk metode *Weight of Evidence* (WoE) dengan menggunakan parameter terseleksi. Hasil analisis menunjukkan bahwa 23,06% dari luas daerah penelitian berada pada zona rawan sangat tinggi, 34,26% zona rawan tinggi, 28,20% zona rawan sedang, 2,55% berada pada zona rawan rendah dan 8,64% berada pada zona rawan sangat rendah. (Tabel 7). Peta zonasi kerentanan gerakan tanah hasil percobaan kedua seperti terlihat pada Gambar 35.

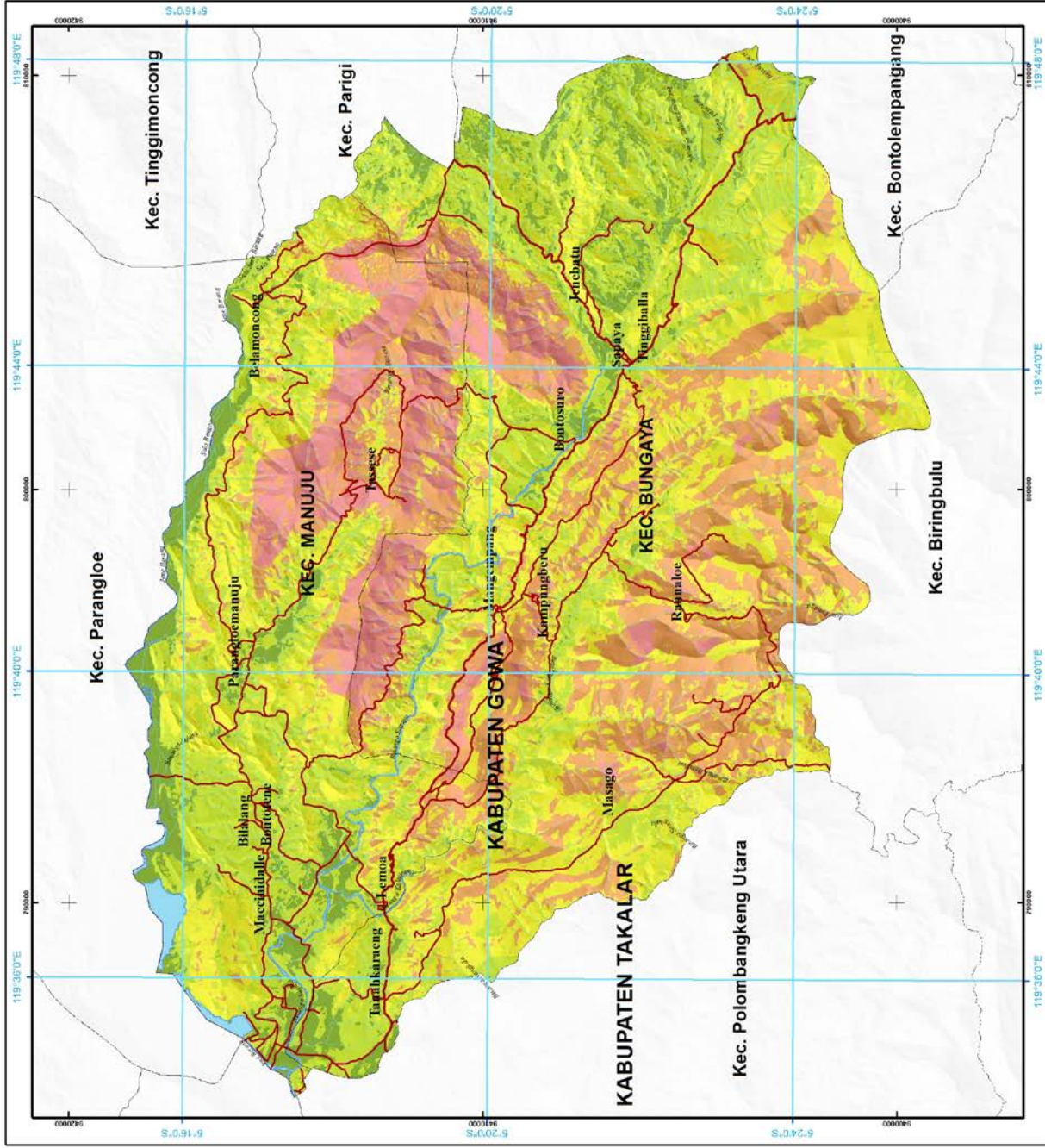
Tabel 7. Luas zonasi bahaya gerakan tanah.

ZONASI	FR 11 Parameter		FR Terseleksi		WOE 11 Parameter		WOE Terseleksi	
	Luas(ha)	%	Luas(ha)	%	Luas(ha)	%	Luas(ha)	%
Zona Rawan Sangat Rendah	2353.64	7.51	2515.17	8.03	876.18	2.80	799.00	2.55
Zona Rawan Redah	9458.95	30.19	8687.04	27.72	4041.47	12.90	3738.69	11.93
Zona Rawan Sedang	11264.25	35.95	10434.06	33.30	8811.59	28.12	8835.21	28.20
Zona Rawan Tinggi	7035.63	22.45	7395.83	23.60	10248.25	32.71	10735.32	34.26
Zona Rawan Sangat Tinggi	1222.44	3.90	2302.82	7.35	7357.43	23.48	7226.70	23.06
Jumlah	31334.91	100.00	31334.91	100.00	31334.91	100.00	31334.91	100.00



Gambar 32. Peta zonasi kerentanan gerakan tanah metode FR (semua parameter)

 <p>PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK GEOLOGI FAKULTAS TEKNIK – PROGRAM PASCASARJANA UNIVERSITAS HASANUDDIN</p>	
<p>PETA ZONASI KERENTANAN GERAKAN TANAH Metode FR Parameter Terseleksi</p>	
	
<p>Proyeksi : Transverse Mercator Sistem Grid : Grid Universal Transverse Mercator Datum Horizontal : WGS 1984</p>	
<p>OLEH: JOHAN EDEN T. D062181001</p>	
<p>GOWA 2020</p>	
<p>PETA INDEKS</p> 	
<p>KETERANGAN:</p> <p>Batas Administrasi</p> <ul style="list-style-type: none"> --- Batas Kabupaten --- Batas Kecamatan --- Batas Provinsi <p>Jalan</p> <ul style="list-style-type: none"> — Jalan Kabupaten — Jalan Provinsi — Jalan Kecamatan <p>Sungai</p> <ul style="list-style-type: none"> — Sungai <p>Dem</p> <ul style="list-style-type: none"> □ Dem <p>ZONASI FR Terseleksi</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Zona Rawan Sangat Rendah ■ Zona Rawan Rendah ■ Zona Rawan Sedang ■ Zona Rawan Tinggi ■ Zona Rawan Sangat Tinggi <p>Daerah yang dipetakan</p>	
<p>Sumber : - Peta RBI Skala 1:25.000 BIG Tahun 2012 - Citra Satelit Sentinel Tahun 2019 - Survey Lapangan Tahun 2019</p>	

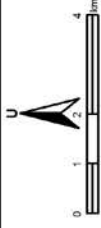


Gambar 33. Peta zonasi kerentanan gerakan tanah metode FR (parameter terseleksi)



PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK GEOLOGI
FAKULTAS TEKNIK – PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN

**PETA ZONASI
KERENTANAN GERAKAN TANAH**
Metode WoE Semua Parameter

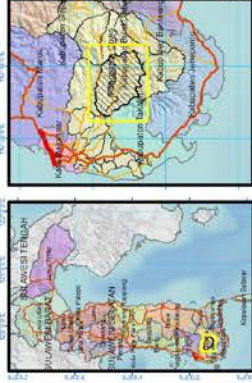


Provinsi : Sulawesi Selatan
Sistem Grid : UTM
Datum Horizontal : WGS 1984

OLEH:
JOHAN EDEN T.
D062181001

GOWA
2020

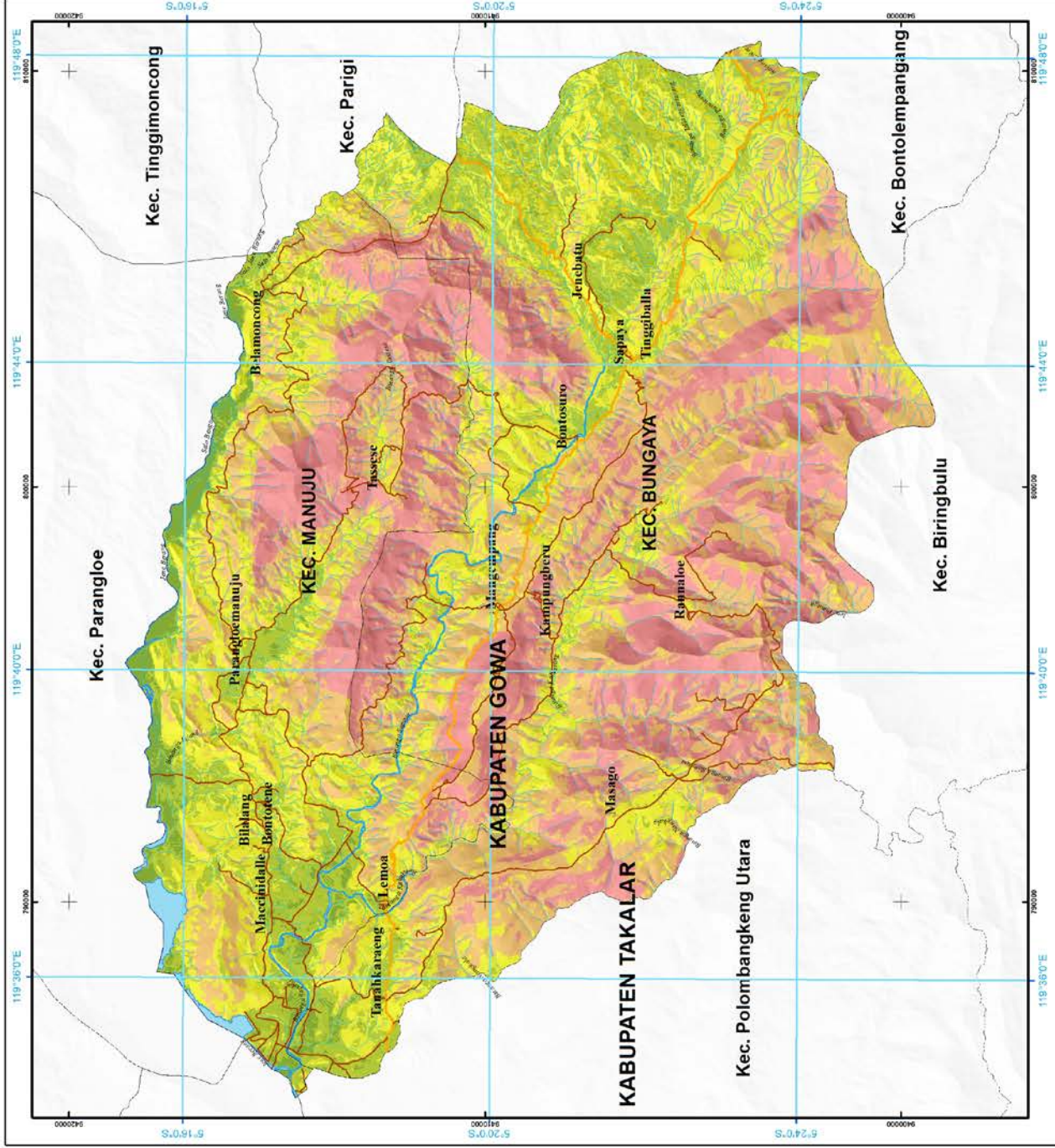
PETA INDEKS



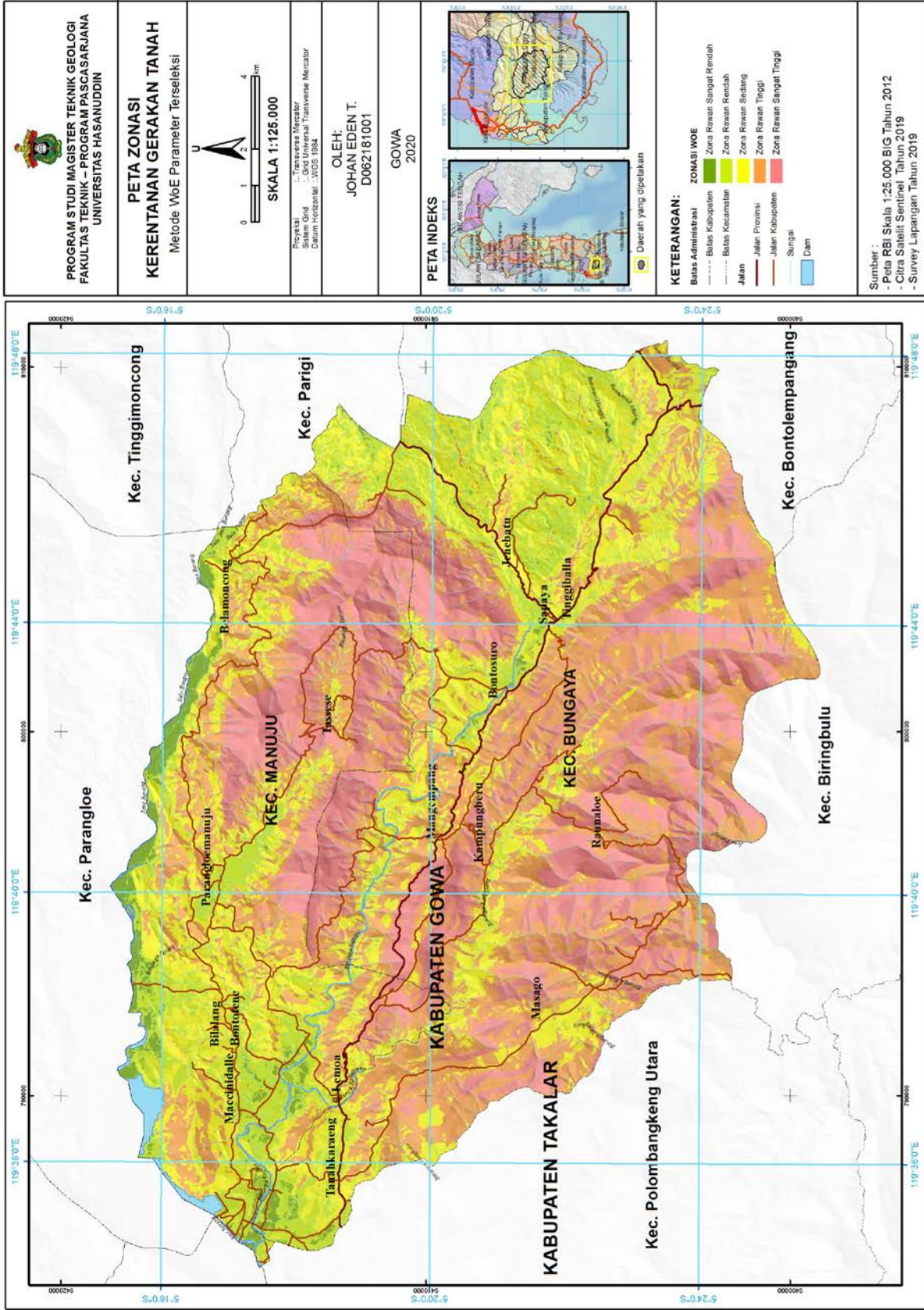
KETERANGAN:

- Batas Administrasi
- Batas Kabupaten
 - Batas Kecamatan
 - Batas Desa
- Jalan
- Jalan Provinsi
 - Jalan Kabupaten
 - Jalan Kecamatan
 - Jalan Desa
- Sungai
- Sungai
 - Dam
- ZONASI WOE**
- Zona Rawan Sangat Rendah
 - Zona Rawan Rendah
 - Zona Rawan Sedang
 - Zona Rawan Tinggi
 - Zona Rawan Sangat Tinggi
- Daerah yang dipetakan

Sumber :
- Peta RBI Skala 1:25.000 BIG Tahun 2012
- Citra Satelit Sentinel Tahun 2019
- Survey Lapangan Tahun 2019



Gambar 34. Peta zonasi kerentanan gerakan tanah metode WoE (semua parameter)



Gambar 35. Peta zonasi kerentanan gerakan tanah metode WoE (parameter terseleksi)

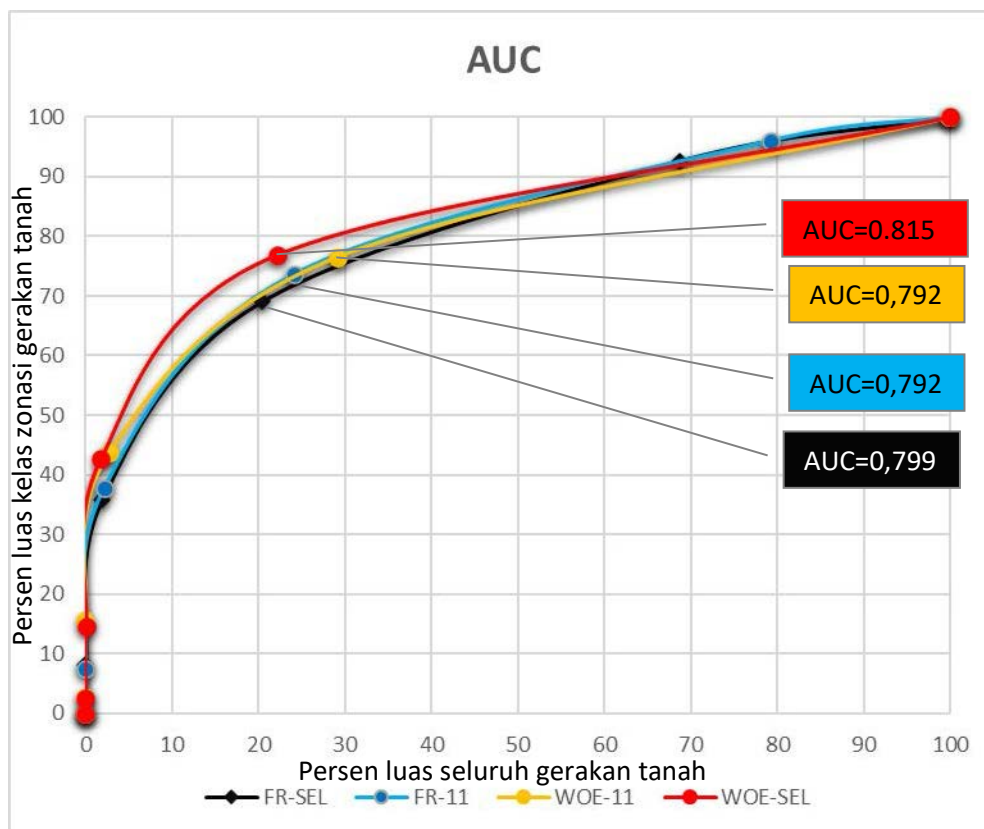
D. Validasi Zonasi Bahaya Gerakan Tanah

Validasi peta zonasi dilakukan dengan melakukan tumpang susun peta zonasi dengan peta gerakan tanah lama yang tidak digunakan dalam analisis. Dari empat percobaan yang dilakukan (2 percobaan untuk metode WOE dan 2 percobaan untuk Metode FR) diperoleh nilai akurasi yang bervariasi (Tabel 8).

Zonasi metode *Frequency Ratio* dengan menggunakan 11 parameter (litologi, kemiringan lereng, aspek kemiringan lereng, jarak dari patahan, jarak dari sungai, jarak dari jalan, tutupan lahan, panjang lereng, curah hujan, jenis tanah, dan kecembungan lereng) memperlihatkan akurasi 78,34%, dimana 11,20% longsor terjadi berada zona rawan sangat tinggi dan 67,14% berada pada zona rawan tinggi. Zonasi metode *Frequency Ratio* dengan menggunakan parameter terseleksi memperlihatkan akurasi 79,43%, dimana 18,83% longsor terjadi berada zona rawan sangat tinggi dan 60,59% berada pada zona rawan tinggi.

Zonasi dengan metode *Weight of Evidence* menggunakan 11 parameter memperlihatkan akurasi 98,58%, dimana 79,97% longsor terjadi berada zona rawan sangat tinggi dan 27,61% berada pada zona rawan tinggi. Zonasi dengan metode *Weight of Evidence* menggunakan parameter terseleksi memperlihatkan akurasi 99,01%, dimana 64,88% longsor terjadi berada zona rawan sangat tinggi dan 34,13% berada pada zona rawan tinggi.

Perbandingan persen luas zonasi dan persen luas gerakan tanah digambarkan dalam grafik, dimana sumbu x merupakan persen luas gerakan tanah dan sumbu y merupakan persen luas kelas zonasi bahaya gerakan tanah (Gambar 36). Tingkat validasi prediksi diukur berdasarkan luas area di bawah kurva. Semakin besar luas area di bawah kurva (mendekati angka 1), semakin tinggi akurasi prediksi kejadian gerakan tanah.



Gambar 36. Grafik *Area Under Curve* (AUC)

Berdasarkan *Area Under Curve* (AUC) dari empat percobaan, terlihat bahwa metode *Frequency Ratio* parameter terseleksi memberikan

nilai 79,9. AUC untuk percobaan dengan metode *Frequency Ratio* semua parameter akurasi prediksi memberikan nilai 79,2. AUC untuk metode *Weight of Evidence* semua parameter memberikan nilai 79,2. AUC untuk metode *Weight of Evidence* parameter terseleksi memberikan nilai 81,55. Dengan nilai tersebut prediksi gerakan tanah yang paling baik adalah metode *Weight of Evidence*. Nilai AUC yang lebih besar dari 0,8 tersebut dapat dikategorikan sebagai model prediksi yang baik.

Selain menggunakan DEM IFSAR, penulis juga melakukan percobaan dengan menggunakan DEMNAS resolusi 8 meter. Dengan resolusi yang berbeda (DEM IFSAR resolusi 5 meter dan DEMNAS resolusi 8 meter), tentunya akan memberikan nilai akurasi yang berbeda pula. Simulasi dilakukan dengan menggunakan metode *Frequency Ratio* dan *Weight of Evidence* seperti percobaan sebelumnya. Perbedaannya hanya terletak pada data kemiringan lereng yang digunakan bersumber dari DEMNAS resolusi 8 meter.

Berdasarkan hasil analisis dengan menggunakan metode *Frequency Ratio* dengan menggunakan 11 parameter memperlihatkan akurasi 67,57%, dimana 11,51% longsor terjadi berada zona rawan sangat tinggi dan 56,06% berada pada zona rawan tinggi. Zonasi metode *Frequency Ratio* dengan menggunakan parameter terseleksi memperlihatkan akurasi 76,16%, dimana 15,46% longsor terjadi berada zona rawan sangat tinggi dan 60,70% berada pada zona rawan tinggi.

Zonasi dengan metode *Weight of Evidence* menggunakan 11 parameter memperlihatkan akurasi 95,71%, dimana 51.73% gerakan tanah terjadi berada zona rawan sangat tinggi dan 43.97% berada pada zona rawan tinggi. Zonasi dengan metode *Weight of Evidence* menggunakan parameter terseleksi memperlihatkan akurasi 96,78%, dimana 60.74% longsor terjadi berada zona rawan sangat tinggi dan 36.04% berada pada zona rawan tinggi.

Berdasarkan nilai akurasi validasi zonasi gerakan tanah dengan menggunakan DEMNAS resolusi 8 meter seperti yang terlihat pada tabel 10, terlihat bahwa nilai akurasi validasi zonasi lebih kecil jika dibandingkan dengan percobaan sebelumnya yaitu dengan menggunakan data DEM IFSAR resolusi 5 meter. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa kualitas data dapat menentukan tingkat akurasi zonasi kerentanan gerakan tanah.

Tabel 10. Validasi zonasi bahaya gerakan tanah dengan menggunakan DEMNAS resolusi 8 meter (luas gerakan tanah validasi)

ZONASI	FR_ALL		FR_SEL		WOE_ALL		WOE_SEL	
	Ha	%	Ha	%	Ha	%	Ha	%
Zona Rawan Sangat Rendah	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Zona Rawan Redah	1.57	2.82	0.49	0.89	0.01	0.02	0	0.00
Zona Rawan Sedang	16.4	29.61	12.7	22.95	2.37	4.27	1.79	3.22
Zona Rawan Tinggi	31.1	56.06	33.6	60.70	24.4	43.97	20	36.04
Zona Rawan Sangat Tinggi	6.38	11.51	8.57	15.46	28.7	51.73	33.7	60.74
Jumlah	55.43	100.00	55.43	100.00	55.43	100.00	55.43	100.00
Validasi								
ZRT+ZRST	37.45	67.57	42.22	76.16	53.05	95.71	53.65	96.78

E. Zona Bahaya Gerakan Tanah

Berdasarkan hasil analisis bahaya gerakan tanah (metode WoE parameter terseleksi) di daerah penelitian, zona rawan sangat tinggi dan zona rawan tinggi menempati sekitar 57% dari luas lokasi penelitian. Zona rawan bahaya gerakan tanah tersebut dominan berada di Kecamatan Bungaya sekitar 71,05% dari luas lokasi penelitian. Zonasi rawan bahaya gerakan tanah di Kecamatan Manuju sekitar 28,95% dari luas lokasi penelitian. (Tabel 11)

Tabel 11. Luas zonasi bahaya gerakan tanah dirinci per kecamatan

ZONASI	BUNGAYA LUAS (HA)	% Luas Bungaya	MANUJU LUAS (HA)	% Luas Manuju	LUAS TOTAL (HA)	% Luas Total
Zona Rawan Sangat Rendah	127.38	0.62	671.61	6.14	799.00	2.55
Zona Rawan Rendah	2057.21	10.09	1681.48	15.37	3738.69	11.93
Zona Rawan Sedang	5449.26	26.72	3385.95	30.95	8835.21	28.20
Zona Rawan Tinggi	7691.15	37.71	3044.16	27.83	10735.32	34.26
Zona Rawan Sangat Tinggi	5070.67	24.86	2156.03	19.71	7226.70	23.06
Grand Total	20395.68	100.00	10939.23	100.00	31334.91	100.00
Zona Rawan Tinggi + Zona Rawan Sangat Tinggi	12761.82	71.05	5200.20	28.95	17962.02	57.32

Zona bahaya gerakan tanah di daerah penelitian dominan berada pada penggunaan lahan hutan yaitu sekitar 33,37% dari luas daerah penelitian, perkebunan sekitar 33,03% dari luas daerah penelitian dan ladang sekitar 21,25% dari luas daerah penelitian. Luas permukiman yang berada pada kawasan rawan longsor sekitar 90,79 ha atau sekitar 18,54%

dari luas seluruh kawasan permukiman. Secara terperinci luas kawasan bahaya bencana longsor menurut penggunaan lahan di daerah penelitian dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 12. Luas zonasi bahaya gerakan tanah pada setiap kelas penggunaan lahan

Zonasi	Perairan	Hutan	Pasir	Perkebunan	Permukiman	Sawah	Semak Belukar	Tegalan	Total
Zona Rawan Sangat Rendah	188.34	0.00	193.76	1.67	17.57	340.74	23.43	33.47	799.00
Zona Rawan Rendah	88.61	254.91	104.00	377.64	186.86	1516.83	199.83	1010.01	3738.69
Zona Rawan Sedang	27.52	1277.36	5.89	2517.07	194.44	1771.24	285.85	2755.85	8835.21
Zona Rawan Tinggi	2.03	2498.99	0.34	3350.54	80.39	1329.67	604.99	2868.36	10735.32
Zona Rawan Sangat Tinggi		3494.80		2582.21	10.39	90.88	99.44	948.96	7226.70
Grand Total	306.51	7526.06	303.99	8829.13	489.66	5049.36	1213.54	7616.66	31334.91
ZRT+ZRZT (Luas ha)	2.03	5993.79	0.34	5932.75	90.79	1420.56	704.43	3817.32	17962.02
ZRT+ZRZT (Luas Kelas %)	0.66	79.64	0.11	67.20	18.54	28.13	58.05	50.12	57.32
ZRT+ZRZT (Luas Total %)	0.01	33.37	0.00	33.03	0.51	7.91	3.92	21.25	100.00

Pengambilan data sampel tanah untuk analisis kuat geser di tiga titik lokasi yang mewakili setiap litologi, Ketiga titik tersebut adalah : GT 1 berada pada Formasi Baturape Cindako, GT3 berada pada Formasi Camba dan GT4 berada pada Formasi Gunungapi Lompobattang. Hasil analisis uji kuat geser langsung kedalaman 40 cm, diperoleh nilai kohesi dan sudut geser dalam seperti yang terlihat pada tabel 13. Berdasarkan hasil analisis dari laboratorium, terlihat bahwa sampel GT 1 dan GT3 memiliki sudut geser yang sama yaitu 32,68°. Sementara pada sampel GT4 sudut geser dalam relative lebih kecil yaitu 25,69°. Data detail mengenai hasil uji kuat geser dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 13. Hasil uji kuat geser langsung

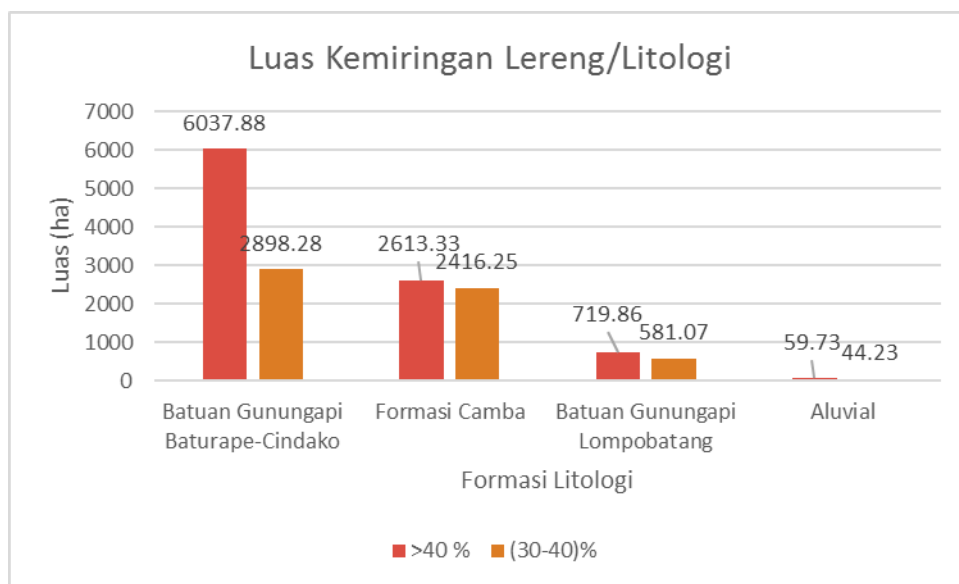
KODE	KOHESI	SUDUT GESER DALAM
GT1	0.263 Kg/cm ²	32.68 °
GT3	0.269 Kg/cm ²	32.68 °
GT4	0.269 Kg/cm ²	25.69 °

Sudut geser dalam pada sampel GT4 yang berada pada Formasi Gunungapi Lompobattang dengan nilai paling rendah ($25,69^\circ$) mengindikasikan bahwa material tersebut yang paling tidak tahan terhadap tegangan luar. Berdasarkan karakteristik litologinya faktor keamanan lereng Formasi Gunungapi Lompobattang akan memberikan nilai yang lebih rendah dibandingkan Formasi Camba dan Formasi Baturape Cindako. Hal tersebut dapat terjadi jika didukung dengan kemiringan lereng yang besar.

Berdasarkan luas kejadian gerakan tanah yang digunakan dalam analisis, 44,7% dari luas gerakan tanah tersebut terjadi pada Formasi Baturape Cindako dan 41,9% terjadi pada Formasi Camba. Luas gerakan tanah yang terjadi pada Formasi Gunungapi Lompobattang jauh lebih kecil yakni hanya sekitar 11,6% dari luas gerakan tanah. Hal tersebut memberikan informasi bahwa lereng yang tersusun dari Formasi Gunungapi Lompobattang lebih stabil dibandingkan dengan Formasi Camba dan Formasi Baturape Cindako.

Berdasarkan data tersebut di atas, terlihat bahwa faktor keamanan lereng tidak semata-mata hanya dipengaruhi oleh faktor nilai kuat geser material, namun juga dipengaruhi oleh banyak faktor termasuk tingkat kemiringan lereng. Hal tersebut didukung oleh data kemiringan lereng dimana Formasi Baturape Cindako dan Formasi Camba dominan berada pada lereng $>40\%$ dan lereng $(30-40)\%$ seperti terlihat pada Gambar 37.

Formasi Baturape Cindako dan Formasi Camba relatif tidak stabil dibandingkan dengan Formasi Gunungapi Lompobatang disebabkan oleh faktor kemiringan lereng. Kemiringan lereng Formasi Gunungapi Lompobatang lebih kecil dibandingkan dengan Formasi Baturape Cindako dan Formasi Camba.



Gambar 37. Grafik luas kemiringan lereng pada setiap litologi

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Ketelitian zonasi bahaya gerakan tanah dipengaruhi oleh metode, pemilihan peta parameter dan kualitas data yang digunakan dalam analisis. Analisis zonasi bahaya gerakan tanah dengan menggunakan metode *Weight of Evidence* lebih akurat dibandingkan dengan metode *Frequency Ratio*. Nilai akurasi zonasi bahaya gerakan tanah dengan menggunakan metode *Frequency Ratio* adalah 78,34% sedangkan nilai akurasi zonasi bahaya gerakan tanah dengan menggunakan metode *Weight of Evidence* adalah 99,01%.
2. Pemilihan peta parameter yang digunakan dalam analisis zonasi bahaya gerakan tanah dapat memperbesar nilai akurasi. Peningkatan nilai akurasi pada metode *Frequency Ratio* sebesar 1,09%, sedangkan peningkatan nilai akurasi pada metode *Weight of Evidence* sebesar 0,43%.
3. Kualitas data menentukan tingkat akurasi zonasi kerentanan gerakan tanah. Analisis zonasi dengan menggunakan DEM IFSAR

resolusi 5 meter lebih akurat dibandingkan dengan menggunakan DEMNAS resolusi 8 meter.

4. Berdasarkan analisis zonasi bahaya gerakan tanah dengan menggunakan metode *Weight of Evidence* (parameter terseleksi), daerah penelitian didominasi oleh zona rawan tinggi dengan luas kurang lebih 10735.32 ha (34.26%). Zona rawan sangat tinggi seluas kurang lebih 7226.70 ha (23,06%), zona rawan sedang kurang lebih 8835.21 ha (28.20%), zona rawan rendah kurang lebih 3738.69 ha (11.93%) dan zona rawan sangat rendah kurang lebih 799.00 ha (2.55%).

B. Saran

Saran yang dapat penulis berikan terkait dengan penelitian zonasi bahaya gerakan tanah di daerah Kecamatan Manuju dan Kecamatan Bungaya adalah:

1. Berdasarkan hasil analisis zonasi bahaya gerakan tanah, daerah penelitian didominasi oleh zona rawan sangat tinggi dan zona rawan tinggi. Untuk meminimalkan dampak dari gerakan tanah di masa yang akan datang, perlu dilakukan upaya mitigasi terutama di daerah sekitar permukiman penduduk.
2. Diperlukan penelitian lebih lanjut terutama pemetaan geologi teknik pada zona rawan sangat tinggi dan zona rawan tinggi untuk

menentukan jenis mitigasi struktural yang disarankan kepada pihak pemerintah terutama di kawasan sekitar permukiman dan jalan raya.

3. Bagi masyarakat setempat agar meningkatkan kewaspadaan terutama pada musim hujan.
4. Bagi instansi pemerintah agar tidak lagi memberikan izin mendirikan bangunan pada zona rawan sangat tinggi dan zona rawan tinggi. Segera melakukan upaya mitigasi sesuai dengan kajian pemetaan geologi teknik.

DAFTAR PUSTAKA

- Anbalagan R.; 1992. *Landslide Hazard Evaluation and Zonation Mapping in Mountainous Terrain*.
- Ayalew L, Yamagishi H (2005) *The application of GIS-based logistic regression for landslide susceptibility mapping in the Kakuda-Yahiko Mountains Central Japan*. *Geomorphology* 65:15–31.
- Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Kementerian Pertanian Republik Indonesia 2015, *Kunci Taksonomi Tanah*. Edisi Ketiga Bahasa Indonesia, 2015.
- Badan Standar Nasional 2005, *Penyusunan Peta Zona Kerentanan Gerakan Tanah, SNI 13-7124-2005*.
- Broothaerts N., Kissi E., Poesen J., Van Rompaey A., Getahun K., Van Ranst E., Diels J.; 2012. *Spatial patterns, causes and consequences of landslides in the Gilgel Gibe catchment, SW Ethiopia*.
- Carrara, M. Sorriso-Valvo & C. Reali, Cosenza, *Analysis of landslide form and Incidence By Statistical Techniques, Southern Italy*
- Dai F.C., Lee C.F., Ngai Y.Y., 2020 *Landslide risk assessment and management: an overview*.
- Ehret D, Rohn J, Dumperth C, Eckstein S, Ernstberger S, Otte K, Rudolph R, Wiedenmann J (2010) *Frequency ratio analysis of mass movements in the Xiangxi Catchment, Three Gorges Reservoir Area, China*. *J Earth Sci* 21:824–834.
- Gerald F. Weiczorek, Member ASCE, Giuseppe Mandrobbi and Lee DeCola, (1997) *The Influence of Hillslope shape on debris-flow Initiation*. ASCE.
- Hengxing Lan, Chenghu Zhou, Lee C. F., Sijing Wang & Faquan Wu; 2004. *Rainfall-induced landslide stability analysis in response to transient pore pressure-A case study of natural terrain landslide in Hong Kong*.

- Highland L., 2004, *Landslide Type and Processes*. Fact-Sheet No. 2004-3072, July 2004, U.S. Geology Survey.
- Highland L., 2008, *The Landslide Handbook - A Guide to Understanding Landslides*, U.S. Geology Survey.
- [https://id.wikipedia.org/wiki/Model_\(disambiguasi\)](https://id.wikipedia.org/wiki/Model_(disambiguasi)), diakses tanggal 15 Mei 2019
- Keputusan Menteri Energi dan Sumberdaya Mineral No.1452/K/10/MEM/2000.*
- Kompas.com, Gowa, 2019, Satu Dusun di Gowa Diterjang Longsor, 20 Orang Dilaporkan Hilang.
- Ladas I., Fountoulis I., and Mariolakos I. 2007 . *Using GIS & Multicriteria Decision Analysis in Landslide Susceptibility Mapping - a Case Study In Messinia Prefecture Area (SW Peloponnesus, Greece)*.
- Lee, S., Min, K., 2001. *Statistical analysis of landslide susceptibility at Yongin, Korean*. Environ. Geol. 40, 1095–1113.
- Mandal S. and Mondal S. 2019, *Statistical Approaches for Landslide Susceptibility Assessment and Prediction, Switzerland*.
- Mercuri P. A., Engel B. A. and Johannsen C. J.; 2004, *Evaluation and accuracy assessment of high-resolution IFSAR DEMs in low-relief areas*.
- Muntohar A.S, 2010, Longsor : *Analisis – Prediksi – Mitigasi*, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta.
- Pettijohn, F.J., 1975. *Sedimentary Rocks*. New York-Evanston-San Fransisco-London: Harper & Row Publishers
- Raghuvanshi TK, Ibrahim J, Ayalew D (2014) Slope stability susceptibility evaluation parameter (SSEP) rating scheme-an approach for landslide hazard zonation. J Afr Earth Sc 99:595–612
- Ridwan Yunus, Mohd. Robi Amri, Wartono, Yohannes Kristanto, Asih Dewi Nugraheni; 2019. *Katalog Desa/Kelurahan Rawan Tanah Longsor*. BNPB

- Sarkar S, Anbalagan R (2008) *Landslide Hazard Zonation Mapping and Comparative Analysis of Hazard Zonation Maps*. J Mt Sci 5:232–240
- Sarkar S, Kanungo D, Mehrotra G (1995) *Landslide hazard zonation: a case study of garhwal Himalaya, India*. Mt Res Dev 15:301–309
- Sidle, R. C. and Ochiai, H. 2006. *Landslides: processes, prediction, and land use*. – American Geophysical Union.
- Streckeisen, A. L., 1978: *Classification and nomenclature of volcanic rocks, lamprophyres, carbonatites, and melilitic rocks*. Neues Jahrbuch für Mineralogie Abhandlungen, 134, 1-14
- Sukamto, R., dan Supriatna, S. 1982. “*Geologi Lembar Ujungpandang, Benteng dan Sinjai*”, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Direktorat Jenderal Pertambangan Umum Departemen Pertambangan dan Energi. Bandung. Indonesia.
- Tarun Kumar Raghuvanshi, Lensa Negassa, P.M.Kala.; 2015. *GIS based Grid overlay method versus modeling approach – A comparative study for landslide hazard zonation (LHZ) in Meta Robi District of West Showa Zone in Ethiopia*
- Tempfli, K. (1991) *DTM and differential modeling*. In : *Proceedings ISPRS and OEEPE joint workshop on updating digital data by photogrammetric method*. Oxford, England
- Terzaghi, K, dan Peck, R.B. 1967, *Soil Mechanics in Engineering Practice*, John Wiley and Sons, New York, 2nd
- Timilsina M. and Dahal R.K.; 2013. *Landslide hazard in Mugling Road*
- Transportation Research Board (TRB), 1996. *Landslide: Investigation and Mitigation*. Special Report No. 247, Transportation Research Board, National Science Council, USA.
- Van Westen C.J. 2014, *Statistical Landslide Hazard Analysis, Department of Earth Systems Analysis, International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation (ITC)*,

Varnes D.J., 1978, *Slope Movements, Types and Processes*. In: *"Landslides, Analysis and Control"*, Schuster R.L., and Krizek R.J. (Eds.), Transportation.

Wahono B.F.D. 2010 *Applications of statistical and heuristic methods for land-slide susceptibility assessments, a case study in Wadas Lintang Sub District, Wonosobo Regency, Central Java Province, Indonesia*. Geoinformation for Spatial Planning and Risk Management Jogjakarta Enschede, Gadjah Mada ITC. Thesis.



DEPARTEMEN TEKNIK GEOLOGI
FAKULTAS TEKNIK, UNIVERSITAS HASANUDDIN
 Jl. Poros Malino KM.6, Bontomarannu, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan 92171
 Fax (0411) 840216, email : geologi@unhas.ac.id

Nomor : 01		No Sampel : G1
Lokasi : Parangkatisan, Gowa		Nama Batuan : Basalt
Tipe Batuan (Rock Type) : Batuan Beku Vulkanik (Breccia fragments)		
Tipe Stuktur (Type of Structure) : Massive		
Klasifikasi (Classification) : QAPF Diagram (Streckeisen, 1978)		
<p>Mikroskopis (Microscopic) : Kenampakan batuan <i>basalt</i> di bawah mikroskop berstruktur <i>massive</i>, telah mengalami ubahan sekunder sekitar 20%. Tekstur batuan <i>porphyritic</i> yang tersusun oleh fenokris 62% dan massa dasar 38%. Fenokris yang berukuran 0.2 – 2.4 mm terdiri dari mineral <i>orthopyroxene</i>, <i>clinopyroxene</i>, <i>plagioclase</i>, <i>hornblende</i> dan mineral <i>opaque</i>. Massa dasar didominasi oleh glass vulkanik dan sebagian mikrolit <i>plagioclase</i>, dan granular <i>pyroxene</i>. Mineral sekunder terdiri dari mineral <i>oxide</i> yang tersebar pada massa dasar membentuk butiran halus berwarna hitam, <i>sericite</i>, dan <i>chlorite</i> yang mengisi beberapa <i>fracture</i> pada individu mineral.</p>		
Deskripsi Mineralogi (Mineralogy of Description)		
Komposisi Mineral <i>Composition of Mineral</i>	Jumlah <i>Amount</i> (100%)	Keterangan Optik mineral <i>Description of Optical Mineralogy</i>
Orthopyroxene (Opx), (Mg,Fe)SiO ₃	25%	Sebagai fenokris, berwarna abu-abu kehijauan hingga keunguan, relief tinggi dan berukuran 0.8 – 2.4 mm. Kristal berbentuk prismatic pendek subhedral – anhedral akibat <i>fracture</i> yang tidak teratur. Belahan dua arah tegak lurus dan diidentifikasi membentuk struktur <i>monoclinic</i> . Sudut gelap 68 – 72°, jenis <i>Hyperstene</i> .
Clinopyroxene (Aug), (Ca, Mg,Fe) SiO ₆	15%	Sebagai fenokris (12%), berwarna abu-abu kehijauan hingga coklat, pleokroisme lemah, relief tinggi dan berukuran 0.6 – 1.2 mm. Kristal berbentuk prismatic pendek subhedral – anhedral akibat <i>fracture</i> yang tidak teratur. Belahan dua arah tegak lurus dan diidentifikasi membentuk struktur <i>monoclinic</i> . Sudut gelap 43 – 50°, jenis <i>Augite</i> . Sebagai massa dasar (3%) berukuran <0.02 mm, berbentuk granular di antara mikrolit <i>plagioclase</i> .
Plagioclase (Pl), (Na,Ca)(Si,Al) ₄ O ₈	24%	Sebagai fenokris (19%), tidak berwarna (transparan), berukuran 0.2 – 0.6 mm, berbentuk subhedral – anhedral. Terlihat kembaran <i>albite-pericline</i> , <i>Calsbad</i> , dengan jenis plagioklas An ₅₆₋₆₄ (<i>labradorite</i>). Beberapa kristal <i>plagioclase</i> terkorosi oleh massa dasar dan sebagian memperlihatkan bentuk skeletal dan <i>embayment</i> . Pada individu kristal yang berukuran besar terdapat <i>fracture</i> yang mengikuti bidang belah dan ada yang tidak teratur. Sebagai massa dasar (5%) berupa mikrolit <i>plagioclase</i> berukuran 0.03 – 0.15 mm, tekstur sub-paralel, kembaran <i>Calsbad</i> , relief rendah, bentuk subhedral – anhedral.
Hornblende (Hbl), Ca ₂ (Mg, Fe, Al) ₅ (Al,Si) ₈ O ₂₂ (OH) ₂	5%	Berwarna coklat hingga orange kehijauan, berbentuk subhedral – anhedral, ukuran mineral 0.25 – 0.4 mm, relief tinggi, intensitas kuat, bentuk <i>fibrous</i> , belahan satu arah dan diidentifikasi membentuk struktur <i>monoclinic</i> , pecahan tidak rata, sudut gelap 43-48° jenis gelap paralel.



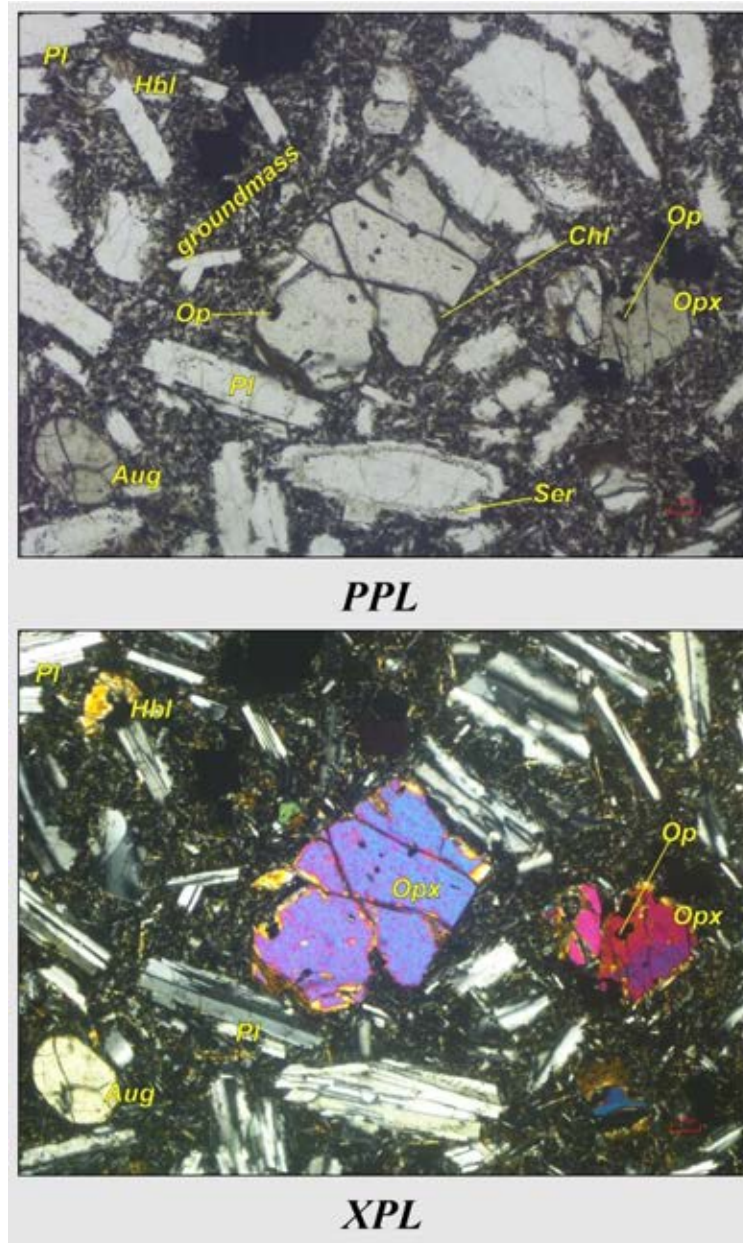
DEPARTEMEN TEKNIK GEOLOGI
FAKULTAS TEKNIK, UNIVERSITAS HASANUDDIN

Jl. Poros Malino KM.6, Bontomarannu, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan 92171
 Fax (0411) 840216, email : geologi@unhas.ac.id

Opaque Minerals (Op)	1%	Berwarna hitam, isotrop berukuran mineral 0.05 – 0.1 mm, sebagian berbentuk granular dan mineral yang berbentuk kubik diinterpretasikan sebagai <i>magnetite</i> .
Massa dasar	30%	Isotrop, glass vulkanik, sebagian teroksidasi berwarna hitam.
Komposisi Mineral Sekunder <i>Composition of Secondary Mineral</i>	Jumlah Amount (20%)	Keterangan Optik mineral <i>Description of Optical Mineralogy</i>
Opaque Minerals (Op)	3%	Berwarna hitam, isotrop berukuran mineral <0.01 mm, berbentuk granular tersebar pada massa dasar, diinterpretasi sebagai <i>oxide minerals</i> .
Sericite (Ser), $KAl_2(AlSi_3O_{10})(OH)_2$	10%	Transparan, berupa serabut halus pada permukaan mineral feldspar.
Chlorite (Chl), $(Mg, Al, Fe)_3 (Si, Al)_4 O_{10} (OH)_2$ $(Mg, Al, Fe)_3 (OH)_6$	7%	Mineral sekunder yang mengubah <i>pyroxene</i> pada bagian belahan dan <i>fracture</i> .



DEPARTEMEN TEKNIK GEOLOGI
FAKULTAS TEKNIK, UNIVERSITAS HASANUDDIN
 Jl. Poros Malino KM.6, Bontomarannu, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan 92171
 Fax (0411) 840216, email : geologi@unhas.ac.id



Gambar 1. *Photomicrograph* sayatan tipis sampel batuan *basalt* tersusun oleh mineral *plagioclase*, *pyroxene*, *hornblende* dan *groundmass*.

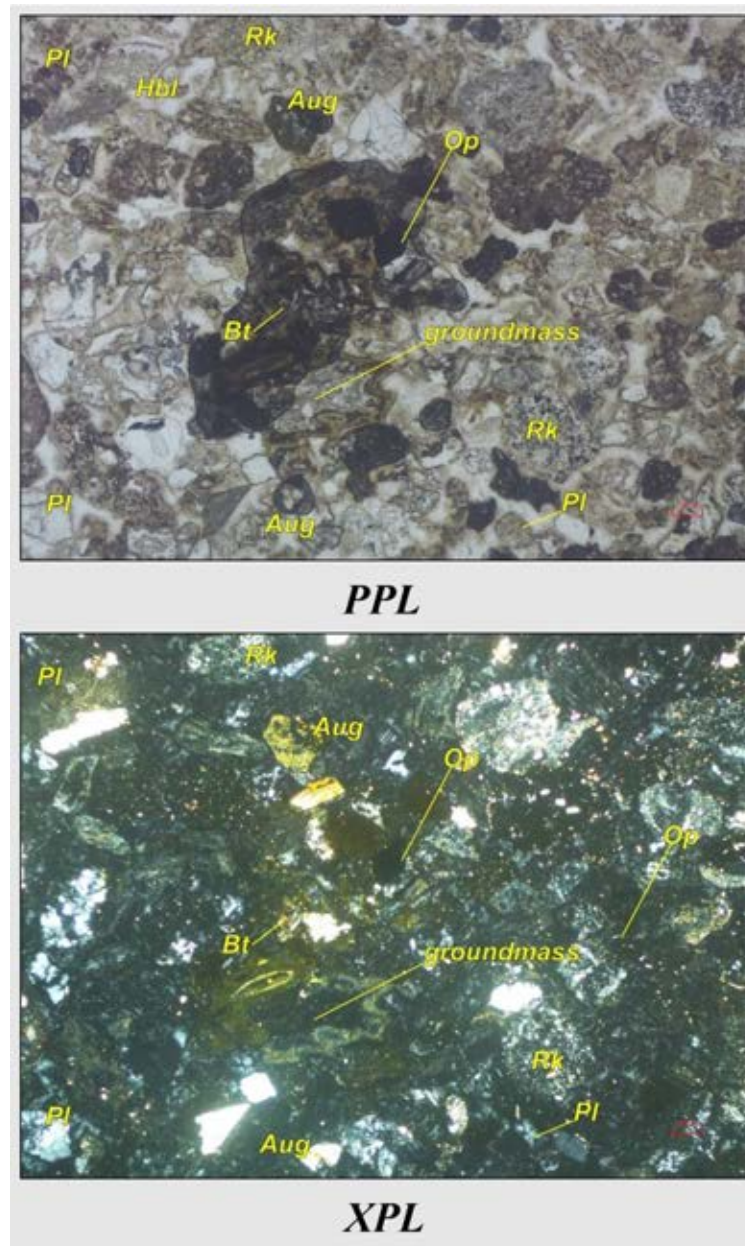


DEPARTEMEN TEKNIK GEOLOGI
FAKULTAS TEKNIK, UNIVERSITAS HASANUDDIN
 Jl. Poros Malino KM.6, Bontomarannu, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan 92171
 Fax (0411) 840216, email : geologi@unhas.ac.id

Nomor : 02		No Sampel : G3-1
Lokasi : Lemoa, Gowa		Nama Batuan : Crystal Tuff
Tipe Batuan (Rock Type) : Batuan Piroklastik		
Tipe Struktur (Type of Structure) : Berlapis		
Klasifikasi (Classification) : Pettijohn, 1975		
<p>Mikroskopis (Microscopic) : Kenampakan batuan piroklastik dengan warna absorpsi coklat dan warna interferensi coklat kehitaman. Tekstur batuan klastik kasar, sortasi sedang – buruk, kemas terbuka, bentuk material <i>angular – subangular</i>, ukuran butir <0.02 – 2.4 mm. Komposisi material berupa <i>rock fragments, clinopyroxene, plagioclase, biotite</i> dan mineral <i>opaque</i>. Massa dasar didominasi oleh glass vulkanik dan sebagian mikrolit <i>plagioclase</i>, dan granular <i>pyroxene</i>.</p>		
Deskripsi Mineralogi (Mineralogy of Description)		
Komposisi Mineral Composition of Mineral	Jumlah Amount (100%)	Keterangan Optik mineral Description of Optical Mineralogy
Rock Fragments (Rk)	10%	Warna absorpsi abu-abu kehitaman dengan warna interferensi coklat kekuningan, bentuk <i>angular-subrounded</i> , relief tinggi, ukuran material 0.8 – 2.4 mm, tersusun oleh mineral berupa kristalit plagioklas.
Clinopyroxene (Aug), (Ca, Mg, Fe) SiO₆	30%	Warna absorpsi abu-abu kehijauan hingga coklat, pleokroisme lemah, relief tinggi dan berukuran 0.2 – 0.7 mm. Kristal berbentuk prismatic pendek subhedral – anhedral akibat <i>fracture</i> yang tidak teratur. Belahan dua arah tegak lurus dan diidentifikasi membentuk struktur <i>monoclinic</i> . Sudut gelapan 42 – 51°, jenis <i>Augite</i> . Sebagian berupa massa dasar (7%) dengan ukuran mineral <0.02 mm, berbentuk granular di antara mikrolit <i>plagioclase</i> .
Plagioclase (Pl), (Na, Ca)(Si, Al)₄O₈	35%	Warna absorpsi tidak berwarna (transparan), berukuran 0.2 – 0.5 mm, berbentuk subhedral – anhedral. Terlihat kembaran <i>albite-pericline, Calsbad</i> , dengan jenis plagioklas <i>An₆₀₋₆₄ (labradorite)</i> . Beberapa kristal <i>plagioclase</i> terkorosi oleh massa dasar dan sebagian memperlihatkan bentuk skeletal dan <i>embayment</i> . Pada individu kristal yang berukuran besar terdapat <i>fracture</i> yang mengikuti bidang belah dan ada yang tidak teratur. Sebagian berupa massa dasar (3%) berupa mikrolit <i>plagioclase</i> berukuran 0.03 – 0.15 mm, tekstur sub-paralel, kembaran <i>Calsbad</i> , relief rendah, bentuk subhedral – anhedral.
Biotite (Bt), K(Mg, Fe)₃(AlSi₃O₁₀)(F, OH)₂	12%	Berwarna kuning kecoklatan – coklat, berbentuk subhedral – anhedral, relief sedang, ukuran mineral 0.08 – 0.15 mm, belahan sempurna satu arah, pecahan rata, sudut gelapan 45°, jenis gelapan sejajar (simetri).
Opaque Minerals (Op)	3%	Warna absorpsi hitam dengan warna interferensi hitam (isotrop) dengan bentuk anhedral, ukuran mineral 0.02 – 0.04 mm.
Massa dasar	15%	Isotrop, glass vulkanik, sebagian teroksidasi berwarna hitam.



DEPARTEMEN TEKNIK GEOLOGI
FAKULTAS TEKNIK, UNIVERSITAS HASANUDDIN
 Jl. Poros Malino KM.6, Bontomarannu, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan 92171
 Fax (0411) 840216, email : geologi@unhas.ac.id



Gambar 2. Photomicrograph sayatan tipis sampel batuan *crystal tuff* tersusun oleh *rock fragments*, mineral *pyroxene*, *plagioclase*, *biotite* dan *groundmass*.



DEPARTEMEN TEKNIK GEOLOGI
FAKULTAS TEKNIK, UNIVERSITAS HASANUDDIN
 Jl. Poros Malino KM.6, Bontomarannu, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan 92171
 Fax (0411) 840216, email : geologi@unhas.ac.id

Nomor : 03		No Sampel : G3-2
Lokasi : Lemoa, Gowa		Nama Batuan : Andesite
Tipe Batuan (Rock Type) : Batuan Beku Vulkanik (Conglomerate fragments)		
Tipe Struktur (Type of Structure) : Massive		
Klasifikasi (Classification) : QAPF Diagram (Streckeisen, 1978)		
<p>Mikroskopis (Microscopic) : Kenampakan batuan <i>andesite</i> di bawah mikroskop berstruktur <i>massive</i>, telah mengalami ubahan sekunder sekitar 12%. Tekstur batuan <i>porphyritic</i> yang tersusun oleh fenokris 55% dan massa dasar 45%. Fenokris yang berukuran 0.2 – 2.0 mm terdiri dari mineral <i>clinopyroxene</i>, <i>plagioclase</i>, <i>biotite</i>, <i>hornblende</i> dan mineral <i>opaque</i>. Massa dasar didominasi oleh glass vulkanik dan sebagian mikrolit <i>plagioclase</i>, dan granular <i>pyroxene</i>. Mineral sekunder terdiri dari mineral <i>oxide</i> yang tersebar pada massa dasar membentuk butiran halus berwarna hitam, <i>sericite</i>, dan <i>chlorite</i> yang mengisi beberapa <i>fracture</i> pada individu mineral.</p>		
Deskripsi Mineralogi (Mineralogy of Description)		
Komposisi Mineral <i>Composition of Mineral</i>	Jumlah <i>Amount</i> (100%)	Keterangan Optik mineral <i>Description of Optical Mineralogy</i>
Clinopyroxene (Aug), (Ca, Mg,Fe) SiO ₆	20%	Sebagai fenokris (15%), berwarna abu-abu kehijauan hingga coklat, pleokroisme lemah, relief tinggi dan berukuran 0.6 – 1.0 mm. Kristal berbentuk prismatic pendek subhedral – anhedral akibat <i>fracture</i> yang tidak teratur. Belahan dua arah tegak lurus dan diidentifikasi membentuk struktur <i>monoclinic</i> . Sudut gelap 46 – 53°, jenis <i>Augite</i> . Sebagai massa dasar (5%) berukuran <0.02 mm, berbentuk granular di antara mikrolit <i>plagioclase</i> .
Plagioclase (Pl), (Na,Ca)(Si,Al) ₄ O ₈	40%	Sebagai fenokris (30%), tidak berwarna (transparan), berukuran 0.2 – 2.0 mm, berbentuk subhedral – anhedral. Terlihat kembaran <i>albite-pericline</i> , <i>Calsbad</i> , dengan jenis plagioklas An ₅₆₋₆₀ (<i>labradorite</i>). Beberapa kristal <i>plagioclase</i> terkorosi oleh massa dasar dan sebagian memperlihatkan bentuk skeletal dan <i>embayment</i> . Pada individu kristal yang berukuran besar terdapat <i>fracture</i> yang mengikuti bidang belah dan ada yang tidak teratur. Sebagai massa dasar (10%) berupa mikrolit <i>plagioclase</i> berukuran <0.2 mm, tekstur sub-paralel, kembaran <i>Calsbad</i> , relief rendah, bentuk subhedral – anhedral.
Biotite (Bt), K(Mg,Fe) ₃ (AlSi ₃ O ₁₀)(F,OH) ₂	4%	Berwarna kuning kecoklatan – coklat, berbentuk subhedral – anhedral, relief sedang, ukuran mineral 0.08 – 0.15 mm, belahan (-), pecahan rata, sudut gelap 43-48°, jenis gelap sejajar (simetri).
Hornblende (Hbl), Ca ₂ (Mg, Fe, Al) ₅ (Al,Si) ₈ O ₂₂ (OH) ₂	5%	Berwarna coklat hingga orange kehijauan, berbentuk subhedral – anhedral, ukuran mineral 0.1 – 0.2 mm, relief tinggi, intensitas kuat, bentuk <i>fibrous</i> , belahan satu arah dan diidentifikasi membentuk struktur <i>monoclinic</i> , pecahan tidak rata, sudut gelap 48-54° jenis gelap paralel.



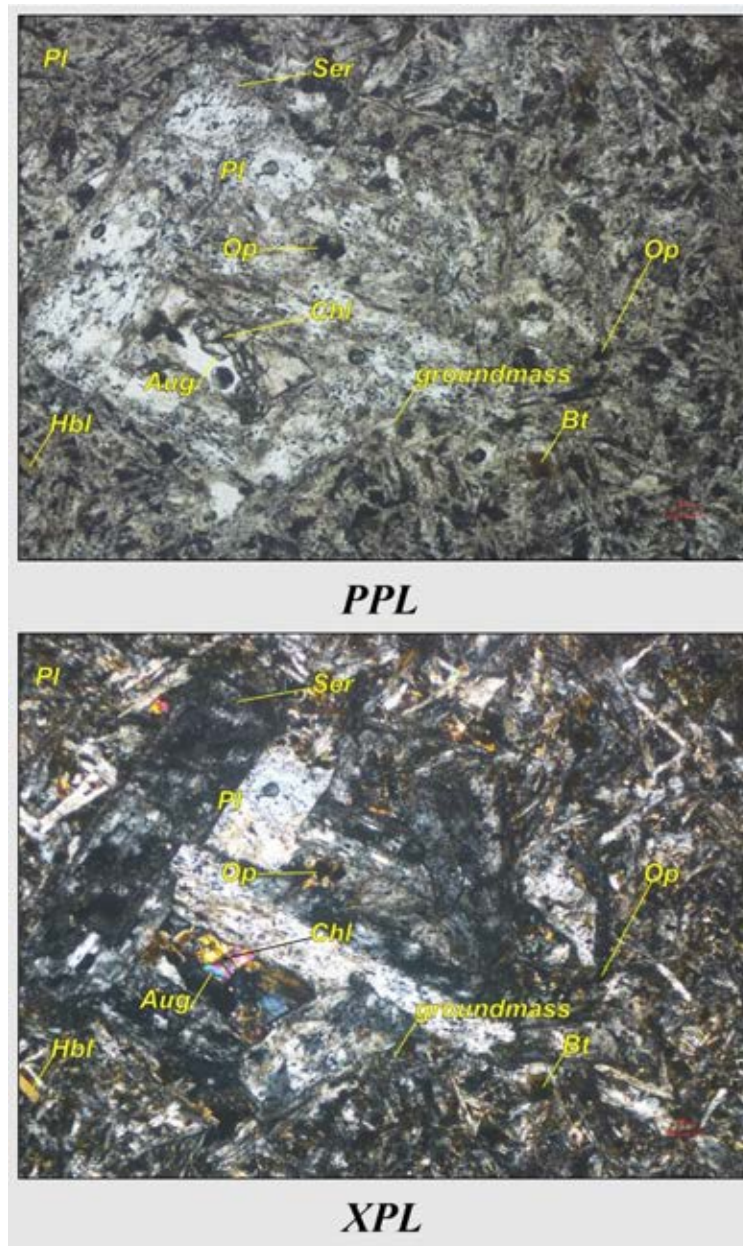
DEPARTEMEN TEKNIK GEOLOGI
FAKULTAS TEKNIK, UNIVERSITAS HASANUDDIN

Jl. Poros Malino KM.6, Bontomarannu, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan 92171
 Fax (0411) 840216, email : geologi@unhas.ac.id

Opaque Minerals (Op)	1%	Berwarna hitam, isotrop berukuran mineral 0.05 – 0.1 mm, sebagian berbentuk granular dan mineral yang berbentuk kubik diinterpretasikan sebagai <i>magnetite</i> .
Massa dasar	30%	Isotrop, glass vulkanik, sebagian teroksidasi berwarna hitam.
Komposisi Mineral Sekunder <i>Composition of Secondary Mineral</i>	Jumlah <i>Amount</i> (12%)	Keterangan Optik mineral <i>Description of Optical Mineralogy</i>
Opaque Minerals (Op)	2%	Berwarna hitam, isotrop berukuran mineral <0.01 mm, berbentuk granular tersebar pada massa dasar, diinterpretasi sebagai <i>oxide minerals</i> .
Sericite (Ser), $KAl_2(AlSi_3O_{10})(OH)_2$	5%	Transparan, berupa serabut halus pada permukaan mineral feldspar.
Chlorite (Chl), $(Mg, Al, Fe)_3 (Si, Al)_4 O_{10} (OH)_2$ $(Mg, Al, Fe)_3 (OH)_6$	5%	Mineral sekunder yang mengubah <i>pyroxene</i> pada bagian belahan dan <i>fracture</i> .



DEPARTEMEN TEKNIK GEOLOGI
FAKULTAS TEKNIK, UNIVERSITAS HASANUDDIN
 Jl. Poros Malino KM.6, Bontomarannu, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan 92171
 Fax (0411) 840216, email : geologi@unhas.ac.id



Gambar 3. *Photomicrograph* sayatan tipis sampel batuan *andesite* tersusun oleh mineral *plagioclase*, *pyroxene*, *hornblende*, *biotite* dan *groundmass*.



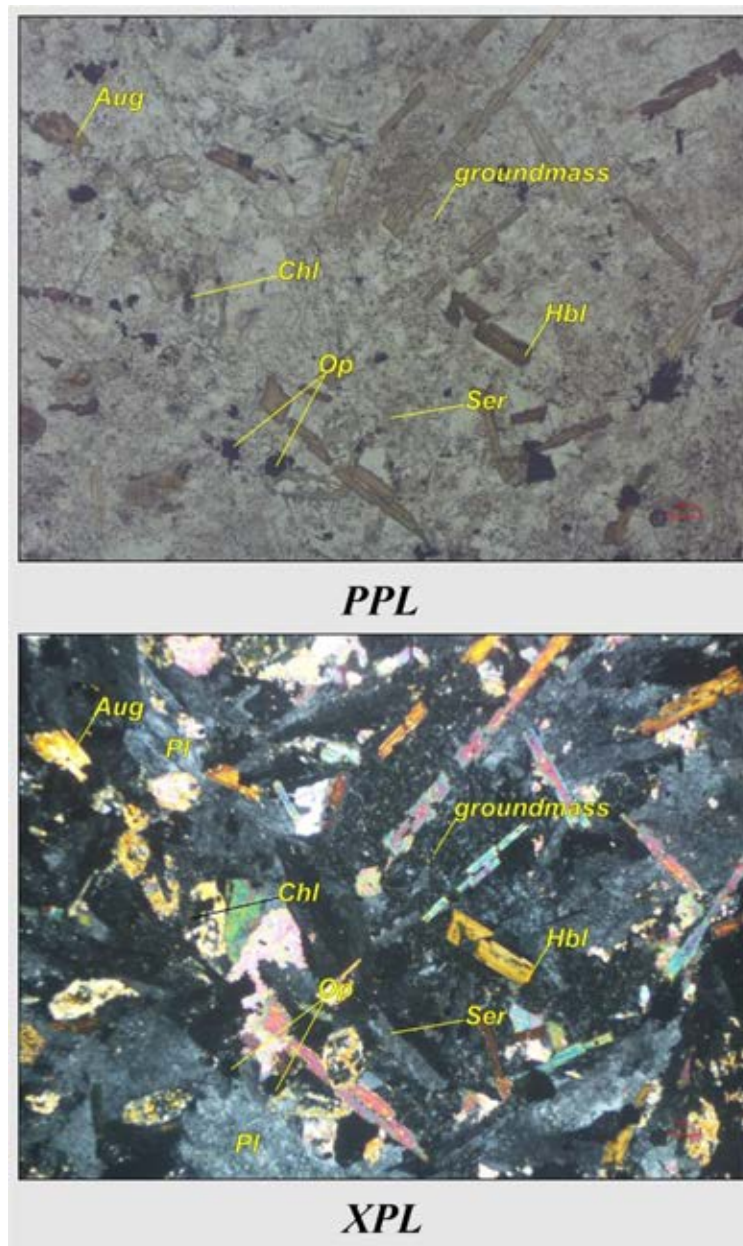
DEPARTEMEN TEKNIK GEOLOGI
FAKULTAS TEKNIK, UNIVERSITAS HASANUDDIN
 Jl. Poros Malino KM.6, Bontomarannu, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan 92171
 Fax (0411) 840216, email : geologi@unhas.ac.id

Nomor : 04		No Sampel : G3-3
Lokasi : Lemoa, Gowa		Nama Batuan : Andesite
Tipe Batuan (Rock Type) : Batuan Beku Vulkanik (Conglomerate fragments)		
Tipe Stuktur (Type of Structure) : Massive		
Klasifikasi (Classification) : QAPF Diagram (Streckeisen, 1978)		
<p>Mikroskopis (Microscopic) : Kenampakan batuan <i>andesite</i> di bawah mikroskop berstruktur <i>massive</i>, telah mengalami ubahan sekunder sekitar 8%. Tekstur batuan <i>porphyritic</i> yang tersusun oleh fenokris 65% dan massa dasar 35%. Fenokris yang berukuran 0.2 – 1.75 mm terdiri dari mineral <i>clinopyroxene</i>, <i>plagioclase</i>, <i>hornblende</i> dan mineral <i>opaque</i>. Massa dasar didominasi oleh glass vulkanik dan sebagian mikrolit <i>plagioclase</i>, dan granular <i>pyroxene</i>. Mineral sekunder terdiri dari mineral <i>oxide</i> yang tersebar pada massa dasar membentuk butiran halus berwarna hitam, <i>sericite</i>, dan <i>chlorite</i> yang mengisi beberapa <i>fracture</i> pada individu mineral.</p>		
Deskripsi Mineralogi (Mineralogy of Description)		
Komposisi Mineral Composition of Mineral	Jumlah Amount (100%)	Keterangan Optik mineral Description of Optical Mineralogy
Clinopyroxene (Aug), (Ca, Mg, Fe) SiO ₆	29%	Sebagai fenokris (24%), berwarna abu-abu kehijauan hingga coklat, pleokroisme lemah, relief tinggi dan berukuran 0.6 – 1.2 mm. Kristal berbentuk prismatic pendek subhedral – anhedral akibat <i>fracture</i> yang tidak teratur. Belahan dua arah tegak lurus dan diidentifikasi membentuk struktur <i>monoclinic</i> . Sudut gelap 48 – 52°, jenis <i>Augite</i> . Sebagai massa dasar (5%) berukuran <0.02 mm, berbentuk granular di antara mikrolit <i>plagioclase</i> .
Plagioclase (Pl), (Na, Ca)(Si, Al) ₄ O ₈	30%	Sebagai fenokris (20%), tidak berwarna (transparan), berukuran 0.2 – 1.75 mm, berbentuk subhedral – anhedral. Terlihat kembaran <i>albite-pericline</i> , <i>Calsbad</i> , dengan jenis plagioklas An ₅₆₋₆₀ (<i>labradorite</i>). Beberapa kristal <i>plagioclase</i> terkorosi oleh massa dasar dan sebagian memperlihatkan bentuk skeletal dan <i>embayment</i> . Pada individu kristal yang berukuran besar terdapat <i>fracture</i> yang mengikuti bidang belah dan ada yang tidak teratur. Sebagai massa dasar (10%) berupa mikrolit <i>plagioclase</i> berukuran <0.2 mm, tekstur sub-paralel, kembaran <i>Calsbad</i> , relief rendah, bentuk subhedral – anhedral.
Hornblende (Hbl), Ca ₂ (Mg, Fe, Al) ₅ (Al, Si) ₈ O ₂₂ (OH) ₂	20%	Berwarna coklat hingga orange kehijauan, berbentuk subhedral – anhedral, ukuran mineral 0.4 – 1.4 mm, relief tinggi, intensitas kuat, bentuk <i>fibrous</i> , belahan satu arah dan diidentifikasi membentuk struktur <i>monoclinic</i> , pecahan tidak rata, sudut gelap 50° jenis gelap paralel.
Opaque Minerals (Op)	1%	Berwarna hitam, isotrop berukuran mineral 0.07 – 0.1 mm, sebagian berbentuk granular dan mineral yang berbentuk kubik diinterpretasikan sebagai <i>magnetite</i> .
Massa dasar	20%	Isotrop, glass vulkanik, sebagian teroksidasi berwarna hitam.
Komposisi Mineral Sekunder Composition of Secondary Mineral	Jumlah Amount (8%)	Keterangan Optik mineral Description of Optical Mineralogy



DEPARTEMEN TEKNIK GEOLOGI
FAKULTAS TEKNIK, UNIVERSITAS HASANUDDIN
 Jl. Poros Malino KM.6, Bontomarannu, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan 92171
 Fax (0411) 840216, email : geologi@unhas.ac.id

Opaque Minerals (Op)	3%	Berwarna hitam, isotrop berukuran mineral <0.01 mm, berbentuk granular tersebar pada massa dasar, diinterpretasi sebagai <i>oxide minerals</i> .
Sericite (Ser), $KAl_2(AlSi_3O_{10})(OH)_2$	4%	Transparan, berupa serabut halus pada permukaan mineral feldspar.
Chlorite (Chl), $(Mg, Al, Fe)_3 (Si, Al)_4 O_{10} (OH)_2$ $(Mg, Al, Fe)_3 (OH)_6$	1%	Mineral sekunder yang mengubah <i>pyroxene</i> pada bagian belahan dan <i>fracture</i> .



Gambar 4. Photomicrograph sayatan tipis sampel batuan *andesite* tersusun oleh mineral *plagioclase*, *pyroxene*, *hornblende* dan *groundmass*.



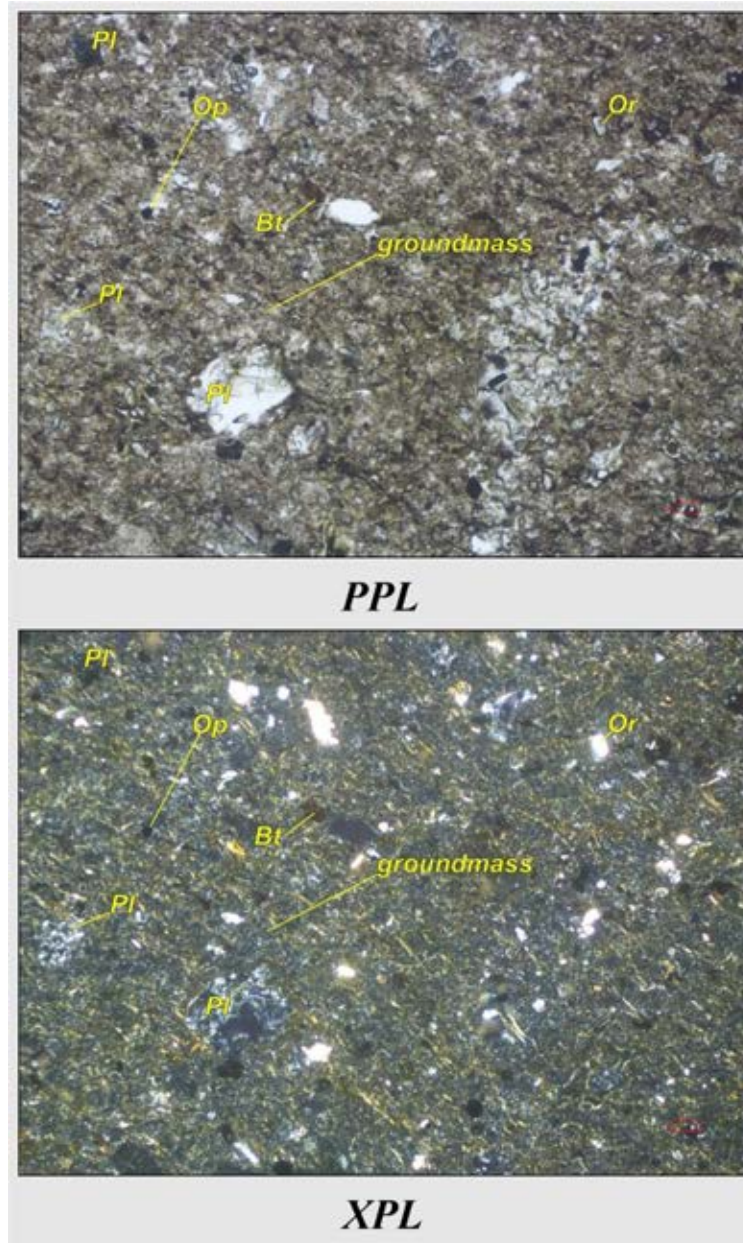
DEPARTEMEN TEKNIK GEOLOGI FAKULTAS TEKNIK, UNIVERSITAS HASANUDDIN

Jl. Poros Malino KM.6, Bontomarannu, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan 92171
Fax (0411) 840216, email : geologi@unhas.ac.id

Nomor : 05		No Sampel : G5
Lokasi : Bangkengbatu, Gowa		Nama Batuan : Vitric Crystall Tuff
Tipe Batuan (Rock Type) : Batuan Piroklastik		
Tipe Stuktur (Type of Structure) : Berlapis		
Klasifikasi (Classification) : Pettijohn, 1975		
<p>Mikroskopis (Microscopic) : Kenampakan batuan piroklastik dengan warna absorpsi coklat dan warna interferensi coklat kehitaman. Tekstur batuan klastik kasar, sortasi baik – sedang, kemas tertutup, bentuk material <i>subrounded – rounded</i>, ukuran butir <0.02 – 0.35 mm. Komposisi material berupa <i>orthoclase, plagioclase, biotite</i>, dan mineral <i>opaque</i>. Massa dasar didominasi oleh glass vulkanik dan sebagian kecil berupa mineral <i>clay</i>.</p>		
Deskripsi Mineralogi (Mineralogy of Description)		
Komposisi Mineral Composition of Mineral	Jumlah Amount (100%)	Keterangan Optik mineral Description of Optical Mineralogy
Orthoclase (Or), KAlSi ₃ O ₈	13%	Warna absorpsi putih kelabu dengan warna interferensi abu-abu, intensitas sedang, relief sedang dan berukuran 0.08 – 0.35 mm. Kristal berbentuk prismatic pendek subhedral – anhedral akibat <i>fracture</i> yang tidak teratur, belahan satu arah dan diidentifikasi membentuk struktur <i>monoclinic</i> . Sudut gelap 34 – 38°, jenis gelap miring.
Plagioclase (Pl), (Na,Ca)(Si,Al) ₄ O ₈	15%	Warna absorpsi tidak berwarna (transparan), berukuran 0.08 – 0.24 mm, berbentuk subhedral – anhedral. Terlihat kembaran <i>albite-pericline, Calsbad</i> , dengan jenis plagioklas An ₅₆₋₆₄ (<i>labradorite</i>). Pada individu kristal yang berukuran besar terdapat <i>fracture</i> yang mengikuti bidang belah dan ada yang tidak teratur.
Biotite (Bt), K(Mg,Fe) ₃ (AlSi ₃ O ₁₀)(F,OH) ₂	10%	Berwarna kuning kecoklatan – coklat, berbentuk subhedral – anhedral, relief sedang, ukuran mineral 0.08 – 0.25 mm, belahan (-), pecahan rata, sudut gelap 42°, jenis gelap sejajar (simetri).
Opaque Minerals (Op)	7%	Berwarna hitam, isotrop berukuran mineral 0.07 – 0.1 mm, sebagian berbentuk granular dan ada mineral yang berbentuk kubik.
Massa dasar	55%	Isotrop, glass vulkanik, sebagian teroksidasi berwarna hitam.



DEPARTEMEN TEKNIK GEOLOGI
FAKULTAS TEKNIK, UNIVERSITAS HASANUDDIN
 Jl. Poros Malino KM.6, Bontomarannu, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan 92171
 Fax (0411) 840216, email : geologi@unhas.ac.id



Gambar 5. *Photomicrograph* sayatan tipis sampel batuan *vitric crystal tuff* tersusun oleh mineral *orthoclase*, *plagioclase*, *biotite* dan *groundmass*.

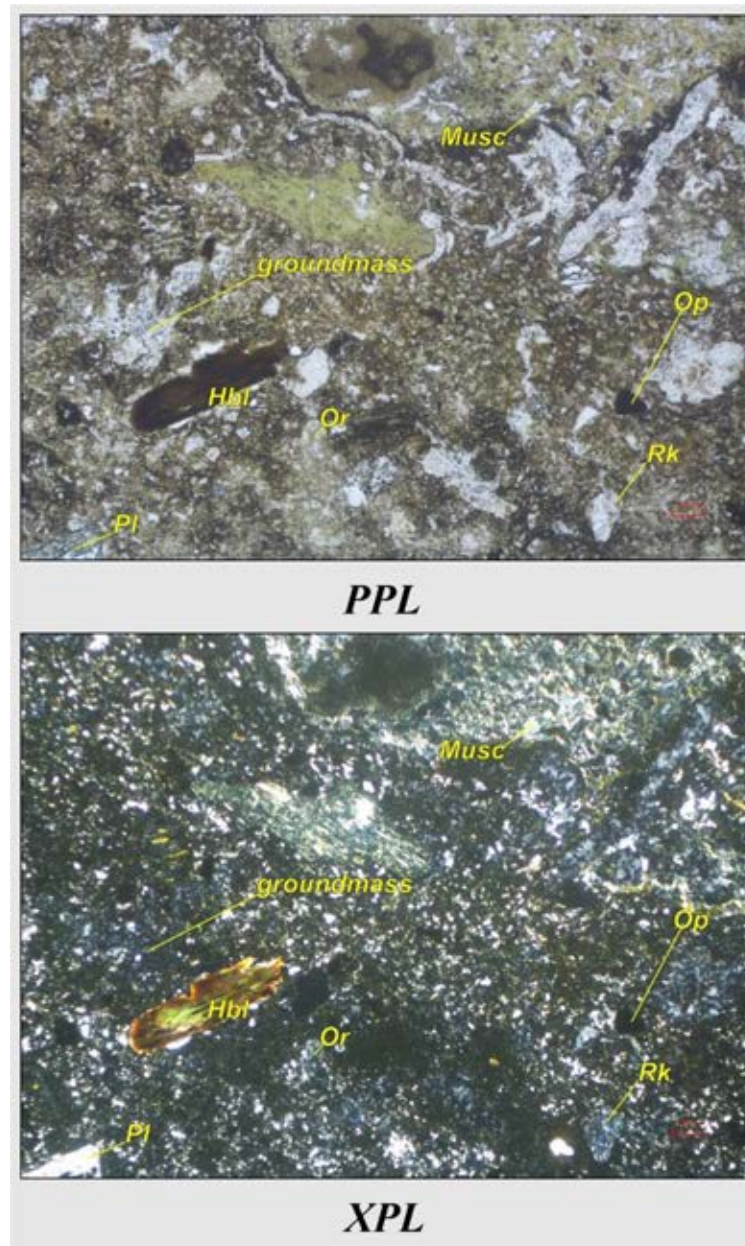


DEPARTEMEN TEKNIK GEOLOGI
FAKULTAS TEKNIK, UNIVERSITAS HASANUDDIN
 Jl. Poros Malino KM.6, Bontomarannu, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan 92171
 Fax (0411) 840216, email : geologi@unhas.ac.id

Nomor : 06		No Sampel : G6-1
Lokasi : Tanetea, Gowa		Nama Batuan : Crystall Tuff
Tipe Batuan (Rock Type) : Batuan Piroklastik		
Tipe Struktur (Type of Structure) : Berlapis		
Klasifikasi (Classification) : Pettijohn, 1975		
Mikroskopis (Microscopic) : Kenampakan batuan piroklastik dengan warna absorpsi coklat dan warna interferensi hijau kecoklatan. Tekstur batuan klastik kasar, sortasi buruk, kemas terbuka, bentuk material <i>angular – subangular</i> , ukuran butir <math><0.02 – 2.25\text{ mm}</math>. Komposisi material berupa <i>rock fragments, orthoclase, plagioclase, hornblende, muscovite</i> dan mineral <i>opaque</i> . Massa dasar berupa glass vulkanik.		
Deskripsi Mineralogi (Mineralogy of Description)		
Komposisi Mineral Composition of Mineral	Jumlah Amount (100%)	Keterangan Optik mineral Description of Optical Mineralogy
Rock Fragments (Rk)	20%	Warna absorpsi abu-abu kehitaman dengan warna interferensi coklat kekuningan, bentuk <i>angular-subrounded</i> , relief tinggi, ukuran material 0.75 – 2.25 mm, tersusun oleh mineral berupa kristalit plagioklas.
Orthoclase (Or), KAlSi₃O₈	23%	Warna absorpsi putih kelabu dengan warna interferensi abu-abu, intensitas sedang, relief sedang dan berukuran 0.08 – 0.6 mm. Kristal berbentuk prismatic pendek subhedral – anhedral akibat <i>fracture</i> yang tidak teratur, belahan satu arah dan diidentifikasi membentuk struktur <i>monoclinic</i> . Sudut gelap 32 – 36° jenis gelap miring.
Plagioclase (Pl), (Na,Ca)(Si,Al)₄O₈	20%	Warna absorpsi tidak berwarna (transparan), berukuran 0.2 – 0.8 mm, berbentuk subhedral – anhedral. Terlihat kembaran <i>Calsbad</i> , dengan jenis plagioklas <i>An₅₈₋₆₄ (labradorite)</i> . Pada individu kristal yang berukuran besar terdapat <i>fracture</i> yang mengikuti bidang belah dan ada yang tidak teratur.
Hornblende (Hbl), Ca₂(Mg, Fe, Al)₅ (Al,Si)₈ O₂₂(OH)₂	5%	Berwarna coklat hingga orange kehijauan, berbentuk subhedral – anhedral, ukuran mineral 0.8 – 1.4 mm, relief tinggi, intensitas kuat, bentuk <i>fibrous</i> , belahan satu arah dan diidentifikasi membentuk struktur <i>monoclinic</i> , pecahan tidak rata, sudut gelap 47° jenis gelap paralel.
Muscovite (Musc), KAl₂(Si₃AlSi₃)O₁₀ (OH)₂	2%	Warna absorpsi putih kecoklatan dengan warna interferensi kuning kecoklatan, berbentuk subhedral – anhedral, relief rendah, belahan satu arah, ukuran mineral 0.06 – 0.1 mm, pecahan tidak rata, sudut gelap 23 – 27°, jenis gelap miring.
Opaque Minerals (Op)	5%	Berwarna hitam, isotrop berukuran mineral 0.08 – 0.1 mm, sebagian berbentuk granular.
Massa dasar	25%	Isotrop, glass vulkanik, sebagian teroksidasi berwarna hitam.



DEPARTEMEN TEKNIK GEOLOGI
FAKULTAS TEKNIK, UNIVERSITAS HASANUDDIN
 Jl. Poros Malino KM.6, Bontomarannu, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan 92171
 Fax (0411) 840216, email : geologi@unhas.ac.id



Gambar 6. *Photomicrograph* sayatan tipis sampel batuan *crystall tuff* tersusun oleh *rock fragments*, mineral *orthoclase*, *plagioclase*, *hornblende*, *muscovite* dan *groundmass*.



DEPARTEMEN TEKNIK GEOLOGI
FAKULTAS TEKNIK, UNIVERSITAS HASANUDDIN
 Jl. Poros Malino KM.6, Bontomarannu, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan 92171
 Fax (0411) 840216, email : geologi@unhas.ac.id

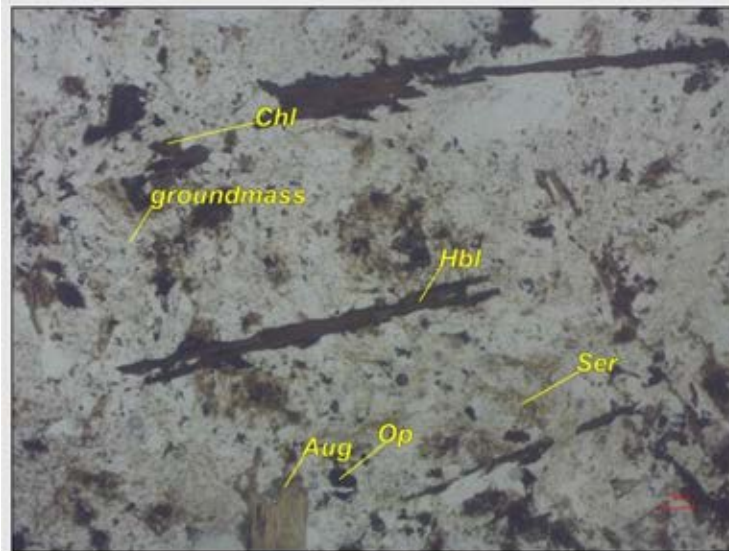
Nomor : 07		No Sampel : G6-2
Lokasi : Tanetea, Gowa		Nama Batuan : Basalt
Tipe Batuan (Rock Type) : Batuan Beku Vulkanik		
Tipe Stuktur (Type of Structure) : Massive		
Klasifikasi (Classification) : QAPF Diagram (Streckeisen, 1978)		
<p>Mikroskopis (Microscopic) : Kenampakan batuan <i>basalt</i> di bawah mikroskop berstruktur <i>massive</i>, telah mengalami ubahan sekunder sekitar 20%. Tekstur batuan <i>porphyritic</i> yang tersusun oleh fenokris 60% dan massa dasar 40%. Fenokris yang berukuran 0.2 – 2.0 mm terdiri dari mineral <i>clinopyroxene</i>, <i>plagioclase</i>, <i>hornblende</i> dan mineral <i>opaque</i>. Massa dasar didominasi oleh glass vulkanik dan sebagian mikrolit <i>plagioclase</i>, dan granular <i>pyroxene</i>. Mineral sekunder terdiri dari mineral <i>oxide</i> yang tersebar pada massa dasar membentuk butiran halus berwarna hitam, <i>sericite</i>, dan <i>chlorite</i> yang mengisi beberapa <i>fracture</i> pada individu mineral.</p>		
Deskripsi Mineralogi (Mineralogy of Description)		
Komposisi Mineral <i>Composition of Mineral</i>	Jumlah <i>Amount</i> (100%)	Keterangan Optik mineral <i>Description of Optical Mineralogy</i>
Clinopyroxene (Aug), (Ca, Mg,Fe) SiO ₆	24%	Sebagai fenokris (14%), berwarna abu-abu kehijauan hingga coklat, pleokroisme lemah, relief tinggi dan berukuran 0.3 – 0.6 mm. Kristal berbentuk prismatic pendek subhedral – anhedral akibat <i>fracture</i> yang tidak teratur. Belahan dua arah tegak lurus dan diidentifikasi membentuk struktur <i>monoclinic</i> . Sudut gelap 48 – 54°, jenis <i>Augite</i> . Sebagai massa dasar (10%) berukuran <0.02 mm, berbentuk granular di antara mikrolit <i>plagioclase</i> .
Plagioclase (Pl), (Na,Ca)(Si,Al) ₄ O ₈	30%	Sebagai fenokris (25%), tidak berwarna (transparan), berukuran 0.2 – 2.0 mm, berbentuk subhedral – anhedral. Terlihat kembaran <i>albite-pericline</i> , <i>Calsbad</i> , dengan jenis plagioklas An ₅₈₋₆₂ (<i>labradorite</i>). Beberapa kristal <i>plagioclase</i> terkorosi oleh massa dasar dan sebagian memperlihatkan bentuk skeletal dan <i>embayment</i> . Pada individu kristal yang berukuran besar terdapat <i>fracture</i> yang mengikuti bidang belah dan ada yang tidak teratur. Sebagai massa dasar (5%) berupa mikrolit <i>plagioclase</i> berukuran <0.2 mm, tekstur sub-paralel, kembaran <i>Calsbad</i> , relief rendah, bentuk subhedral – anhedral.
Hornblende (Hbl), Ca ₂ (Mg, Fe, Al) ₅ (Al,Si) ₈ O ₂₂ (OH) ₂	20%	Berwarna coklat hingga orange kehijauan, berbentuk subhedral – anhedral, ukuran mineral 0.6 – 1.2 mm, relief tinggi, intensitas kuat, bentuk <i>fibrous</i> , belahan satu arah dan diidentifikasi membentuk struktur <i>monoclinic</i> , pecahan tidak rata, sudut gelap 34-37° jenis gelap paralel.
Opaque Minerals (Op)	1%	Berwarna hitam, isotrop berukuran mineral 0.05 – 0.1 mm, sebagian berbentuk granular.
Massa dasar	25%	Isotrop, glass vulkanik, sebagian teroksidasi berwarna hitam.
Komposisi Mineral Sekunder <i>Composition of Secondary Mineral</i>	Jumlah <i>Amount</i> (20%)	Keterangan Optik mineral <i>Description of Optical Mineralogy</i>
Opaque Minerals (Op)	3%	Berwarna hitam, isotrop berukuran mineral <0.01 mm, berbentuk granular tersebar pada massa dasar, diinterpretasi sebagai <i>oxide minerals</i> .



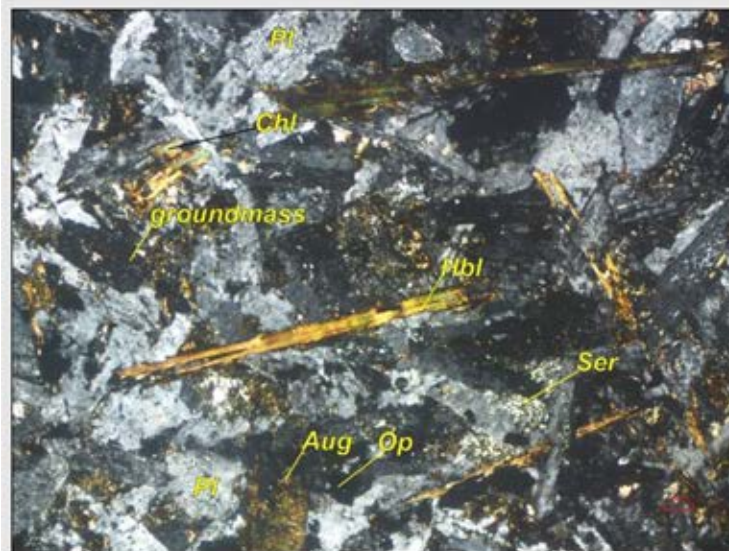
DEPARTEMEN TEKNIK GEOLOGI FAKULTAS TEKNIK, UNIVERSITAS HASANUDDIN

Jl. Poros Malino KM.6, Bontomarannu, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan 92171
Fax (0411) 840216, email : geologi@unhas.ac.id

Sericite (Ser), $KAl_2(AlSi_3O_{10})(OH)_2$	7%	Transparan, berupa serabut halus pada permukaan mineral feldspar.
Chlorite (Chl), $(Mg, Al, Fe)_3(Si, Al)_4O_{10}(OH)_2$ $(Mg, Al, Fe)_3(OH)_6$	10%	Mineral sekunder yang mengubah <i>pyroxene</i> pada bagian belahan dan <i>fracture</i> .



PPL



XPL

Gambar 7. Photomicrograph sayatan tipis sampel batuan *basalt* tersusun oleh mineral *plagioclase*, *pyroxene*, *hornblende* dan *groundmass*.



DEPARTEMEN TEKNIK GEOLOGI FAKULTAS TEKNIK, UNIVERSITAS HASANUDDIN

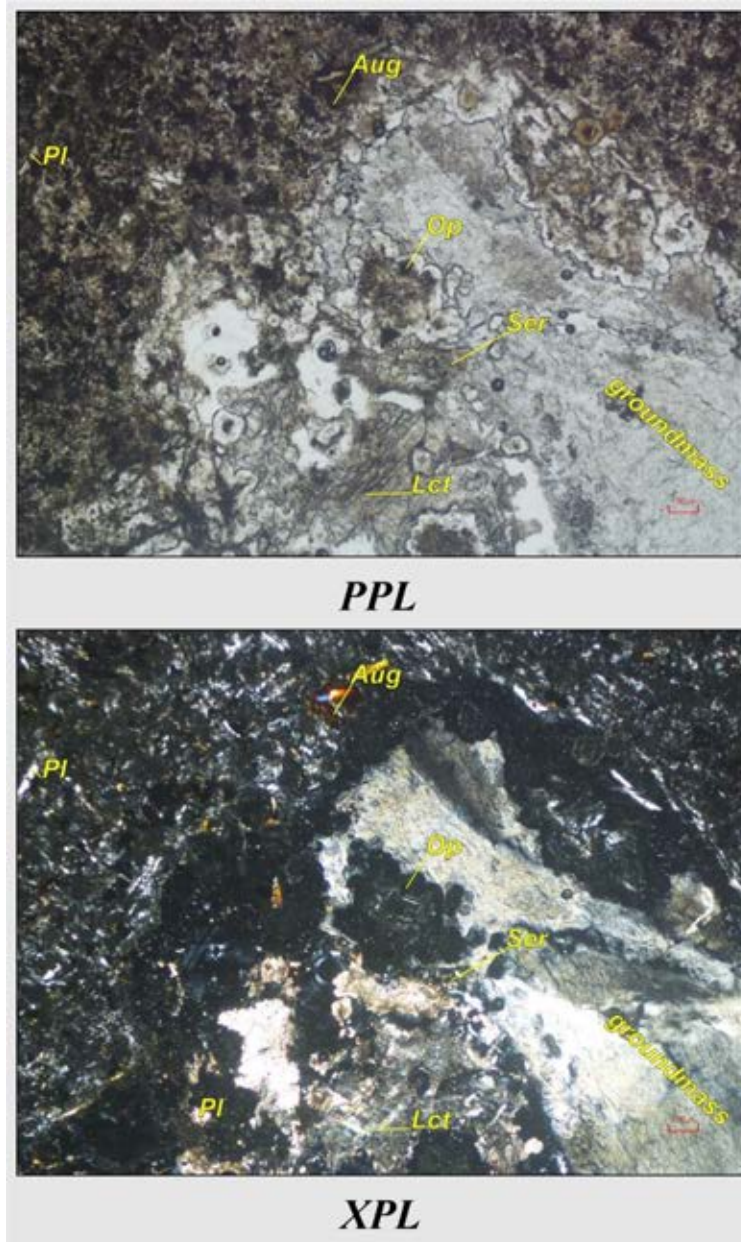
Jl. Poros Malino KM.6, Bontomarannu, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan 92171
Fax (0411) 840216, email : geologi@unhas.ac.id

Nomor : 08		No Sampel : G8-1
Lokasi : Tinggiballa, Gowa		Nama Batuan : Basalt
Tipe Batuan (Rock Type) : Batuan Beku Vulkanik (Lava)		
Tipe Struktur (Type of Structure) : Massive		
Klasifikasi (Classification) : QAPF Diagram (Streckeisen, 1978)		
<p>Mikroskopis (Microscopic) : Kenampakan batuan <i>basalt</i> di bawah mikroskop berstruktur <i>massive</i>, telah mengalami ubahan sekunder sekitar 18%. Tekstur batuan <i>trachytic</i> yang tersusun oleh fenokris 55% dan massa dasar 45%. Fenokris yang berukuran 0.2 – 1.35 mm terdiri dari mineral <i>clinopyroxene</i>, <i>plagioclase</i>, <i>leucite</i> dan mineral <i>opaque</i>. Massa dasar didominasi oleh glass vulkanik dan sebagian mikrolit <i>plagioclase</i>, dan granular <i>pyroxene</i>. Mineral sekunder terdiri dari mineral <i>oxide</i> yang tersebar pada massa dasar membentuk butiran halus berwarna hitam dan mineral <i>sericite</i> yang mengisi beberapa <i>fracture</i> pada individu mineral.</p>		
Deskripsi Mineralogi (Mineralogy of Description)		
Komposisi Mineral Composition of Mineral	Jumlah Amount (100%)	Keterangan Optik mineral Description of Optical Mineralogy
Clinopyroxene (Aug), (Ca, Mg,Fe) SiO ₆	20%	Sebagai fenokris (15%), berwarna abu-abu kehijauan hingga coklat, pleokroisme lemah, relief tinggi dan berukuran 0.6 – 1.0 mm. Kristal berbentuk prismatic pendek subhedral – anhedral akibat <i>fracture</i> yang tidak teratur. Belahan dua arah tegak lurus dan diidentifikasi membentuk struktur <i>monoclinic</i> . Sudut gelapan 48 – 52°, jenis <i>Augite</i> . Sebagai massa dasar (5%) berukuran <0.02 mm, berbentuk granular di antara mikrolit <i>plagioclase</i> .
Plagioclase (Pl), (Na,Ca)(Si,Al) ₄ O ₈	15%	Sebagai fenokris (10%), tidak berwarna (transparan), berukuran 0.2 – 1.35 mm, berbentuk subhedral – anhedral. Terlihat kembaran <i>albite-pericline</i> , <i>Calsbad</i> , dengan jenis plagioklas An ₅₆₋₆₀ (<i>labradorite</i>). Beberapa kristal <i>plagioclase</i> terkorosi oleh massa dasar dan sebagian memperlihatkan bentuk skeletal dan <i>embayment</i> . Pada individu kristal yang berukuran besar terdapat <i>fracture</i> yang mengikuti bidang belah dan ada yang tidak teratur. Sebagai massa dasar (5%) berupa mikrolit <i>plagioclase</i> berukuran <0.2 mm, tekstur sub-paralel, kembaran <i>Calsbad</i> , relief rendah, bentuk subhedral – anhedral.
Leucite (Lct) KAlSi ₂ O ₆	29%	Sebagai fenokris, tidak berwarna (transparan), relief sedang, berukuran 0.3 – 0.75 mm, berbentuk subhedral. Isotrop, warna interferensi orde 1, terlihat kembaran lamellar.
Opaque Minerals (Op)	1%	Berwarna hitam, isotrop berukuran mineral 0.07 – 0.1 mm, sebagian berbentuk granular dan mineral yang berbentuk kubik diinterpretasikan sebagai <i>magnetite</i> .
Massa dasar	35%	Isotrop, glass vulkanik, sebagian teroksidasi berwarna hitam.
Komposisi Mineral Sekunder Composition of Secondary Mineral	Jumlah Amount (18%)	Keterangan Optik mineral Description of Optical Mineralogy
Opaque Minerals (Op)	6%	Berwarna hitam, isotrop berukuran mineral <0.01 mm, berbentuk granular tersebar pada massa dasar, diinterpretasi sebagai <i>oxide minerals</i> .



DEPARTEMEN TEKNIK GEOLOGI
FAKULTAS TEKNIK, UNIVERSITAS HASANUDDIN
 Jl. Poros Malino KM.6, Bontomarannu, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan 92171
 Fax (0411) 840216, email : geologi@unhas.ac.id

Sericite (Ser), $KAl_2(AlSi_3O_{10})(OH)_2$	12%	Transparan, berupa serabut halus pada permukaan mineral feldspar.
---	------------	---



Gambar 8. Photomicrograph sayatan tipis sampel batuan basalt (lava) tersusun oleh mineral *plagioclase*, *pyroxene*, *leucite* dan *groundmass*.



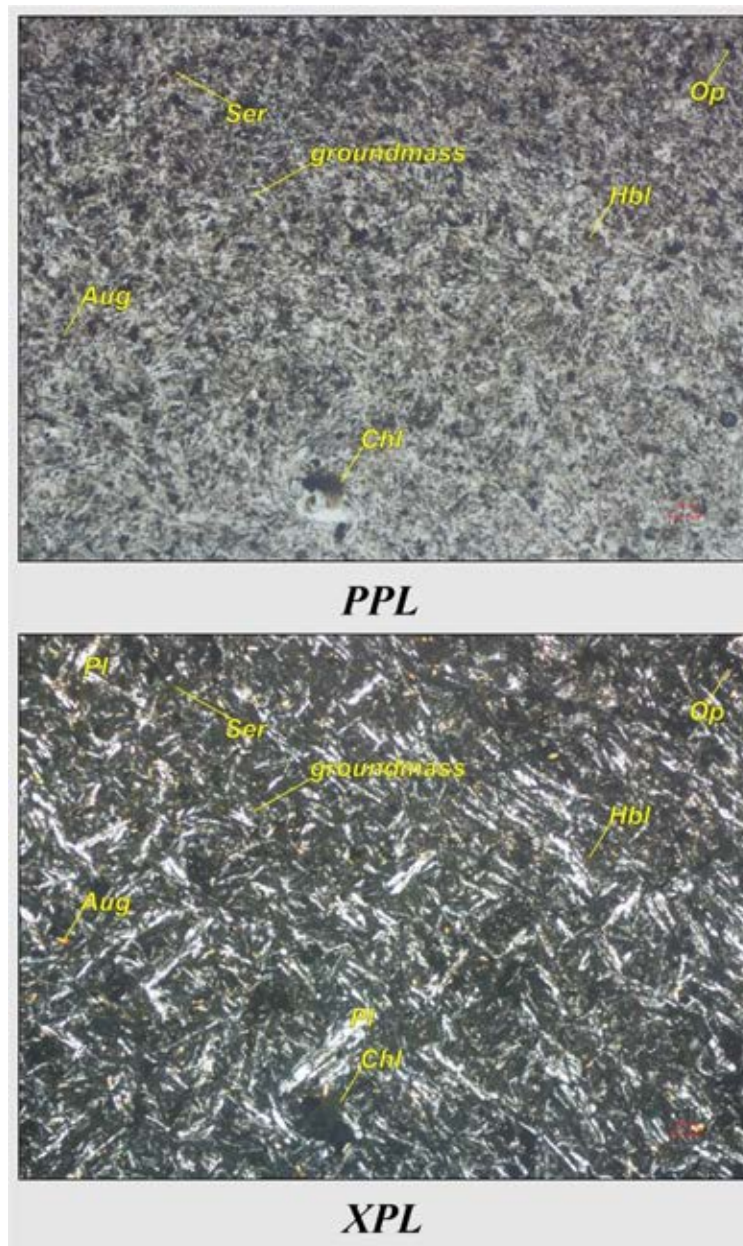
DEPARTEMEN TEKNIK GEOLOGI
FAKULTAS TEKNIK, UNIVERSITAS HASANUDDIN
 Jl. Poros Malino KM.6, Bontomarannu, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan 92171
 Fax (0411) 840216, email : geologi@unhas.ac.id

Nomor : 09		No Sampel : G8-2
Lokasi : Tinggiballa, Gowa		Nama Batuan : Basalt
Tipe Batuan (Rock Type) : Batuan Beku Vulkanik (Lava)		
Tipe Stuktur (Type of Structure) : Massive		
Klasifikasi (Classification) : QAPF Diagram (Streckeisen, 1978)		
<p>Mikroskopis (Microscopic) : Kenampakan batuan <i>basalt</i> di bawah mikroskop berstruktur <i>massive</i>, telah mengalami ubahan sekunder sekitar 18%. Tekstur batuan <i>trachytic</i> yang tersusun oleh fenokris 60% dan massa dasar 40%. Fenokris yang berukuran 0.2 – 1.0 mm terdiri dari mineral <i>clinopyroxene</i>, <i>plagioclase</i>, <i>hornblende</i> dan mineral <i>opaque</i>. Massa dasar didominasi oleh glass vulkanik dan sebagian mikrolit <i>plagioclase</i>, dan granular <i>pyroxene</i>. Mineral sekunder terdiri dari mineral <i>oxide</i> yang tersebar pada massa dasar membentuk butiran halus berwarna hitam, mineral <i>sericite</i>, dan <i>chlorite</i> yang mengisi beberapa <i>fracture</i> pada individu mineral.</p>		
Deskripsi Mineralogi (Mineralogy of Description)		
Komposisi Mineral <i>Composition of Mineral</i>	Jumlah <i>Amount</i> (100%)	Keterangan Optik mineral <i>Description of Optical Mineralogy</i>
Clinopyroxene (Aug), (Ca, Mg,Fe) SiO ₆	15%	Sebagai fenokris (10%), berwarna abu-abu kehijauan hingga coklat, pleokroisme lemah, relief tinggi dan berukuran 0.2 – 0.5 mm. Kristal berbentuk prismatic pendek subhedral – anhedral akibat <i>fracture</i> yang tidak teratur. Belahan dua arah tegak lurus dan diidentifikasi membentuk struktur monoclinic. Sudut gelap 47 – 50°, jenis <i>Augite</i> . Sebagai massa dasar (5%) berukuran <0.02 mm, berbentuk granular di antara mikrolit <i>plagioclase</i> .
Plagioclase (Pl), (Na,Ca)(Si,Al) ₄ O ₈	45%	Sebagai fenokris (35%), tidak berwarna (transparan), berukuran 0.2 – 1.0 mm, berbentuk subhedral – anhedral. Terlihat kembaran <i>albite-pericline</i> , <i>Calsbad</i> , dengan jenis plagioklas An54-60 (<i>labradorite</i>). Beberapa kristal <i>plagioclase</i> terkorosi oleh massa dasar dan sebagian memperlihatkan bentuk skeletal dan <i>embayment</i> . Pada individu kristal yang berukuran besar terdapat <i>fracture</i> yang mengikuti bidang belah dan ada yang tidak teratur. Sebagai massa dasar (10%) berupa mikrolit <i>plagioclase</i> berukuran <0.2 mm, tekstur sub-paralel, kembaran <i>Calsbad</i> , relief rendah, bentuk subhedral – anhedral.
Hornblende (Hbl), Ca ₂ (Mg, Fe, Al) ₅ (Al,Si) ₈ O ₂₂ (OH) ₂	10%	Berwarna coklat hingga orange kehijauan, berbentuk subhedral – anhedral, ukuran mineral 0.04 – 0.08 mm, relief tinggi, intensitas kuat, bentuk <i>fibrous</i> , belahan satu arah dan diidentifikasi membentuk struktur <i>monoclinic</i> , pecahan tidak rata, sudut gelap 42° jenis gelap paralel.
Opaque Minerals (Op)	1%	Berwarna hitam, isotrop berukuran mineral 0.05 – 0.1 mm, sebagian berbentuk granular.
Massa dasar	29%	Isotrop, glass vulkanik, sebagian teroksidasi berwarna hitam.
Komposisi Mineral Sekunder <i>Composition of Secondary Mineral</i>	Jumlah <i>Amount</i> (18%)	Keterangan Optik mineral <i>Description of Optical Mineralogy</i>



DEPARTEMEN TEKNIK GEOLOGI
FAKULTAS TEKNIK, UNIVERSITAS HASANUDDIN
 Jl. Poros Malino KM.6, Bontomarannu, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan 92171
 Fax (0411) 840216, email : geologi@unhas.ac.id

Opaque Minerals (Op)	3%	Berwarna hitam, isotrop berukuran mineral <0.01 mm, berbentuk granular tersebar pada massa dasar, diinterpretasi sebagai <i>oxide minerals</i> .
Sericite (Ser), $KAl_2(AlSi_3O_{10})(OH)_2$	5%	Transparan, berupa serabut halus pada permukaan mineral feldspar.
Chlorite (Chl), $(Mg, Al, Fe)_3 (Si, Al)_4 O_{10} (OH)_2$ $(Mg, Al, Fe)_2 (OH)_6$	10%	Mineral sekunder yang mengubah <i>pyroxene</i> pada bagian belahan dan <i>fracture</i> .



Gambar 9. Photomicrograph sayatan tipis sampel batuan basalt (lava) tersusun oleh mineral *plagioclase*, *pyroxene*, *hornblende* dan *groundmass*.



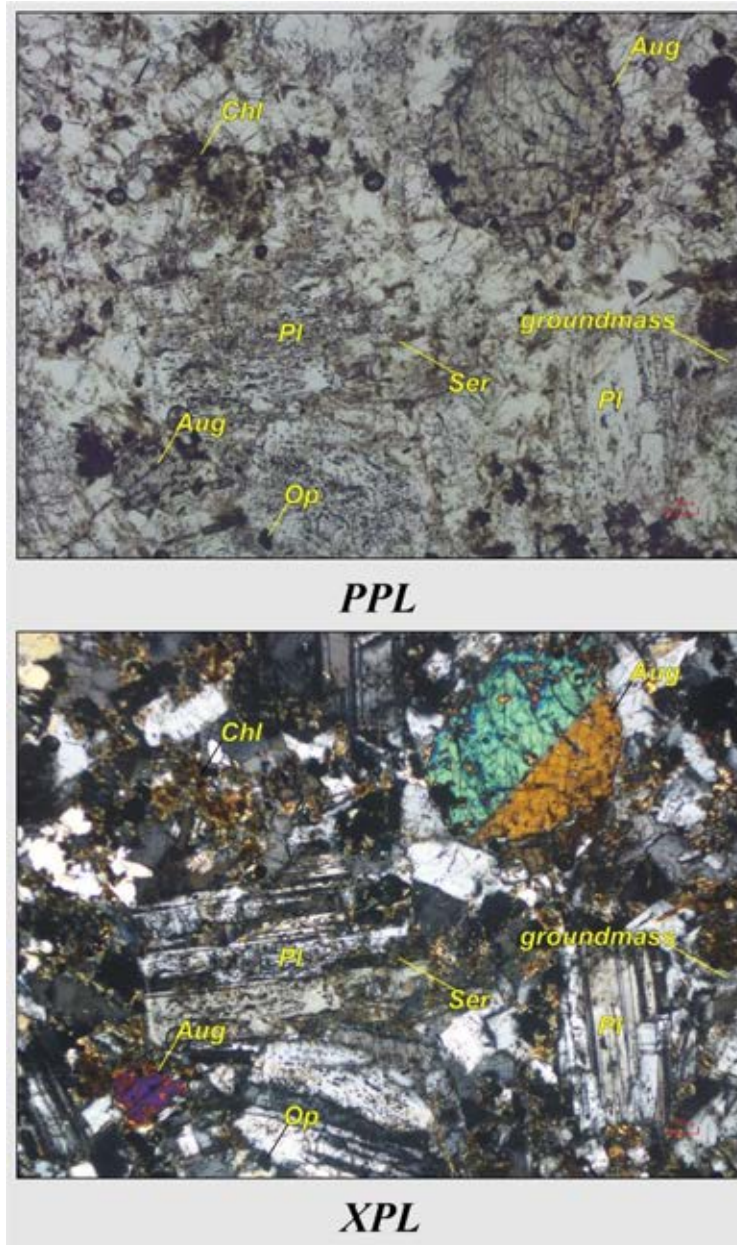
DEPARTEMEN TEKNIK GEOLOGI
FAKULTAS TEKNIK, UNIVERSITAS HASANUDDIN
 Jl. Poros Malino KM.6, Bontomarannu, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan 92171
 Fax (0411) 840216, email : geologi@unhas.ac.id

Nomor : 10		No Sampel : G9
Lokasi : Siriya, Gowa		Nama Batuan : Basalt
Tipe Batuan (Rock Type) : Batuan Beku Vulkanik (Breccia fragments)		
Tipe Struktur (Type of Structure) : Massive		
Klasifikasi (Classification) : QAPF Diagram (Streckeisen, 1978)		
<p>Mikroskopis (Microscopic) : Kenampakan batuan <i>basalt</i> di bawah mikroskop berstruktur <i>massive</i>, telah mengalami ubahan sekunder sekitar 20%. Tekstur batuan <i>porphyritic</i> yang tersusun oleh fenokris 60% dan massa dasar 40%. Fenokris yang berukuran 0.3 – 2.2 mm terdiri dari mineral <i>clinopyroxene</i>, <i>plagioclase</i> dan mineral <i>opaque</i>. Massa dasar didominasi oleh glass vulkanik dan sebagian mikrolit <i>plagioclase</i>, dan granular <i>pyroxene</i>. Mineral sekunder terdiri dari mineral <i>oxide</i> yang tersebar pada massa dasar membentuk butiran halus berwarna hitam, <i>sericite</i>, dan <i>chlorite</i> yang mengisi beberapa <i>fracture</i> pada individu mineral.</p>		
Deskripsi Mineralogi (Mineralogy of Description)		
Komposisi Mineral <i>Composition of Mineral</i>	Jumlah <i>Amount</i> (100%)	Keterangan Optik mineral <i>Description of Optical Mineralogy</i>
Clinopyroxene (Aug), (Ca, Mg, Fe) SiO ₆	35%	Sebagai fenokris (30%), berwarna abu-abu kehijauan hingga coklat, pleokroisme lemah, relief tinggi dan berukuran 0.4 – 1.2 mm. Kristal berbentuk prismatic pendek subhedral – anhedral akibat <i>fracture</i> yang tidak teratur. Belahan dua arah tegak lurus dan diidentifikasi membentuk struktur <i>monoclinic</i> . Beberapa individu kristal memperlihatkan kembaran dan eksolusi lamellar. Sudut gelapan 50 – 56°, jenis <i>Augite</i> . Sebagai massa dasar (5%) berukuran <0.02 mm, berbentuk granular di antara mikrolit <i>plagioclase</i> .
Plagioclase (Pl), (Na, Ca)(Si, Al) ₄ O ₈	38%	Sebagai fenokris (28%), tidak berwarna (transparan), berukuran 0.3 – 2.2 mm, berbentuk subhedral – anhedral. Terlihat kembaran <i>albite-pericline</i> , <i>Calsbad</i> , dengan jenis plagioklas An ₂₈₋₃₂ (<i>Oligoclase</i>). Beberapa kristal <i>plagioclase</i> terkorosi oleh massa dasar dan sebagian memperlihatkan bentuk skeletal dan <i>embayment</i> . Pada individu kristal yang berukuran besar terdapat <i>fracture</i> yang mengikuti bidang belah dan ada yang tidak teratur. Sebagai massa dasar (10%) berupa mikrolit <i>plagioclase</i> berukuran <0.2 mm, tekstur sub-paralel, kembaran <i>Calsbad</i> , relief rendah, bentuk subhedral – anhedral.
Opaque Minerals (Op)	2%	Berwarna hitam, isotrop berukuran mineral 0.06 – 0.15 mm, sebagian berbentuk granular dan mineral yang berbentuk kubik.
Massa dasar	25%	Isotrop, glass vulkanik, sebagian teroksidasi berwarna hitam.
Komposisi Mineral Sekunder <i>Composition of Secondary Mineral</i>	Jumlah <i>Amount</i> (20%)	Keterangan Optik mineral <i>Description of Optical Mineralogy</i>
Opaque Minerals (Op)	3%	Berwarna hitam, isotrop berukuran mineral <0.01 mm, berbentuk granular tersebar pada massa dasar, diinterpretasi sebagai <i>oxide minerals</i> .
Sericite (Ser), KAl ₂ (AlSi ₃ O ₁₀)(OH) ₂	10%	Transparan, berupa serabut halus pada permukaan mineral feldspar.



DEPARTEMEN TEKNIK GEOLOGI
FAKULTAS TEKNIK, UNIVERSITAS HASANUDDIN
 Jl. Poros Malino KM.6, Bontomarannu, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan 92171
 Fax (0411) 840216, email : geologi@unhas.ac.id

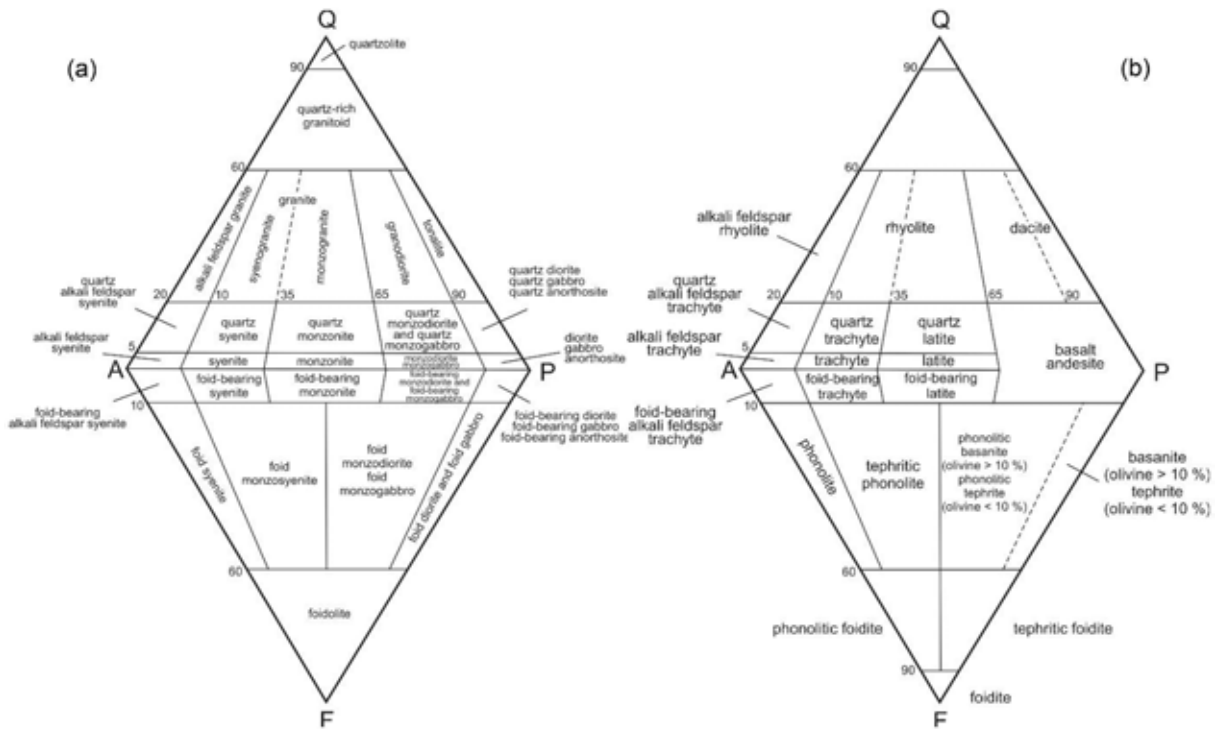
Chlorite (Chl), $(Mg, Al, Fe)_3 (Si, Al)_4 O_{10} (OH)_2$ $(Mg, Al, Fe)_3 (OH)_6$	7%	Mineral sekunder yang mengubah <i>pyroxene</i> pada bagian belahan dan <i>fracture</i> .
--	----	--



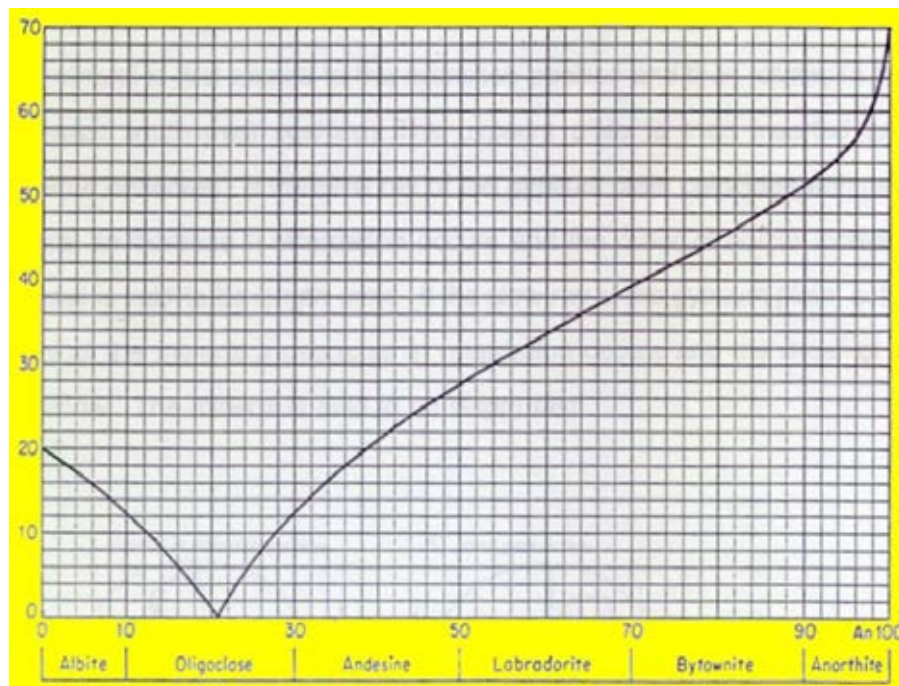
Gambar 10. Photomicrograph sayatan tipis sampel batuan *basalt* tersusun oleh mineral *plagioclase*, *pyroxene* dan *groundmass*.



DEPARTEMEN TEKNIK GEOLOGI
FAKULTAS TEKNIK, UNIVERSITAS HASANUDDIN
 Jl. Poros Malino KM.6, Bontomarannu, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan 92171
 Fax (0411) 840216, email : *geologi@unhas.ac.id*



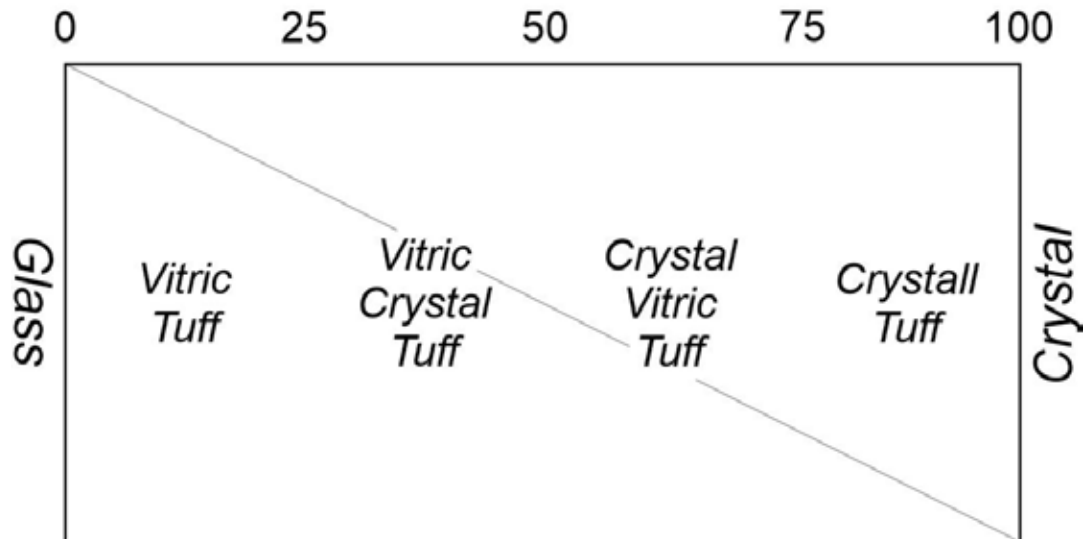
Gambar 11. Diagram QAPF, (a) Klasifikasi batuan plutonik (Streckeisen, 1976); (b) Klasifikasi batuan vulkanik (Streckeisen, 1978).



Gambar 12. Kurva jenis *plagioclase feldspars* berdasarkan besar sudut gelap pada kembaran *Calsbad* (Kerr, 1958).



DEPARTEMEN TEKNIK GEOLOGI
FAKULTAS TEKNIK, UNIVERSITAS HASANUDDIN
 Jl. Poros Malino KM.6, Bontomarannu, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan 92171
 Fax (0411) 840216, email : *geologi@unhas.ac.id*



Gambar 13. Klasifikasi batuan piroklastik (Pettijohn, 1975).

Pengujian No. : 09/SP-MT/X/2020
Pemesan : Johan Eden
Diterima Tanggal : 1 Oktober 2020
Diuji Tanggal : 2 Oktober 2020
Selesai diuji tanggal : 4 Oktober 2020

LAPORAN HASIL PENGUJIAN

Direct Shear

OKTOBER 2020



Laboratorium Mekanika Tanah

Program Studi Teknik Sipil – Fakultas Teknik, Universitas Muslim Indonesia
Jl. Urip Sumoharjo Km.05 Makassar. (90231) E-mail: labmtftsumi@outlook.com



Laboratorium Mekanika Tanah

Program Studi Teknik Sipil – Fakultas Teknik, Universitas Muslim Indonesia
Jl. Urip Sumoharjo Km.05 Makassar. (90231) E-mail: labmtftsumi@outlook.com

LAPORAN HASIL PENGUJIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini melaporkan hasil pengujian Laboratorium, yaitu:

1. Pendahuluan

- a. *Proyek/Pekerjaan* : *Penelitian Magister Teknik Geologi UNHAS*
- b. *Nama / Alamat Pemesan* : *Johan Eden*
- c. *Lokasi Contoh* : *Lemoa Kec. Manuju Kab. Gowa dan
Tinggiballa Kec. Bungaya Kab. Gowa*

2. Kegiatan Pengujian

- a. *Diterima tanggal* : *1 Oktober 2020*
- b. *Diuji tanggal* : *2 Oktober 2020*
- c. *Selesai diuji tanggal* : *4 Oktober 2020*
- d. *Jumlah dan jenis uji* : *3 Sampel*
Uji Parameter tanah di Laboratorium : Direct Shear
- e. *Acuan Standar/metode* : *ASTM*
- f. *Hasil pengujian terlampir* : *Terlampir*



Laboratorium Mekanika Tanah

Program Studi Teknik Sipil – Fakultas Teknik, Universitas Muslim Indonesia
Jl. Urip Sumoharjo Km.05 Makassar. (90231) E-mail: labmtftsumi@outlook.com

Pengujian No. : 09/SP-MT/X/2020
Lampiran : 11 Lembar
Diterima Tanggal : 1 Oktober 2020
Diuji Tanggal : 2 Oktober 2020
Selesai diuji tanggal : 4 Oktober 2020

I. Jenis Pengujian

Uji parameter tanah di Laboratorium

II. Lingkup Pekerjaan

Berdasarkan permintaan dari Pemesan, lingkup kerja meliputi :

No	Jenis pengujian	Acuan Standar/Metode
1	Direct Shear	ASTM D-3080

III. Hasil Pengujian

Hasil pengujian disajikan pada Tabel dibawah ini :

No	Jenis Pengujian	#	Unit	GT		
				1	3	4
1	Direct Shear	φ	°	32.68	32.68	25.69
		c	kg/cm ²	0.263	0.269	0.269

IV. Penutup

Demikian Laporan Pengujian ini dibuat dan dapat dipergunakan sebagaimana mestinya, Hasil uji Laboratorium ini hanya berkaitan dengan lokasi yang tercantum pada Laporan Hasil Pengujian. Atas perhatian dan kerjasamanya, diucapkan terima kasih.



Laboratorium Mekanika Tanah

Program Studi Teknik Sipil – Fakultas Teknik, Universitas Muslim Indonesia
Jl. Urip Sumoharjo Km.05 Makassar. (90231) E-mail: labmtftsumi@outlook.com

DOKUMENTASI PENGUJIAN



CONTOH TANAH



PENGUJIAN TANAH DI LABORATORIUM



Laboratorium Mekanika Tanah

Program Studi Teknik Sipil – Fakultas Teknik, Universitas Muslim Indonesia
Jl. Urip Sumoharjo Km.05 Makassar. (90231) E-mail: labmtftsumi@outlook.com

DIRECT SHEAR – UU

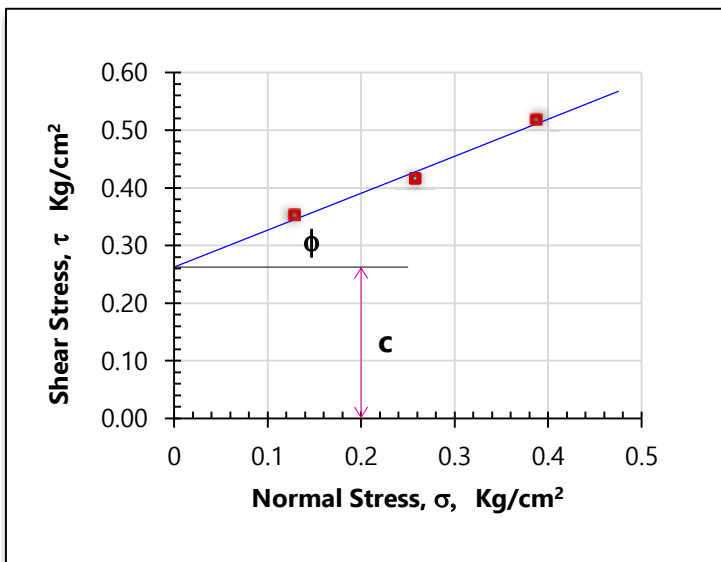
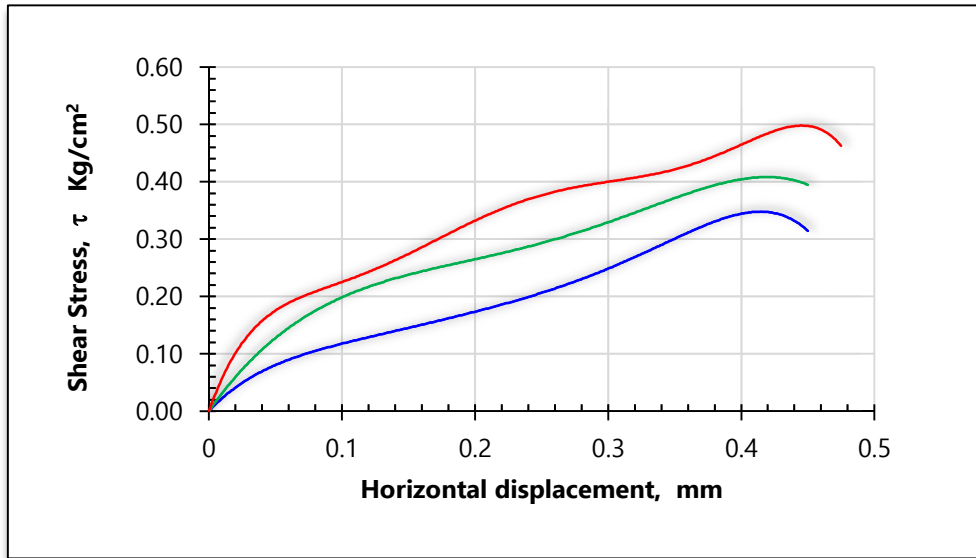
Project	: Penelitian Magister Teknik Geologi UNHAS	Sample No. : GT1 Depth : 0.2 - 0.4 meter
Location	: Lemoa Kec. Manuju Kab. Gowa	
Tested by	: Tim Lab. Mektan FTS-UMI	Date : 02/10/2020

Type of testing	: Unconsolidated Undrained (UU)
Soil	: <input checked="" type="checkbox"/> Undisturbed <input type="checkbox"/> Disturbed
Diameter (D)	: <u>5.615</u> cm
Area, $A = 1/4\pi D^2$: <u>24.762</u> cm ²
Height (t)	: <u>2.000</u> cm
Volume (V)	: <u>49.524</u> cm ³
Load Ring Constant	: <u>0.5132</u> /div
Berat Sampel (W_1)	: <u>86.6</u> g
(W_2)	: <u>100.0</u> g
(W_3)	: <u>101.4</u> g
Unit Weight (γ_1)	: <u>1.7486</u> g/cm ³
(γ_2)	: <u>2.0192</u> g/cm ³
(γ_3)	: <u>2.0475</u> g/cm ³

Normal Loading (N)		Normal Stress, $\sigma = N/A$
$N1 =$ <u>3.2</u> Kg		$\sigma1 =$ <u>0.129</u> Kg/cm ²
$N2 =$ <u>6.4</u> Kg		$\sigma2 =$ <u>0.258</u> Kg/cm ²
$N3 =$ <u>9.6</u> Kg		$\sigma3 =$ <u>0.388</u> Kg/cm ²



CURVE – DIRECT SHEAR



**Parameter
Kuat Geser**

Sudut geser dalam:
 $\phi = 32.68^\circ$
Kohesi:
 $c = 0.263 \text{ Kg/cm}^2$

Tested by

Hamka Putra Ryandani



DIRECT SHEAR – UU

Project	: Penelitian Magister Teknik Geologi UNHAS	Sample No. : GT3 Depth : 0.2 - 0.4 meter
Location	: Tinggiballa Kec. Bungaya Kab. Gowa	
Tested by	: Tim Lab. Mektan FTS-UMI	Date : 03/10/2020

Type of testing	: Unconsolidated Undrained (UU)
Soil	: <input checked="" type="checkbox"/> Undisturbed <input type="checkbox"/> Disturbed
Diameter (D)	: <u>5.615</u> cm
Area, $A = 1/4\pi D^2$: <u>24.762</u> cm ²
Height (t)	: <u>2.000</u> cm
Volume (V)	: <u>49.524</u> cm ³
Load Ring Constant	: <u>0.5132</u> /div
Berat Sampel (W_1)	: <u>88.9</u> g
(W_2)	: <u>98.8</u> g
(W_3)	: <u>103.9</u> g
Unit Weight (γ_1)	: <u>1.7951</u> g/cm ³
(γ_2)	: <u>1.9950</u> g/cm ³
(γ_3)	: <u>2.0980</u> g/cm ³

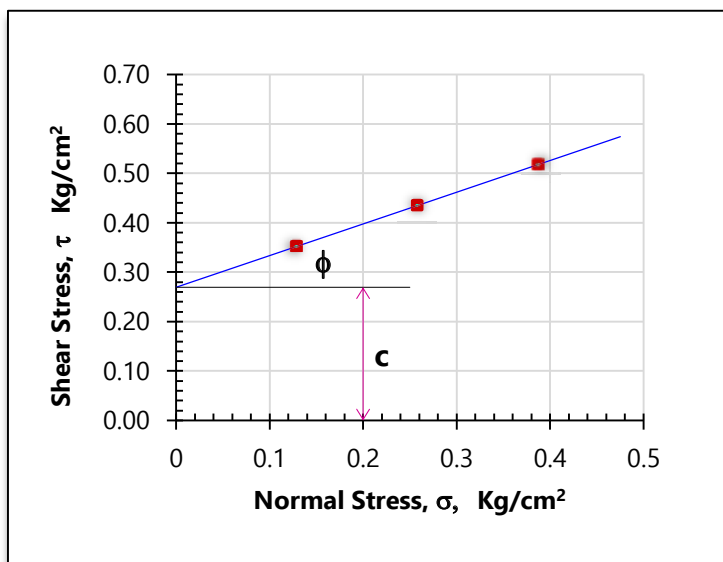
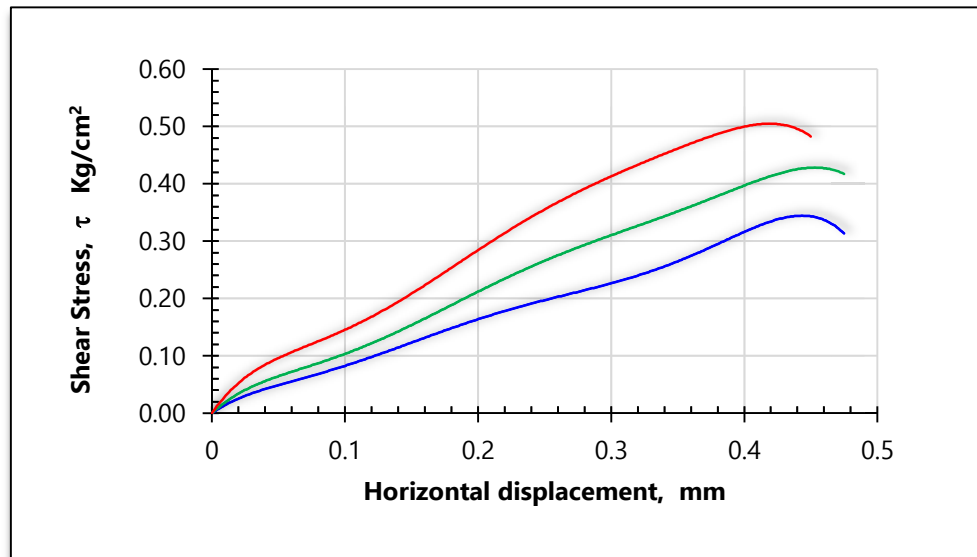
Normal Loading (N)	Normal Stress, $\sigma = N/A$
$N1 =$ <u>3.2</u> Kg	$\sigma1 =$ <u>0.129</u> Kg/cm ²
$N2 =$ <u>6.4</u> Kg	$\sigma2 =$ <u>0.258</u> Kg/cm ²
$N3 =$ <u>9.6</u> Kg	$\sigma3 =$ <u>0.388</u> Kg/cm ²



Laboratorium Mekanika Tanah

Program Studi Teknik Sipil – Fakultas Teknik, Universitas Muslim Indonesia
Jl. Urip Sumoharjo Km.05 Makassar. (90231) E-mail: labmftsumi@outlook.com

CURVE – DIRECT SHEAR



Parameter Kuat Geser

Sudut geser dalam:

$$\phi = 32.68^\circ$$

Kohesi:

$$c = 0.269 \text{ Kg/cm}^2$$

Tested by

Zulfikar Ahmad



Laboratorium Mekanika Tanah

Program Studi Teknik Sipil – Fakultas Teknik, Universitas Muslim Indonesia
Jl. Urip Sumoharjo Km.05 Makassar. (90231) E-mail: labmftsumi@outlook.com

DIRECT SHEAR – UU

Project	: Penelitian Magister Teknik Geologi UNHAS	Sample No. : GT4 Depth : 0.2 - 0.4 meter
Location	: Tinggiballa Kec. Bungaya Kab. Gowa	
Tested by	: Tim Lab. Mektan FTS-UMI	Date : 04/10/2020

Type of testing	: Unconsolidated Undrained (UU)
Soil	: <input checked="" type="checkbox"/> Undisturbed <input type="checkbox"/> Disturbed
Diameter (D)	: <u>5.615</u> cm
Area, $A = 1/4\pi D^2$: <u>24.762</u> cm ²
Height (t)	: <u>2.000</u> cm
Volume (V)	: <u>49.524</u> cm ³
Load Ring Constant	: <u>0.5132</u> /div
Berat Sampel (W_1)	: <u>98.0</u> g
(W_2)	: <u>100.7</u> g
(W_3)	: <u>103.7</u> g
Unit Weight (γ_1)	: <u>1.9788</u> g/cm ³
(γ_2)	: <u>2.0333</u> g/cm ³
(γ_3)	: <u>2.0939</u> g/cm ³

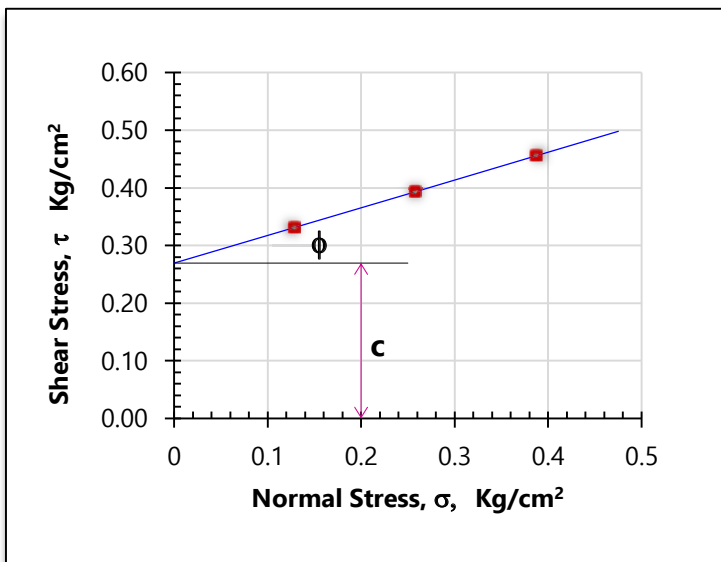
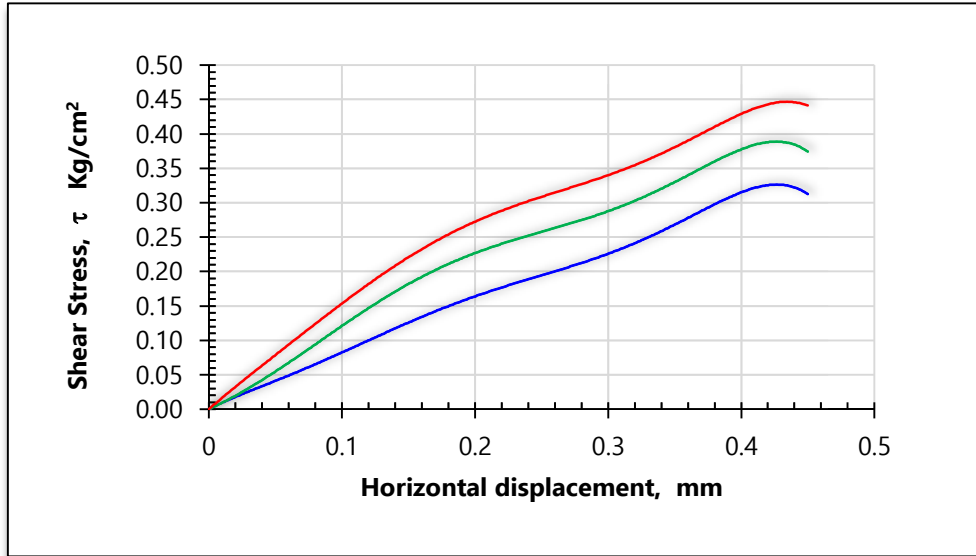
Normal Loading (N)		Normal Stress, $\sigma = N/A$
$N1 =$ <u>3.20</u> Kg		$\sigma1 =$ <u>0.129</u> Kg/cm ²
$N2 =$ <u>6.40</u> Kg		$\sigma2 =$ <u>0.258</u> Kg/cm ²
$N3 =$ <u>9.60</u> Kg		$\sigma3 =$ <u>0.388</u> Kg/cm ²



**Laboratorium
Mekanika Tanah**

Program Studi Teknik Sipil – Fakultas Teknik, Universitas Muslim Indonesia
 Jl. Urip Sumoharjo Km.05 Makassar. (90231) E-mail: labmtftsumi@outlook.com

CURVE – DIRECT SHEAR



**Parameter
Kuat Geser**

Sudut geser dalam:
 $\phi = 25.69^\circ$
 Kohesi:
 $c = 0.269 \text{ Kg/cm}^2$

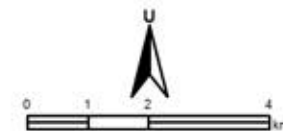
Tested by

Imam Ahmad Ghozaly



PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK GEOLOGI
FAKULTAS TEKNIK – PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN

PETA STASIUN PENGAMATAN LONGSOR



SKALA 1:125.000

Proyeksi : Transverse Mercator
Sistem Grid : Grid Universal Transverse Mercator
Datum Horizontal : WGS 1984

OLEH:
JOHAN EDEN T.
D062181001

GOWA
2020

PETA INDEKS

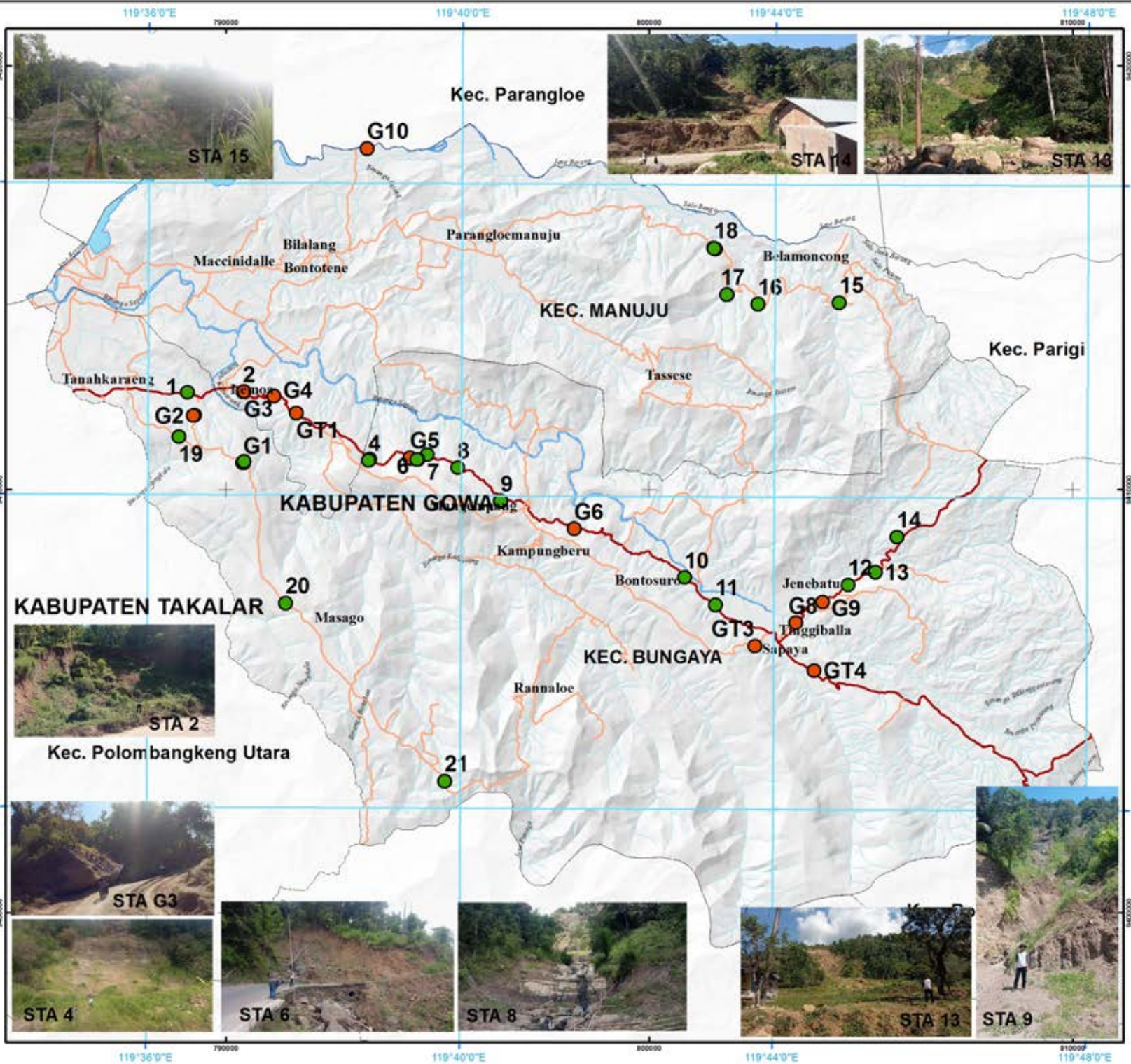


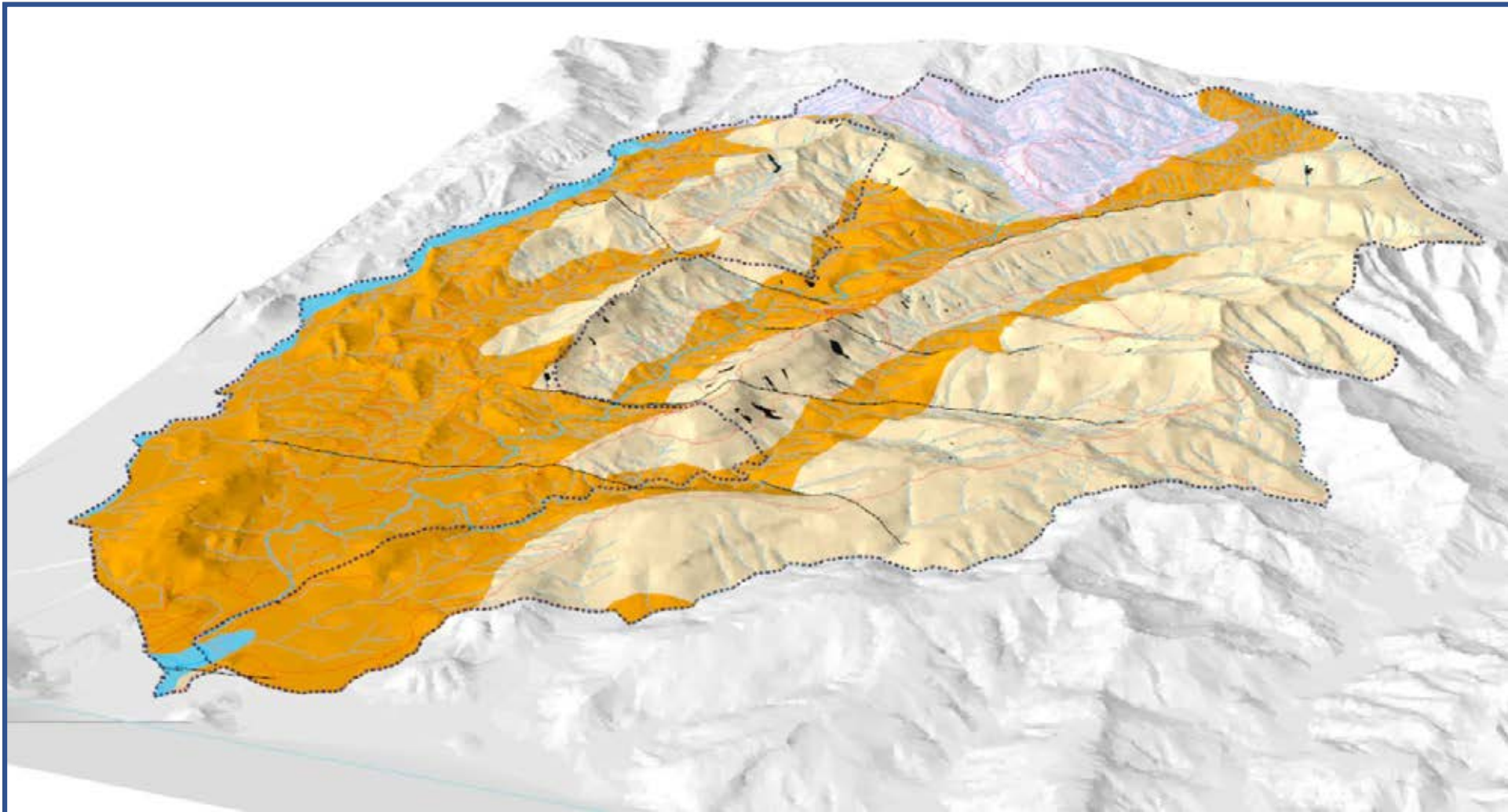
Daerah yang dipetakan

KETERANGAN:

- Stasiun**
 - Stasiun Pengamatan
 - Stasiun Pengambilan Sampel
- Batas Administrasi**
 - Batas Kabupaten
 - Batas Kecamatan
- Jalan**
 - Jalan Provinsi
 - Jalan Kabupaten
- Sungai
- Dam

Sumber :
- Peta RBI Skala 1:25.000 BIG Tahun 2012
- Citra Satelit Sentinel Tahun 2019
- Survey Lapangan Tahun 2019






PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK GEOLOGI
FAKULTAS TEKNIK – PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN

PETA GEOLOGI


SKALA 1:125.000

Proyekti : Transverse Mercator
 Sistem Grid : Grid Universal Transverse Mercator
 Datum Horizontal : WGS 1984

OLEH:
JOHAN EDEN T.
D062181001

GOWA
2020

PETA INDEKS



 Daerah yang dipetakan

KETERANGAN:

—	Batas Administrasi	—	Sesar Geser
---	Batas Kabupaten	■	Danau
---	Batas Kecamatan	■	Perbukitan
—	Jalan Provinsi	■	Alluvium
—	Jalan Kabupaten	■	Fm. Gungga Longobang
—	Sungai	■	Fm. Gungga Batuapi-Candak
—	Titik Dip	■	Fm. Cempa

Sumber :

- Peta RBI Skala 1:25.000 BIG Tahun 2012
- Peta Geologi Lembar Ujungpandang Benteng dan Sinjai (Sukanto dan Supriatna;1982)