

TESIS

**PENGGUNAAN TEKNOLOGI DRONE DALAM
GEOREFERENCING DAERAH RAWAN LONGSOR
BERBASIS ARCGIS**

***GEOREFERENCING ARCGIS-BASED LANDSLIDE-PRONE
AREA USING DRONE TECHNOLOGY***

AGUSSALIM PATOLA DM

D012191022



**PROGRAM MAGISTER DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2022**

**PENGGUNAAN TEKNOLOGI DRONE DALAM
GEOREFERENCING DAERAH RAWAN LONGSOR
BERBASIS ARCGIS**

TESIS

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Megister

Program Studi
Magister Teknik Sipil

Disusun dan Diajukan Oleh

AGUSSALIM PATOLA DM

D012191022

Kepada

**PROGRAM MAGISTER DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2022**

TESIS

PENGUNAAN TEKNOLOGI DRONE DALAM GEOREFERENCING DAERAH RAWAN LONGSOR BERBASIS ARCGIS

Disusun dan diajukan oleh:

AGUSSALIM PATOLA DM

Nomor Pokok D012191022


telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Tesis

pada tanggal 31 Januari 2022

dan dinyatakan telah memenuhi syarat

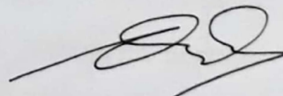
Menyetujui

Komisi Penasehat,



Prof. Dr. Ir. Abd Rachman Djamaluddin, MT.

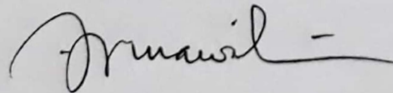
Ketua



Dr. Eng. Ardy Arsyad, ST., M.Eng.Sc

Sekretaris

Ketua Program Studi
S2 Teknik Sipil



Dr. Eng. Hj. Rita Irmawaty, S.T., M.T.

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin



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

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang betanda tangan di bawah ini :

Nama : Agussalim Patola DM

NPM : D012191022

Program Studi : S2 Teknik Sipil

Konsentrasi : Geoteknik

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul :

“Penggunaan Teknologi Drone Dalam Georeferencing Daerah Rawan Longsor Berbasis ArcGis “

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

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.

Makassar, 07 Februari 2022

Yang menyatakan,

A handwritten signature in black ink is written over a yellow 1000 Rupiah stamp. The stamp features the Garuda Pancasila emblem and the text '1000', 'METRAL TEPSEL', and 'C6DAJX621494986'.

(Agussalim Patola DM)

ABSTRAK

AGUSSALIM PATOLA DM. *Penggunaan Teknologi Drone Dalam Georeferencing Daerah Rawan Longsor Berbasis ArcGis* (dibimbing oleh **Prof. Dr. Ir. Abd Rahman Djamaluddin, MT** dan **Dr. Eng. Ardy Arsyad, ST., M.Eng, Sc**).

Pemetaan daerah rawan bencana tanah longsor sering terjadi kendala akibat akses lokasi yang tidak dapat dijangkau karena kerusakan alam dan kontur yang terlalu ekstrim sehingga diperlukan alat bantu drone dalam pengambilan data yang dapat menjangkau area bencana. Tujuan penelitian ini (1) untuk membuat referencing daerah rawan longsor menggunakan arcgis; (2) untuk menganalisis nilai tingkat aman daerah rawan longsor dengan aplikasi slide; (3) untuk mengimplementasikan fotogrametri drone dalam modeling 3d daerah rawan longsor. Metode yang digunakan adalah fotogrametri dengan pengambilan foto ortho menggunakan drone tipe mavic 2 pro dan data sekunder lapisan tanah hasil sondir di lokasi $119^{\circ}40'3.36''E - 119^{\circ}40'30.58''E$ dan $5^{\circ}19'32.53''S - 5^{\circ}20'3.69''S$. Hasil pada peta referencing daerah rawan longsor berbasis arcgis diketahui bahwa area S01 dengan FoS 0.988 pada kemiringan lereng 51° , area S02 dengan FoS 0.910 pada kemiringan lereng 47° , area S03 dengan FoS 1.008 pada kemiringan lereng 52° ; area S04 dengan FoS 1.005 pada kemiringan lereng 46° dan S05 dengan FoS 1.092 pada kemiringan lereng 32° . Dari hasil tersebut disimpulkan bahwa kondisi tanah di lokasi penelitian tergolong stabil karena FoS rata-rata berada diangka 1, sehingga data ini menjadi data awal dalam antisipasi dini dan meningkatkan kewaspadaan terhadap potensi bencana tanah longsor.

Kata kunci : Drone, Faktor aman, Fotogrametri, GIS, Longsor

ABSTRACT

AGUSSALIM PATOLA DM. *Georeferencing Arcgis-Based Landslide-Prone Area Using Drone Technology* (supervised by **Prof. Dr. Ir. Abd Rahman Djamaluddin, MT** and **Dr. Eng. Ardy Arsyad, ST., M.Eng, Sc**).

Access to regions that cannot be accessed owing to natural damage and contours that are too extreme present challenges in mapping areas prone to landslides, requiring the use of drones to retrieve data from disaster areas. The goal of this research is to (1) use arcgis to reference landslide-prone locations, (2) analyze the safe level value of landslide-prone areas using slide applications, and (3) use drone photogrammetry to model landslide-prone areas in 3D. At locations $119^{\circ}40'3.36''\text{E} - 119^{\circ}40'30.58''\text{E}$ and $5^{\circ}19'32.53''\text{S} - 5^{\circ}20'3.69''\text{S}$, photogrammetry was employed by taking ortho photographs with mavic 2 pro type drones and secondary data of the soil layer provided by sondir. The area S01 with FoS 0.988 on the slope of slope 51° , the area S02 with FoS 0.910 on the slope of slope 47° , the area S03 with FoS 1.008 on the slope of slope 52° , the area S04 with FoS 1.005 on slope 46° , and the area S05 with FoS 1.092 on slope slope 32° are all known from the referencing map of arcgis-based landslide prone areas. The concluded that the soil conditions at the research site were stable because the average FoS was at number 1, so this data became initial data in early anticipation and increasing awareness of potential landslide disasters.

Keyword : Drone, Landslide, Photogrammetry, GIS, and Safe Factor

PRAKATA

Tiada kata yang pantas penulis ucapkan kecuali puji dan syukur kehadiran Allah SWT karena atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis dengan judul **Penggunaan Teknologi Drone Dalam Georeferencing Daerah Rawan Longsor Berbasis Arcgis**. Tesis ini merupakan syarat untuk memperoleh gelar Magister Teknik pada Program Studi Teknik Sipil Universitas Hasanuddin Makassar. Teriring ucapan terima kasih serta penghargaan yang setinggi-tingginya kepada semua pihak yang telah banyak membantu dan mendukung demi rampungnya laporan ini, terutama kepada :

1. Istriku **Raden Wirawan** dan orang tuaku tercinta (**Abd Rasyid / Hajarah & Juning / Mardiaty**) yang selalu memberikan motivasi baik moral maupun spiritual dengan sabar dan ikhlas.
2. Dr. Eng. Ir. Hj. Rita Irmawati, ST., MT. selaku ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Hasanuddin Makassar dan juga selaku penasehat akademik yang telah banyak membantu penulis selama mengikuti perkuliahan
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Abd Rachman Djamiluddin, MT selaku pembimbing 1 yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan tesis ini.
4. Bapak Dr. Eng. Ardy Arsyad, ST., M.Eng, Sc selaku pembimbing II yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan tesis ini.

5. Seluruh staf dosen pengajar Pascasarjana Program Studi Teknik Sipil Universitas Hasanuddin Makassar, yang telah mendidik dan memberikan berbagai bekal pengetahuan yang tak ternilai harganya kepada penulis selama mengikuti perkuliahan.
6. Semua teman-teman senasib dan sepejuangan Pascasarjana Program Studi Teknik Sipil Universitas Hasanuddin Makassar angkatan 2019 terkhusus mahasiswa S2 Geoteknik.
7. Seluruh keluargaku tercinta.
8. Serta semua orang yang telah mendukung dalam penyusunan ini yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

Sebagai manusia yang tidak luput dari kesalahan, penulis menyadari bahwa dalam penyusunan tugas akhir ini tetap saja masih terdapat kekurangan. Untuk itu penulis sangat mengharapkan saran dan kritik yang membangun demi kesempurnaan tugas akhir ini. Akhir kata semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat baik bagi penulis pribadi maupun pembaca khususnya mahasiswa Pascasarjana Program Studi Teknik Sipil Universitas Hasanuddin Makassar.

Makassar , 07 Februari 2022

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL -----	i
HALAMAN JUDUL-----	ii
LEMBAR PENGESAHAN-----	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TESIS -----	iv
ABSTRAK-----	v
ABSTRACT-----	vi
PRAKATA-----	vii
DAFTAR ISI -----	ix
DAFTAR TABEL -----	xi
DAFTAR GAMBAR -----	xii
DAFTAR PERSAMAAN-----	xiii
BAB I PENDAHULUAN -----	1
A. Latar Belakang -----	1
B. Rumusan Masalah -----	4
C. Tujuan Penelitian -----	5
D. Manfaat Penelitian -----	5
E. Batasan Masalah -----	6
F. Glosarium-----	6
G. Sistematika Penulisan-----	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA -----	10
A. Tanah Longsor -----	10
B. Georeferencing-----	25
C. Arcgis -----	26
D. Drone -----	29
E. Fotogrametri -----	33
F. Slide -----	36
G. Roadmap Penelitian -----	40
H. Kerangka Pikir -----	42

BAB III METODE PENELITIAN	43
A. Rancangan Penelitian	43
B. Lokasi dan Waktu Penelitian	44
C. Data dan Peralatan	46
D. Metode Penelitian	47
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	49
A. Proses Fotogrametri	49
B. Nilai Faktor Aman	55
C. Pemodelan 3D	64
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	70
A. Kesimpulan	70
B. Saran	71
DAFTAR PUSTAKA	xv
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1 Faktor Penyebab terjadinya Longsor -----	11
Tabel 2 Korelasi Initial tangent constrained modulus dengan q_c -----	38
Tabel 3 Korelasi q_c dan kepadatan relatif dengan sudut geser -----	38
Tabel 4 Korelasi N-SPT dengan c_u tanah lempung-----	39
Tabel 5 Nilai Tipkal berat volume kering dan berat volume jenuh -----	39
Tabel 6 Roadmap Penelitian-----	40
Tabel 7 Jadwal Penelitian -----	45
Tabel 8 Summary Strata lapisan-----	55
Tabel 9 Titik hasil sondir jalan Sapaya S01-S05 -----	57
Tabel 10 Korelasi S01-S05-----	59
Tabel 11 Nilai FoS dan Kemiringan lereng Titik Lokasi Penelitian -----	61

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1 Skema dari penyebab dan pemicu terjadinya Longsor-----	11
Gambar 2 Mekanisme Tanah Longsor-----	14
Gambar 3 Hubungan Kadar air dan Massa Runtuhan-----	15
Gambar 4 Longsoran Jatuhan-----	16
Gambar 5 Longsoran translasi blok batu -----	17
Gambar 6 Longsoran rotasional murni-----	18
Gambar 7 Longsoran translasional -----	19
Gambar 8 Sebaran lateral -----	19
Gambar 9 Longsor Aliran -----	20
Gambar 10 Lereng tak terhingga tanpa aliran rembesan -----	22
Gambar 11 Lereng tak terhingga dengan aliran rembesan-----	23
Gambar 12 Lereng tak terhingga kondisi aliran rembesan sebagian --	24
Gambar 13 Tahapan Pemotretan Fotogrametri dengan Drone -----	36
Gambar 14 Rancangan Penelitian -----	43
Gambar 15 Peta Lokasi Penelitian jalan sapaya -----	45
Gambar 16 Proses Fotogrametri -----	49
Gambar 17 Drone mavic 2 pro dan aplikasi Pix4D -----	50
Gambar 18 Standar Ketinggian terbang drone -----	50
Gambar 19 Arah dan jarak terbang drone -----	51
Gambar 20 Penggabungan gambar aplikasi Agisoft Metashape -----	52
Gambar 21 Proses modeling Sketchup-----	53
Gambar 22 Hasil Kontur -----	54
Gambar 23 Proses Penentuan Nilai Factor Aman -----	55
Gambar 24 Analisis Faktor aman dan Kemiringan Lereng -----	59
Gambar 25 Korelasi Faktor Aman dan Kemiringan lereng -----	62
Gambar 26 Grafik Korelasi Faktor Aman dan Kemiringan lereng -----	63
Gambar 27 Hasil Modeling 3D Agisoft -----	64
Gambar 28 Proses Geomatika -----	65

Gambar 29 Hasil Vegetasi Geomatika -----	66
Gambar 30 Hasil Kontur Surfer 13 -----	67
Gambar 31 Hasil Kontur 3D ArcGis-----	67
Gambar 32 Peta Referensing -----	68
Gambar 33 Peta Referensing Pembagian Area -----	69

DAFTAR PERSAMAAN

	Halaman
Persamaan 1 Rumus faktor aman tanpa rembesan -----	22
Persamaan 2 Rumus factor aman dengan rembesan -----	23
Persamaan 3 Rumus factor aman dengan rembesan sebagian -----	24
Persamaan 4 Ground sample distance -----	35
Persamaan 5 Mohr coulomb -----	37

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Tanah merupakan lapisan teratas bumi yang paling mudah dijangkau dimana tanah terbentuk dari bebatuan yang mengalami pelapukan baik secara fisika maupun kimiawi dari ratusan hingga ribuan tahun. Menurut letak geografis dan astronominya, Indonesia memiliki banyak jenis tanah yaitu jenis tanah pasir, tanah liat, lanau, gambut dan tanah kapur. Indonesia termasuk daerah yang memiliki iklim tropis basah sehingga pelapukan tanah secara fisika disebabkan oleh pembasahan dan pengeringan terus menerus sehingga menghancurkan batuan menjadi pasir atau kerikil(Soedarmo, 2013).

Perubahan iklim yang terjadi dari tahun 2018 - 2020 berdampak langsung terhadap jumlah bencana yang terjadi. Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) mencatat ada 2.127 kejadian bencana alam di Indonesia sejak 1 Januari-22 September 2020. Tanah longsor dan banjir merupakan bencana yang paling sering terjadi, masing-masing 800 dan 593 kali. Bencana selanjutnya yang sering terjadi adalah puting beliung dan kebakaran hutan/lahan, masing-masing 489 dan 187 kali. Sedangkan, bencana yang paling sedikit terjadi adalah letusan gunung api dan gempa bumi masing-masing 8 dan 11 kali.

Berdasarkan data tersebut bencana alam yang paling sering terjadi di Indonesia di tahun 2020 adalah tanah longsor. Tanah longsor adalah perpindahan material pembentuk lereng berupa batuan, bahan rombakan, tanah, atau material campuran tersebut bergerak ke bawah atau keluar lereng. Penyebab terjadinya longsor bervariasi antara satu lokasi dengan lokasi lain, diantaranya adalah kerusakan Daerah aliran Sungai (DAS), perubahan penggunaan lahan, struktur geologi dan kemiringan lereng, sifat fisik tanah yang mudah tergelincir, curah hujan yang tinggi, sistem drainase yang buruk dan sebagainya (Nikolakopoulos et al., 2017)

Dari seluruh kejadian bencana alam di Indonesia dari Januari – September 2020 memakan korban 74 orang meninggal dan hilang, luka-luka 70 orang, dan 628.568 orang pengungsi dan terimbas. Di tahun 2019 di Sulawesi Selatan telah terjadi 32 kali bencana tanah longsor yang mengakibatkan 9 orang meninggal, 13 orang luka-luka, 1.472 orang mengungsi, dan 65 rumah rusak serta 1 fasilitas pendidikan rusak. Sedangkan pada tahun 2020, Sulawesi Selatan mengalami 9 kali longsor dimana rumah rusak 3 terendam 30 rumah (BNPB, 2020).

Tingginya tingkat kerugian yang dialami oleh masyarakat yang diakibatkan karena terjadinya bencana alam disebabkan karena kurangnya informasi yang diperoleh masyarakat akan kemungkinan bencana yang terjadi disekitarnya terkhusus untuk bencana yang paling sering terjadi yaitu tanah longsor. Oleh karena itu perlu ada identifikasi dan pemetaan wilayah potensi longsor untuk mengetahui tingkat

kerentanan suatu wilayah. Pemetaan daerah rawan bencana tanah longsor dapat dilakukan dengan pemanfaatan Sistem Informasi Geografis (SIG). SIG adalah sistem informasi khusus yang mengelola data yang memiliki informasi spasial (berreferensi keruangan). SIG juga merupakan sistem komputer yang memiliki kemampuan untuk membangun, menyimpan, mengelola dan menampilkan informasi berreferensi geografis (Bainbridge, 2017).

Saat ini, dengan kemajuan teknologi yang sangat pesat dalam beberapa tahun terakhir membuat banyak inovasi terkini yang berkaitan dengan kejadian tanah longsor di Indonesia. Beberapa peneliti yang sudah membahas diantaranya adalah Rezki Aziz Zayd 2015 dengan judul *Analisa Bencana Tanah Longsor Dengan Menggunakan Uav-Photogrammetry*, Setyanto dkk 2016 dengan judul *Analisis Stabilitas Lereng dan Penanganan Longsoran Menggunakan Metode Elemen Hingga Plaxis V.8.2.*, dan Riki rahmad dkk 2018 dengan judul *Aplikasi SIG untuk Pemetaan Tingkat Ancaman Longsor*. Akan tetapi beberapa penelitian hanya membandingkan metode terestrial dengan UAV dalam menghitung besaran dampak longsoran, menganalisis stabilisasi lereng untuk mengetahui faktor keamanan serta memetakan lokasi berdasarkan faktor penyebab tanah longsor.

Dalam proses pengambilan data di lokasi penelitian kemudahan penggunaan drone secara jarak jauh justru memberikan fleksibilitas bagi pengguna melakukan suatu misi di area tertentu atau tidak mudah di

jangkau oleh manusia. Sebagai contoh saat melakukan tinjauan di area yang terkena bencana. Saat tim penyelamat masih kesulitan menjangkau tempat tersebut untuk melakukan penyusuran dan evakuasi, satu atau beberapa drone dapat dikirim untuk menjangkau lokasi dan mengirimkan laporan dengan lebih cepat.

Sehingga dari permasalahan ini, penulis akan melakukan identifikasi dan pemetaan daerah rawan longsor dimana proses identifikasi ini menggunakan drone dan pengujian hasil sondir tanah untuk mendapatkan nilai faktor aman serta melakukan pemetaan referensi rawan longsor dengan aplikasi arcgis. Diharapkan hasil penelitian mampu membantu dalam kajian cepat bencana khususnya pada saat tanggap darurat bencana. Oleh karena itu dari latar belakang masalah ini penulis mengambil judul **Penggunaan Teknologi Drone dalam Georeferencing Daerah Rawan Longsor Berbasis Arcgis.**

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang sudah diuraikan, adapun rumusan masalah penelitian ini yaitu :

1. Bagaimana membuat referencing daerah rawan longsor menggunakan arcgis ?
2. Bagaimana menganalisis nilai tingkat aman daerah rawan longsor dengan metode neomerik ?

3. Bagaimana mengimplementasikan fotogrametri drone dalam modeling 3D daerah rawan longsor ?

C. Tujuan Penelitian

Sehubungan dengan rumusan masalah, maka yang menjadi tujuan penelitian ini adalah :

1. Untuk membuat referencing daerah rawan longsor menggunakan arcgis
2. Untuk menganalisis nilai tingkat aman daerah rawan longsor dengan aplikasi slide
3. Untuk mengimplementasikan fotogrametri drone dalam modeling 3d daerah rawan longsor

D. Manfaat Penelitian

Dengan adanya georeferencing daerah rawan longsor ini diharapkan mampu memberikan informasi dan masukan mengenai daerah yang rawan terhadap bencana tanah longsor dan upaya untuk antisipasi dini serta meningkatkan kewaspadaan terhadap bencana tanah longsor dilokasi penelitian.

E. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari penelitian ini adalah :

1. Georeferencing daerah rawan longsor berada pada jalan sapaya seluas 36 ha dengan data kontur dari foto drone dan data sekunder propertis tanah dari hasil sondir.
2. Analisis nilai tingkat aman daerah rawan longsor dengan metode noumerik dengan kondisi lereng *free* atau tidak mempertimbangkan efek getaran dan hujan.
3. Membuat peta referencing daerah rawan longsor yang sesuai dengan kondisi geoteknik di area penelitian dengan aplikasi Arcgis

F. Glosarium

Glosarium dalam penelitian Penggunaan Teknologi Drone dalam Georeferencing Daerah Rawan Longsor Berbasis Arcgis ini adalah :

1. Georeferencing

Georeferencing merupakan proses pemberian reference geografi dari objek berupa raster atau image yang belum mempunyai acuan sistem koordinat ke dalam sistem koordinat dan proyeksi tertentu

2. Tanah Longsor

Tanah longsor adalah perpindahan material pembentuk lereng berupa batuan, bahan rombakan, tanah, atau material campuran tersebut, bergerak ke bawah atau keluar lereng

3. ArcGis

ArcGIS adalah paket perangkat lunak yang terdiri dari produk perangkat lunak sistem informasi geografis (SIG) yang diproduksi oleh Esri. Sistem Informasi Geografis adalah informasi sistem komputerisasi yang memungkinkan penangkapan, pencatatan, manipulasi, penemuan kembali, analisis, dan presentasi data acuan geografis, sebagai fasilitas untuk menyiapkan, merepresentasikan, dan menginterpretasi fakta-fakta yang berkaitan dengan permukaan bumi.

4. Fotogrametri

Fotogrametri adalah suatu metode pemetaan objek-objek dipermukaan bumi yang menggunakan foto udara sebagai media, dimana dilakukan penafsiran objek dan pengukuran geometri untuk selanjutnya dihasilkan peta garis maupun peta foto.

5. Slide

Slide adalah salah satu program aplikasi komputer berdasarkan metode elemen hingga dua dimensi yang digunakan secara khusus untuk menganalisis factor aman lereng.

6. Drone

Drone merupakan pesawat tanpa pilot. Pesawat ini dikendalikan secara otomatis melalui program komputer yang dirancang, atau melalui kendali jarak jauh dari pilot yang terdapat di dataran atau di kendaraan lainnya.

G. Sistematika Penulisan

Sistematika pembahasan yang akan diuraikan dalam penelitian ini terbagi dalam bab-bab dengan komposisi sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, serta sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas dasar-dasar teori yang didapatkan dari berbagai sumber terkait, Roadmap Penelitian dan kerangka pikir penelitian.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini terdiri dari beberapa sub bab yaitu rancangan penelitian, lokasi dan waktu penelitian, data dan peralatan serta metode penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menguraikan tentang proses penelitian, dan pembahasan tentang hasil penelitian yaitu berupa nilai factor aman dilokasi penelitian dan peta referencing dari lokasi penelitian.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini terdiri dari kesimpulan dari hasil penelitian dan saran saran untuk penelitian selanjutnya

BAB II

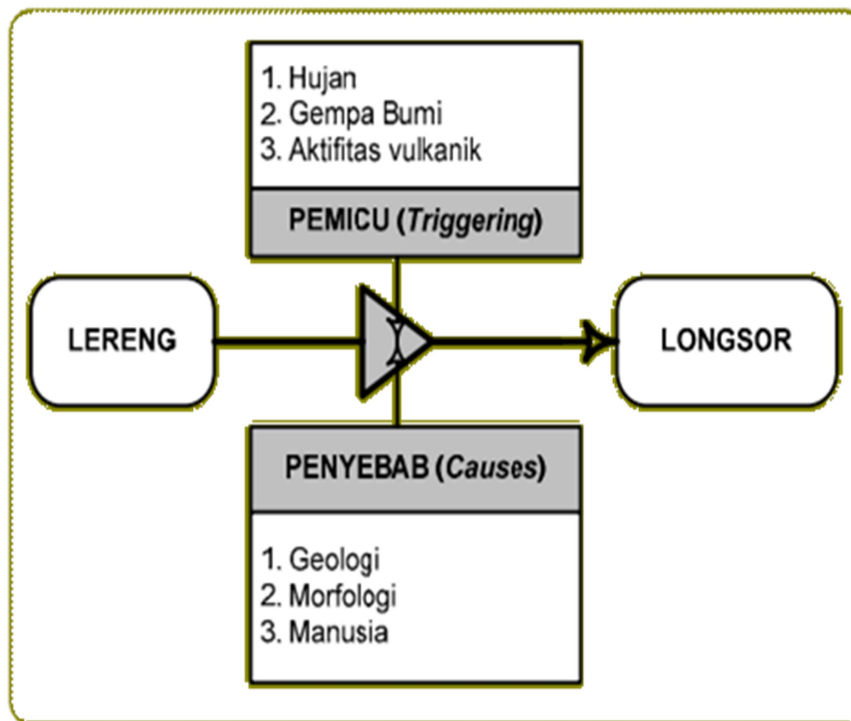
TINJAUAN PUSTAKA

A. Tanah Longsor

Tanah longsor adalah proses perpindahan atau pergerakan massa tanah dengan arah miring atau vertikal dari kedudukan semula, hal tersebut merupakan akibat dari adanya gaya dorong. Selain itu tanah longsor merupakan proses perpindahan suatu massa batuan/tanah akibat gaya gravitasi (Bainbridge, 2017). Dapat pula diartikan bahwa tanah longsor merupakan bentuk erosi dimana pengangkutan atau gerakan massa tanah terjadi pada suatu saat dalam volume yang relatif besar. Tanah longsor berkaitan langsung dengan berbagai sifat fisik alami seperti struktur geologi, bahan induk, tanah, pola drainase, lereng/bentuk lahan, hujan maupun sifat-sifat nonalami yang bersifat dinamis seperti penggunaan lahan dan infra-struktur (Rahmad et al., 2018).

Longsor atau sering disebut gerakan tanah adalah suatu peristiwa *geologi* yang terjadi karena pergerakan *massa* batuan atau tanah dengan berbagai tipe dan jenis seperti jatuhnya bebatuan atau gumpalan besar tanah. Secara umum kejadian longsor disebabkan oleh dua faktor yaitu faktor pendorong dan faktor pemicu. Faktor pendorong adalah faktor-faktor yang memengaruhi kondisi material sendiri, sedangkan faktor pemicu adalah faktor yang menyebabkan Bergeraknya

material tersebut (Ramkrishnan et al., 2017). Gambar 1 menunjukkan skema dari penyebab dan pemicu terjadinya longsor dan Tabel 1 Faktor penyebab Longsor.



Gambar 1. Skema dari penyebab dan pemicu terjadinya Longsor (Sumber :Muntohar, 2010).

Tabel 1. Faktor Penyebab terjadinya Longsor

Kelompok Faktor Penyebab	Sumber Penyebab
Faktor Geologi	<ul style="list-style-type: none"> a. Lapisan batuan yang lemah dan sensitive 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 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 tanah c. Penambangan d. Getaran getaran buatan, seperti percobaan nuklir

(Sumber :Muntohar, 2010).

Menurut Dwikorita kawasan yangrawan akan longsor adalah sebagai berikut :

1. Kondisi alamiah :

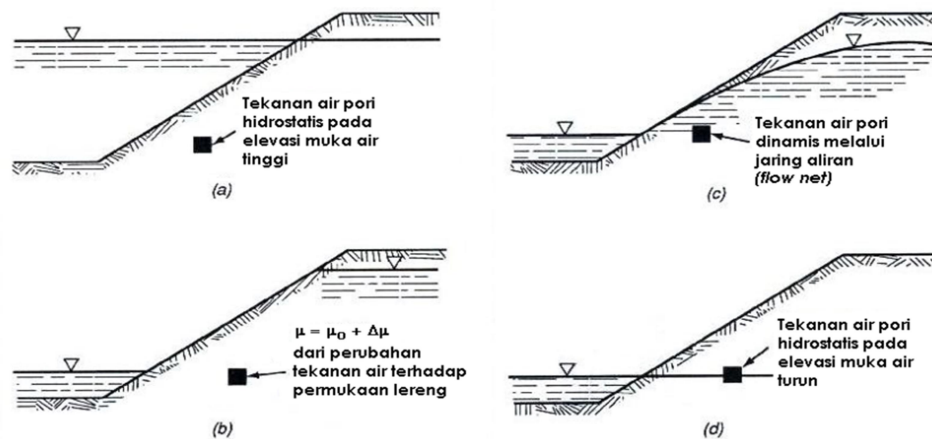
- a. Kondisi lereng yang biasanya mempunyai kemiringan lereng dari 20⁰.
- b. Kondisi tanah atau batuan penyusun lereng, umumnya lereng yang tersusun oleh :

- 1) Tumpukan massa tanah gembur/lepas-lepas yang menumpang diatas permukaan tanah atau batuan yang lebih kedap dan kompak.
- 2) Lapisan tanah atau batuan yang miring searah dengan kemiringan lereng.

- 3) Adanya struktur geologi yang miring searah dengan kemiringan lereng. Struktur geologi ini dapat merupakan bidang-bidang lemah, sehingga massa tanah sensitif bergerak disepanjang bidang-bidang lemah tersebut.
 - c. Kondisi hidrologi lereng, terutama kondisi akuifer dan kedudukan muka air tanah dalam lereng.
2. Kondisi non alamiah :
- a. Bertambahnya pembeban pada lereng, misal adanya konstruksibangunan atau meresapnya air dari permukaan.
 - b. Hilangnya penahan pada lereng karena penggalian dibawah lereng
 - c. Aktivitas manusia, mencakup pola penggunaan lahan yang dilakukan oleh manusia.

Kelongsoran dapat terjadi pada setiap macam lereng, akibat berat tanah sendiri, ditambah dengan pengaruh yang besar dari rembesan air tanah, serta gaya lain dari luar lereng (Setyanto et al., 2016). Secara mekanika disebabkan oleh dua komponen yaitu meningkatnya tegangan geser dan berkurangnya kuat geser. Peningkatan tegangan geser dapat disebabkan karena beberapa hal yaitu :

- 1) Penambahan beban pada lereng seperti penambahan struktur bangunan dan timbunan di bagian atas lereng.
- 2) Meniadakan struktur perkuatan karena pemotongan dan pemindahan bagian kaki lereng, atau keruntuhan lereng yang tertahan (*retarded slope failure*),
- 3) Perubahan tinggi muka air tanah yang sangat cepat pada lereng (*sudden drawdown*) seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Mekanisme Tanah Longsor berdasar pada perubahan tinggi muka air.
- 4) Gaya dari gempa bumi yang menyebabkan meningkatnya gaya yang mendorong blok tanah pada arah horizontal.

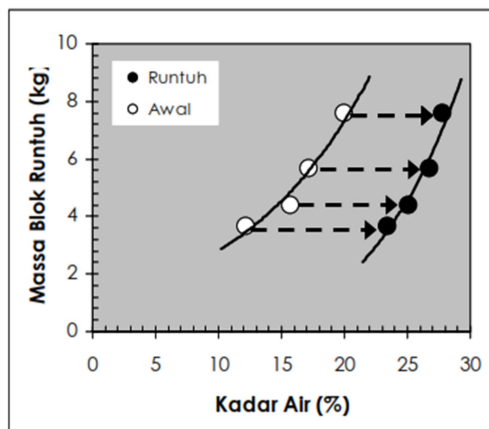


Gambar 2. Mekanisme Tanah Longsor berdasar pada perubahan tinggi muka air.
(Sumber :Muntohar, 2010).

Selanjutnya berkurangnya kuat geser dapat ditimbulkan karena beberapa faktor yaitu :

- 1) Meningkatnya tekanan air pori karena infiltrasi air ke dalam lereng, debit air yang tidak terkontrol pada saluran drainase, atau gempa bumi yang mengakibatkan naiknya tekanan air pori.
- 2) Tanah pada lereng mengandung mineral lempung yang mengembang sehingga mudah menyerap air tetapi dapat menghilangkan lekatan tanah.
- 3) Pelapukan dan degradasi fisika – kimia karena pertukaran ion, proses hidrolisis, penggaraman.
- 4) Keruntuhan yang bertahap karena penguatan regangan geser (shear strain softening)(Muntohar, 2010).

Kekuatan geser tanah akan berkurang apabila mempunyai kadar air yang tinggi atau dalam kondisi yang sangat jenuh air. Peningkatan kadar air tanah hingga mencapai keruntuhan ditunjukkan dalam Gambar 3. Hubungan kadar air dan massa runtuh.



Gambar 3. Hubungan Kadar air dan Massa Runtuhan
(Sumber :Muntohar, 2010).

Dilihat dari mekanisme longsorannya (Ramkrishnan et al., 2017), tanah longsor dapat diklasifikasikan menjadi lima macam yaitu :

1. Jatuhan (*falls*)

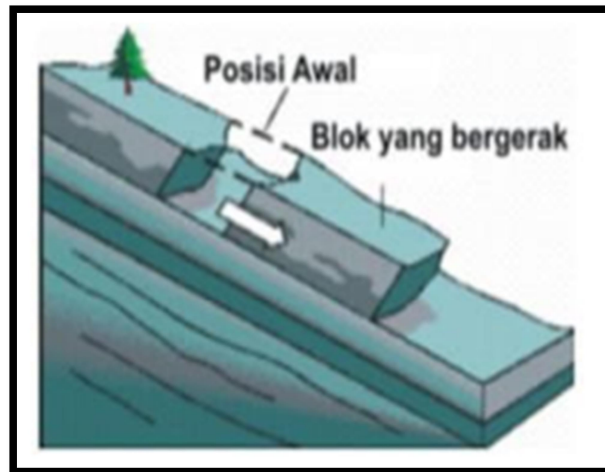
Umumnya material longsor baik berupa batu maupun tanah bergerak cepat hingga sangat cepat. Tipe gerakan ini terjadi pada lereng terjal seperti tebing atau tegak yang terdiri dari batuan yang mempunyai bidang-bidang tidak menerus.



Gambar 4. Longsor Jatuhan
(Sumber : Pasektiono, 2016)

2. Pergerakan Blok

Pergerakan blok adalah bergeraknya batuan pada bidang gelincir berbentuk rata. Longsor ini disebut longsor translasi blok batu.



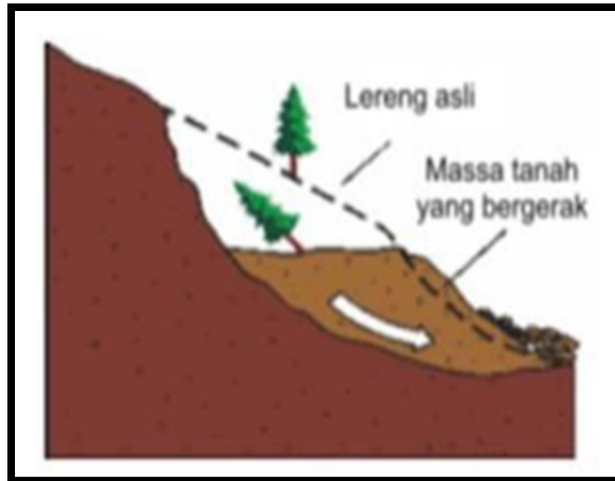
Gambar 5. Longsoran translasi blok batu
(Sumber : Pasektiono, 2016)

3. Longsoran (*slides*)

Gerakan material pembentuk lereng yang diakibatkan oleh terjadinya kegagalan geser, disepanjang satu atau lebih bidang longsor. Material longsoran bergerak lambat dengan bekas longsoran berbentuk tapal kuda. Massa tanah yang bergerak bisa menyatu atau terpecah-pecah. Berdasarkan geometri bidang gelincirnya, longsoran dibedakan dalam dua jenis, yaitu longsoran rotasional dan Longsoran translasional.

a. Longsoran rotasional

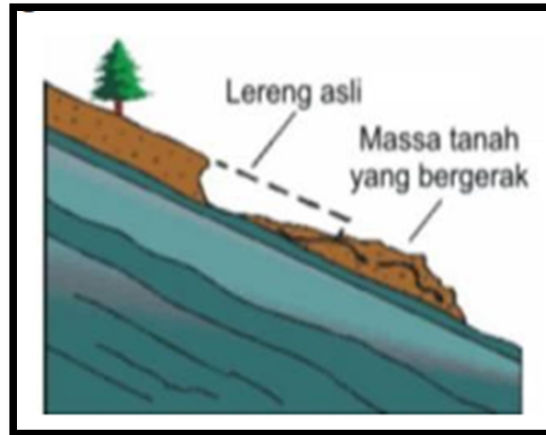
Longsoran rotasional (*rotational slides*) mempunyai bidang longsor melengkung ke atas, dan sering terjadi pada massa tanah yang bergerak dalam satu kesatuan. Longsoran rotasional murni (*slump*) terjadi pada material yang relatif homogen seperti timbunan batuan (tanggul).



Gambar 6. Longsoran rotasional murni
(Sumber : Pasektiono, 2016)

b. Longsoran translasional

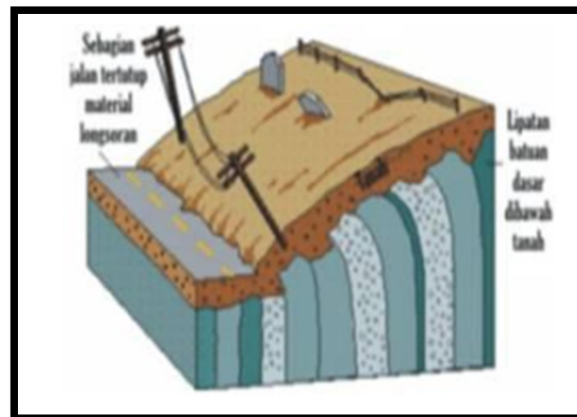
Longsoran translasional merupakan gerakan disepanjang *diskontinuitas* atau bidang lemah yang secara pendekatan sejajar dengan permukaan lereng sehingga gerakan tanah secara *translasi*. *Translasi* terjadi di sepanjang lapisan tipis pasir atau lanau pada tanah lempung, khususnya bila bidang lemah tersebut sejajar dengan lereng yang ada. Longsoran *translasi* lempung yang mengandung lapisan pasir atau lanau, dapat disebabkan oleh tekanan airpori yang tinggi dalam pasir atau lanau tersebut.



Gambar 7. Longsoran translasional
(Sumber : Pasektiono, 2016)

4. Sebaran (*spreads*)

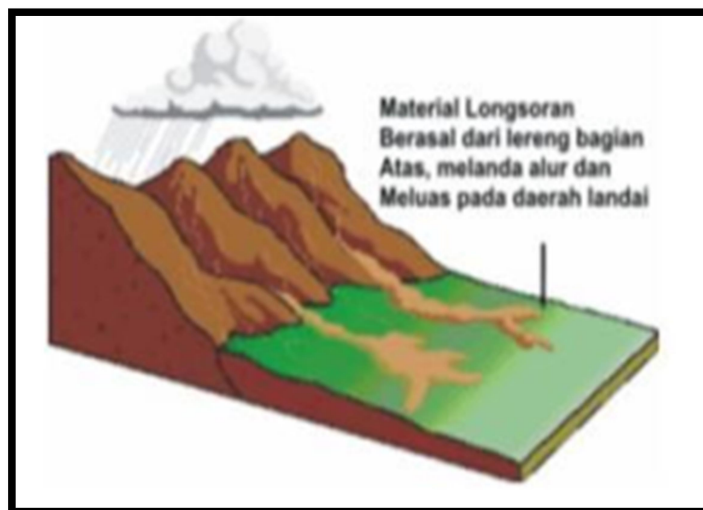
Termasuk longsoran *translasional* dan disebut sebaran lateral (*lateral spreading*), adalah kombinasi dari meluasnya massa tanah dan turunnya massa batuan terpecah-pecah ke dalam material lunak dibawahnya. Permukaan bidang longsor tidak berada di lokasi terjadinya geseran terkuat. Sebaran dapat terjadi akibat *liquefaction* tanah *granuler* atau keruntuhan tanah kohesif lunak di dalam lereng.



Gambar 8. Sebaran lateral
(Sumber : Pasektiono, 2016)

5. Aliran (*flows*)

Gerakan hancuran material kebawah lereng dan mengalir seperti cairan kental dengan kecepatan tinggi serta bergerak cepat dan mendadak. Aliran sering terjadi dalam bidang relatif sempit. Material yang terbawa oleh aliran dapat terdiri dari berbagai macam tanah (termasuk batu-batu besar), kayu-kayuan, ranting, dan lain-lain(Pasektiono, 2016).



Gambar 9. Longsor Aliran
(Sumber : Pasektiono, 2016)

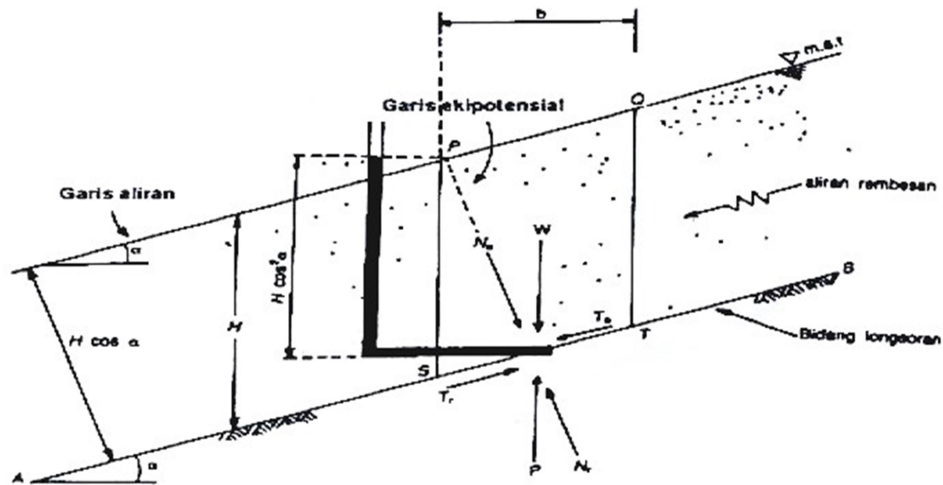
Dalam menghadapi persoalan longsoran, ada dua cara untuk membuat lereng supaya menjadi lebih aman dan mantap, yaitu :

1. Memperkecil gaya penggerak atau momen penggerak, yaitu dengan mengubah bentuk lereng. Cara yang dilakukan yaitu :
 - a. Membuat lereng lebih datar, yaitu dengan mengurangi sudut kemiringan.

- b. Memperkecil ketinggian lereng, cara ini hanya dapat dipakai pada lereng yang ketinggiannya terbatas, yaitu dalam hal kelongsoran yang bersifat "*rational slide*".
2. Memperbesar gaya melawan, yang dapat dilakukan dengan beberapa cara, yaitu
- a. Dengan memakai *counterweight* yaitu tanah timbunan pada kaki lereng.
 - b. Dengan mengurangi tegangan air pori di dalam lereng,
 - c. Dengan cara injeksi, yaitu dengan menambah tanah timbunan pada kaki lereng, membuat selokan secara teratur pada lereng dengan mengurangi tegangan air pori pada tanah, dengan menambahn bahan kimia atau semen dipompa melalui pipa supaya masuk ke dalam lereng
 - d. Dengan cara mekanis, yaitu dengan membuat dinding penahan atau dengan memancang tiang. Cara ini dilakukan jika lereng tersebut mempunyai tingkat kelongsoran yang kecil. (Setyanto et al., 2016)

Dari cara penanganan lereng supaya lebih aman dapat pula ditentukan dengan faktor aman. Faktor keamanan (FS) lereng diperoleh dengan mencari bidang lemah pada struktur lapisan tanah/batuan. FS diperoleh dengan cara mengurangi nilai kohesi dan sudut geser dalam tanah secara bertahap, hingga lapisan tanah/batuan mengalami longsor (Souisa et al., 2018).

Contoh pertama suatu lereng tak terhingga dalam kondisi tanpa rembesan, akan ditentukan faktor aman lereng setebal H pada bidang longsor AB sesuai gambar 10 dalam lereng yang tidak terdapat aliran air tanah.



Gambar 10. Lereng tak terhingga tanpa aliran rembesan
(Sumber : Setyanto et al., 2016)

$$F = \frac{c}{\gamma H \cos^2 \alpha \tan} + \frac{\tan \varphi}{\tan \alpha} \quad [1]$$

Rumus Faktor Aman Tanpa Rembesan

(Sumber : Setyanto et al., 2016)

Dengan,

F = Faktor aman

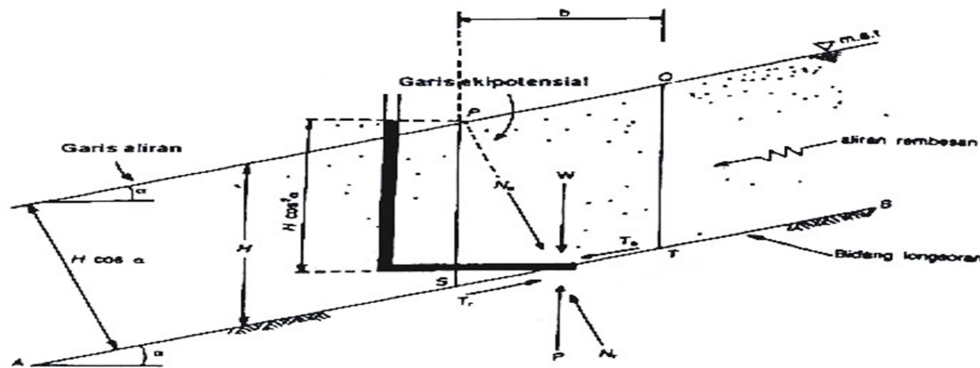
c = Kohesi (kN/m)

φ = Sudut geser dalam tanah ($^{\circ}$)

α = Sudut kemiringan lereng ($^{\circ}$)

γ = Berat volume tanah (kN/m³)

Kedua, suatu lereng tak terhingga dengan kemiringan lereng sebesar α , dengan muka air tanah dianggap terdapat pada permukaan tanah, diperlihatkan pada Gambar 11. Ditinjau elemen PQTS, gaya-gaya yang bekerja pada permukaan-permukaan PS dan QT besarnya sama, jadi saling meniadakan. Selanjutnya akan dievaluasi faktor aman terhadap kemungkinan longsor di sepanjang bidang AB yang terletak pada kedalaman H di bawah permukaan tanah.



Gambar 11. Lereng tak terhingga dengan aliran rembesan

(Sumber : Setyanto et al., 2016)

$$F = \frac{C}{\gamma_{sat} H \cos^2 \alpha \tan \alpha} + \frac{\gamma' \tan \phi}{\gamma_{sat} \tan \alpha} \quad [2]$$

Rumus Faktor Aman dengan Rembesan

(Sumber : Setyanto et al., 2016)

Dengan,

F = Faktor aman

c = Kohesi (kN/m)

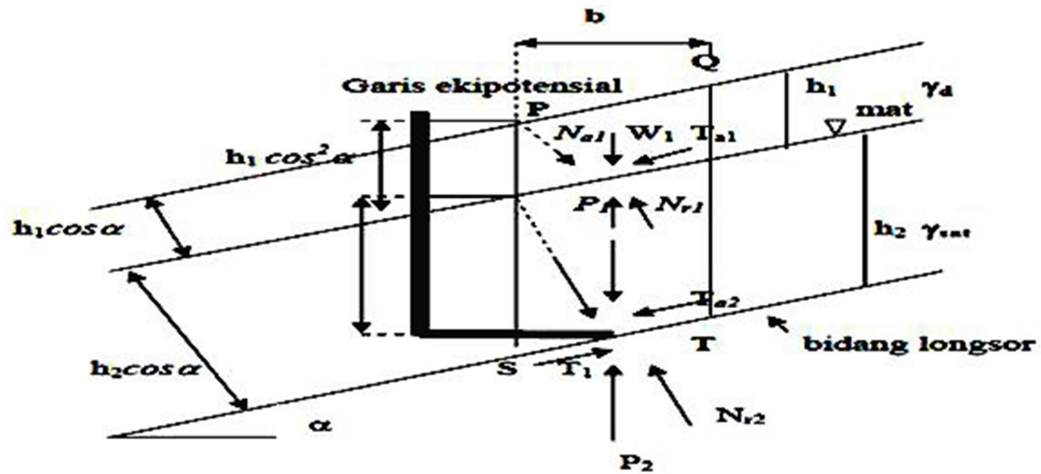
ϕ = Sudut geser dalam tanah ($^{\circ}$)

α = Sudut kemiringan lereng ($^{\circ}$)

γ_{sat} = Berat volume jenuh tanah (kN/m³)

γ' = Berat volume efektif tanah (kN/m³)

Ketiga, kondisi dengan rembesan sebagian Tanah Jenuh dan sebagian Tanah tidak Jenuh



Gambar 12. Lereng tak terhingga dengan kondisi aliran rembesan sebagian
(Sumber : Setyanto et al., 2016)

$$F = \frac{c + [(\gamma_d h_1 + \gamma' h_2) \cos^2 \alpha] \tan \alpha}{(\gamma_d h_1 + \gamma_{sat} h_2) \cos \alpha \tan \alpha} \quad [3]$$

Rumus factor aman dengan rembesan sebagian
(Sumber : Setyanto et al., 2016)

Dengan,

F = Faktor aman

c = Kohesi (kN/m)

ϕ = Sudut geser dalam tanah ($^{\circ}$)

α = Sudut kemiringan lereng ($^{\circ}$)

γ_{sat} = Berat volume jenuh tanah (kN/m²)

γ_d = Berat volume kering tanah (kN/m³)

γ' = Berat volume efektif tanah (kN/m³) (Setyanto et al., 2016)

B. Georeferencing

Georeferencing merupakan proses pemberian reference geografi dari objek berupa raster atau image yang belum mempunyai acuan sistem koordinat ke dalam sistem koordinat dan proyeksi tertentu(SDAF, 2018). Proses ini memerlukan data raster dan vektor yang sudah mempunyai referensi spasial.

Sumber data dalam georeferencing adalah

1. Citra Satelit

Citra satelit digunakan untuk melihat permukaan bumi yang lebih luas. Akan tetapi, resolusi citra lebih rendah dibandingkan dengan foto udara.

2. Foto Udara

Foto udara digunakan untuk melihat permukaan bumi yang lebih sempit. Foto udara dilakukan dengan wahana pesawat terbang.

3. Peta digital

Merupakan sumber yang diperoleh dari hasil proses SIG.

4. Peta analog

Peta analog merupakan peta yang sudah dicetak. Dalam georeferencing yaitu peta dengan sistem koordinat meter dan geografis.

5. Data Lapangan

Berupa data koordinat yang didapatkan dari pengukuran GPS.

Acuan data yang digunakan dalam georeferencing berupa raster dan vektor. Raster merupakan citra satelit, foto udara dan peta hasil scanning yang dijadikan bahan georeferencing. Sedangkan vektor terdiri dari tiga macam yaitu titik, garis dan area. Vektor akan menjadi acuan dalam penentuan titik kontrol yang akan menghasilkan nilai koordinat.

Data vektor dan data raster menjadi acuan dalam menentukan referensi spasial dalam proses georeferencing. Proses ini diperlukan ketika akan melakukan input data berupa data raster (hasil scan) ke dalam SIG(ARCGIS)(Yarnell, 2007).

C. ArcGis

ArcGIS adalah paket perangkat lunak yang terdiri dari produk perangkat lunak sistem informasi geografis (SIG) yang diproduksi oleh Esri. Teknologi *Geographic Information System* atau Sistem Informasi Geografis (SIG) saat ini telah meliputi berbagai bidang dan kegiatan, dari organisasi pemerintah hingga swasta, untuk kegiatan perencanaan maupun pemantauan. Berikut adalah beberapa definisi SIG yaitu :

1. Menurut Aronof 1989, SIG adalah sistem yang berbasis komputer (CBIS) yang digunakan untuk menyimpan dan memanipulasi informasi-informasi geografis. SIG dirancang untuk mengumpulkan, menyimpan, dan menganalisis objek objek dan

fenomena di mana lokasi geografis merupakan karakteristik yang penting atau kritis untuk dianalisis.

2. Menurut Chrisman, 1997, SIG adalah sistem yang terdiri dari perangkat keras, perangkat lunak, data, manusia (*brainware*), organisasi dan lembaga yang digunakan untuk mengumpulkan, menyimpan, menganalisis, dan menyebarkan informasi mengenai daerah-daerah di permukaan bumi.
3. Menurut Bern 1992, SIG adalah sistem komputer yang digunakan untuk memanipulasi data geografis.
4. Menurut Demers, 1997, SIG adalah sistem komputer yang digunakan untuk mengumpulkan, memeriksa, mengintegrasikan, dan menganalisis informasi-informasi yang berhubungan dengan permukaan bumi.
5. Menurut Gistut, 1994 SIG adalah sistem yang dapat mendukung (proses) pengambilan keputusan (terkait aspek) spasial dan mampu mengintegrasikan deskripsi-deskripsi lokasi dengan karakteristik-karakteristik fenomena yang ditemukan di lokasi tersebut.

Dari beberapa definisi SIG di atas maka dapat disimpulkan bahwa SIG merupakan sebuah sistem atau teknologi berbasis komputer yang dibangun dengan tujuan untuk mengumpulkan, menyimpan, mengolah dan menganalisa, serta menyajikan data dan informasi dari suatu objek atau fenomena yang berkaitan dengan letak atau keberadaannya di permukaan bumi.

SIG merupakan alat yang bermanfaat untuk menangani data spasial di dalam data SIG yang tersimpan dengan format digital. Jumlah data yang besar dapat disimpan dan diambil kembali secara cepat dengan biaya yang rendah dengan memanfaatkan sistem informasi berbasis kerja komputer(Hartoyo et al., 2010).

Keunggulan SIG yang lainnya adalah kemampuan manipulasi dan analisis data spasial dengan mengkaitkan data dan informasi atribut untuk menyatukan tipe data yang berbeda kedalam suatu analisis tunggal. SIG terdiri dari beberapa komponen, yaitu komponen masukan data, pengolahan data, manipulasi dan analisis data serta keluaran data.

1. Komponen Masukan Data.

Komponen masukan data merupakan sumber data yang dapat digunakan dalam SIG. Sumber data ini antara lain berupa peta-peta, foto udara, citra satelit, data lapangan maupun tabel-tabel. Komponen ini harus dapat menjamin konsistensi kualitas data dalam proses pemasukan dan penerimaan data agar hasilnya benar dan dapat dimanfaatkan. Tahap masukan data sebaiknya menggunakan data yang jelas berasal dari mana dan datanya valid, tidak sembarangan dalam pembuatannya.

2. Komponen Pengolahan Data.

Komponen pengolahan data SIG meliputi fungsi-fungsi yang dibutuhkan untuk menyimpan atau menimbun dan memanggil

kembali data yang telah disimpan. Pengolahan yang dilakukan merupakan proses-proses yang dilakukan untuk mendapatkan hasil penelitian. Proses ini juga untuk mengurangi, menambah, ataupun memperbaharui data.

3. Komponen Manipulasi dan Analisis Data

Fungsi-fungsi manipulasi dan analisis data membedakan informasi yang dapat dihasilkan oleh SIG. Komponen ini dapat digunakan untuk mengubah format data dan memperoleh parameter.

4. Komponen Keluaran Data

Komponen ini berfungsi untuk menayangkan informasi dan hasil analisis data spasial secara kualitatif maupun kuantitatif yang berupa peta-peta ataupun tabel-tabel dan data statistik. SIG yang digunakan pada penelitian ini dimulai dari proses pengolahan parameter parameter yang akan digunakan hingga output yang berupa peta hasil penelitian beserta *layouting* (Hartoyo et al., 2010).

D. Drone

Drone, yang lebih dikenal *Unmanned Aerial Vehicle (UAV)* awalnya dikembangkan untuk kebutuhan militer. Menurut sejarahnya, ide pengembangan pesawat tanpa pilot sudah ada sejak 22 Agustus 1849. Drone merupakan pesawat tanpa pilot. Pesawat ini dikendalikan secara otomatis melalui program komputer yang dirancang, atau melalui

kendali jarak jauh dari pilot yang terdapat di dataran atau di kendaraan lainnya (Baiocchi et al., 2014).

Drone adalah salah satu jenis wahana tanpa awak yang memiliki empat motor yang dilengkapi dengan empat *propeller* pada masing-masing motornya yang digunakan untuk terbang dan bermanuver. Masing-masing rotor (baling-baling dan motor penggerakannya) menghasilkan daya angkat dan memiliki jarak yang sama terhadap pusat massa wahana. Dengan daya angkat masing-masing rotor sebesar lebih dari seperempat berat keseluruhan, memungkinkan drone untuk terbang (Utomo, 2018).

Berdasarkan jenisnya, terdapat dua jenis drone, yaitu multicopter dan fixed wing. Fixed wing memiliki bentuk seperti pesawat terbang biasa yang dilengkapi sistem sayap. Tipe fix-winged memerlukan desain aerodinamika pada sayap dan badannya sehingga perancangannya cukup rumit. Sedangkan multicopter yaitu jenis drone yang memanfaatkan putaran baling-baling untuk terbang. Multicopter dibagi lagi menjadi dua yaitu single-rotor dan multi-rotor. Tipe single-rotor berbentuk seperti helikopter menggunakan baling-baling tunggal, sedangkan multi-rotor menggunakan 3 sampai 8 baling-baling.

Kemudahan mengatur pesawat tanpa awak ini secara jarak jauh justru memberikan fleksibilitas bagi pengguna melakukan suatu misi di area tertentu atau tidak mudah dijangkau oleh manusia. Sebagai contoh saat melakukan tinjauan di area yang terkena bencana. Saat tim

penyelamat masih kesulitan menjangkau tempat tersebut untuk melakukan penyusuran dan evakuasi, satu atau beberapa drone dapat dikirim untuk menjangkau lokasi dan mengirimkan laporan dengan lebih cepat.

Drone memiliki beberapa kelebihan yang membuatnya cocok untuk melakukan pekerjaan tertentu. Drone tidak memerlukan landasan pacu untuk terbang, karena drone dapat terbang vertikal. Selain itu drone juga dapat bergerak kedelapan arah mata angin. Drone juga memiliki beberapa kekurangan, diantaranya drone hanya bergerak dalam jangka waktu yang pendek. Hal ini dikarenakan sumber tenaga dari drone adalah baterai yang memiliki kapasitas terbatas. Jangka waktu tersebut secara tidak langsung akan mempengaruhi kapasitas bawaan, kecepatan terbang, dan jarak tempuh dari drone. Drone termasuk robot terbang yang setiap pergerakannya dipengaruhi oleh kecepatan dari keempat motornya (Publishig, 2016).

Misalnya DJI Mavic 2 Pro . DJI Mavic 2 Pro merupakan produk upgrade dari DJI Mavic Pro (DJI Mavic 1 Pro). DJI Mavic 2 Pro keluar pada tahun 2018. Mavic 2 Pro sudah menggunakan Hasselblad kamera yang mampu menghasilkan kualitas foto dan video jauh lebih baik dari mavic sebelumnya. Dibekali dengan kamera 20 MP yang sudah 4K dengan gimbal kamera 3 Axis.

Fitur utama dari DJI Mavic 2 Pro adalah :

1. Kamera Hasselblad. DJI Mavic 2 Pro dibekali dengan kamera 20MP 4K.
2. Obstacle Avoidance Sensor. Dibekali dengan sensor obstacle yang lengkap pada semua sisi : depan-belakang, atas-bawah, dan kiri-kanan.
3. Intelligent Flight Mode. Terdiri dari fitur Hyperlapse, QuickShot, Tapfly, ActiveTrack, Cinematic, Point of Interest dan Sphere.
4. Hyperlapse. Fitur DJI Mavic 2 Pro untuk menciptakan video Hyperlapse.
5. LED. Mempunyai lampu LED yang bisa digunakan untuk penerbangan di malam hari.
6. Internal Storage 8 GB Mavic 2 Pro dilengkapi dengan internal storage sebesar 8 GB. Anda masih bisa menambahkan microSD lagi.

Drone DJI Mavic 2 Pro adalah salah satu drone yang diperuntukan bagi pengguna profesional. Sudah jelas drone ini dibekali dengan banyak kelebihan. Kelebihan DJI Mavic 2 Pro Adalah : Jarak terbang yang jauh hingga 8 km, Menggunakan kamera dengan kualitas sangat baik yaitu Hasselblad 20MP, Memiliki obstacle sensing sensor yang lebih banyak dari Mavic Pro. Serta waktu terbang lebih lama mencapai 31 menit.

E. Fotogrametri

Definisi fotogrametri yang dikemukakan oleh beberapa ahli, diantaranya adalah :

1. Fotogrametri adalah seni atau ilmu untuk memperoleh keterangan kuantitatif yang dapat dipercaya dari foto udara (ASP dalam Paine, 1987)
2. Fotogrametri adalah ilmu, seni, dan teknologi untuk memperoleh ukuran terpercaya dan peta dari foto (Lillesand and Kiefer, 1994)
3. Fotogrametri adalah seni, ilmu, dan teknologi untuk memperoleh informasi terpercaya tentang objek fisik dan lingkungan melalui proses perekaman, pengukuran, dan interpretasi gambaran fotografik dan pola radiasi energielektromagnetik yang terekam (Wolf, 1989).
4. Fotogrametri adalah suatu kegiatan dimana aspek-aspek geometrik dari fotoudara, seperti sudut, jarak, koordinat, dan sebagainya merupakan faktor utama (Ligterink, 1991).
5. Fotogrametri didefinisikan sebagai proses pemerolehan informasi metric mengenai suatu objek melalui pengukuran pada foto (Tao, 2002)(Hadi, 2007).

Dari beberapa pengertian tersebut, dapat disimpulkan bahwa fotogrametri adalah sebuah proses untuk memperoleh informasi mengenai sebuah obyek melalui pengukuran yang dibuat pada hasil foto udara sebuah obyek dan berdasarkan definisi tersebut, maka pekerjaan fotogrametri dapat dibagi menjadi dua, yaitu:

a) *Metric Photogrammetry*

Metric Photogrammetry adalah suatu pengukuran/pengamatan presisi yang sangat teliti dengan hitungan-hitungannya untuk menentukan ukuran dan bentuk suatu objek.

b) Fotogrametri Interpretasi

Adalah suatu kegiatan-kegiatan pengenalan dan identifikasi suatu objek (Niam, A., Suprayogi, A., & Awaluddin, 2013).

Fotogrametri metrik diterapkan terutama dalam penyusunan planimetrik dan peta topografi dari foto. Foto-foto tersebut lebih sering menggunakan foto udara (yang diambil dari pesawat terbang), tapi foto terestris (yang diambil dari permukaan bumi dengan kamera) juga dapat digunakan. Sedangkan untuk fotogrametri interpretatif termasuk dalam cabang interpretasi fotografi dan penginderaan jauh (Zayd, 2015).

Tujuan mendasar dari fotogrametri adalah membangun secara sungguh-sungguh hubungan geometrik antara suatu objek dan sebuah citra dan menurunkan informasi tentang objek secara teliti dari citra. Tujuan utama dari pengolahan data fotogrametri adalah untuk menghasilkan titik awan tiga dimensi (3D) dan ter-georeferensi dari data citra udara yang tidak teratur dan bertumpang tindih. Prinsip kerja fotogrametri adalah menggabungkan 2 foto udara atau lebih yang saling bertampalan satu sama lain.

Dari pertampalan foto-foto tersebut dapat dibuat bayangan 3D yang dengan bantuan titik control foto dapat diorientasikan sedemikian rupa sesuai model absolut seperti pada kondisi lapangan (Kristiawan et al., 2017).

Metode Fotogrametri dengan teknologi *drone* dapat dibuat untuk pembuatan peta skala besar. Selain terkait dengan skala peta, maka tinggi terbang juga akan mempengaruhi resolusi spasial yang dihasilkan dari suatu kegiatan pemotretan udara. Hubungan antara tinggi terbang, panjang fokus kamera, kemampuan kamera dalam merekam obyek dan resolusi spasial yang dihasilkan ditunjukkan oleh nilai *Ground Sample Distance* (GSD). Secara matematis dapat dilihat pada rumus dibawah ini :

$$\text{Ground Sample Distance} = \frac{\text{Tinggi Sensor}}{\text{Panjang Fokus}} \times \text{Ukuran Piksel} \quad [4]$$

(Sumber : Kristiawan et al., 2017).

Dengan :

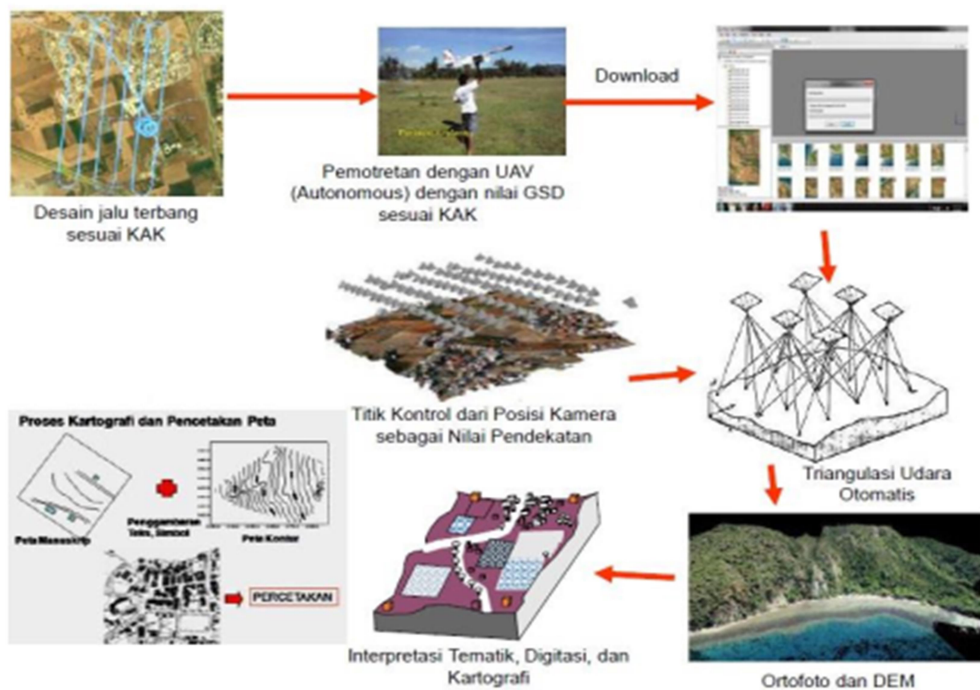
GSD = *The linear dimension of a sample pixel's footprint on the ground.*

Tinggi Sensor = Tinggi terbang UAV.

Panjang focus = Panjang focus kamera yang digunakan dalam pemotretan.

Ukuran Piksel = ukuran piksel kamera digital yang digunakan dalam pemotretan.

Tahapan kegiatan pemetaan metode UAV dapat dilihat pada gambar 13. Tahapan Pemotretan Fotogrametri dengan Drone



Gambar 13. Tahapan Pemotretan Fotogrametri dengan Drone
(Sumber : Kristiawan et al., 2017).

F. Slide

Rocsience Slide adalah salah satu software geoteknik yang mempunyai spesialisasi sebagai software perhitungan kestabilan lereng. Secara umum langkah analisis kestabilan lereng dengan Rocscience Slide adalah pemodelan, identifikasi metode dan parameter perhitungan, identifikasi material, penentuan bidang gelincir, running/kalkulasi, dan interpretasi nilai FoS dengan software komplemen Slide bernama Slide Interpret (Maulana).

Slide 6.0 adalah perangkat lunak analisis stabilitas lereng terlengkap yang tersedia, lengkap dengan analisis rembesan air tanah elemen hingga, penarikan cepat, analisis sensitivitas dan probabilistik serta desain pendukung. Semua jenis tanah dan lereng batuan, tanggul, bendungan tanah dan dinding penahan tanah dapat dianalisis. Slide 6.0 adalah satu-satunya perangkat lunak stabilitas lereng dengan analisis rembesan air tanah elemen hingga terintegrasi untuk kondisi tunak atau sementara.

Slide 6.0 memiliki kemampuan analisis probabilistik yang luas. Sehingga Slide 6.0 dapat menetapkan distribusi statistik ke hampir semua parameter input, termasuk properti material, properti pendukung, beban, dan lokasi muka air. Probabilitas kegagalan/indeks keandalan dihitung, dan memberikan ukuran obyektif dari risiko kegagalan yang terkait dengan desain lereng. Analisis sensitivitas memungkinkan untuk menentukan pengaruh variabel individual pada faktor keamanan lereng.

Pada Slide 6.0 terdapat 17 model kekuatan material yang berbeda untuk batuan dan tanah termasuk Mohr-Coulomb, Anisotropic dan Generalized Hoek-Brown. Jenis pendukung termasuk tieback, end anchored, paku tanah, tumpukan mikro dan geotekstil.

Adapun rumus Mohr- Coulomb yaitu :

$$\text{Mohr – Coulomb} = \tau = C + \sigma_n \tan \varphi \quad [5]$$

(Sumber : Civilax.2012)

Dimana :

τ = Kuat Geser

C = Kohesi

σ = Friksi

Dengan mengalisis kembali memungkinkan untuk menentukan kekuatan dukung yang diperlukan untuk faktor keamanan tertentu. Algoritme pencarian lanjutan menyederhanakan tugas menemukan permukaan slip kritis dengan faktor keamanan terendah (Civilax.2012).

Nilai Faktor keamanan membutuhkan nilai koefisien korelasi. Analisis korelasi merupakan cara untuk mengetahui ada tidaknya hubungan antarvariabel. Misalnya pada tabel di bawah ini :

Tabel 2. Korelasi Initial tangent constrained modulus dengan q_c

	Hubungan Constrained modulus (M_o) dengan q_c (MPa)	q_c range
NC Unaged	$M_o = 4 q_c$	$q_c < 10$ MPa
	$M_o = 4 q_c + 20$ Mpa	$10 \text{ MPa} < q_c < 50$ MPa
	$M_o = 120$ Mpa	$q_c > 50$ MPa
OC	$M_o = 5 q_c$	$q_c < 50$ MPa
	$M_o = 250$ Mpa	$q_c > 50$ MPa

(Sumber : Warman, R S, 2019)

Tabel 3. Korelasi q_c dan kepadatan relatif dengan sudut geser

Konsisten	Kepadatan Relatif	N-SPT	q_c (MPa)	Perkiraan sudut geser triaksial (derajat)
Sangat lepas	<0.2	<4	<2	<30
Lepas	0.2-0.4	4-10	2-4	30-35
Padat sedang	0.4-0.6	10-30	4-12	35-40
Padat	0.6-0.8	30-50	12-20	40-45
Sangat Padat	>0.8	>50	>20	>45

(Sumber : Warman, R S, 2019)

Tabel 4. Korelasi N-SPT dengan c_u tanah lempung

Konsistensi	N-SPT	c_u (kN/m ²)
Sangat lunak	0 – 2	<12
Lunak	2 – 4	12 – 25
Sedang	4 – 8	25 – 50
Kaku	8 – 15	50 – 100
Sangat Kaku	15 – 30	100 – 200
Keras	> 30	> 200

(Sumber : Warman, R S, 2019)

Tabel 5. Nilai Tipikal berat volume kering dan berat volume jenuh

Jenis Tanah		Berat volume kering (kN/m ³)		Berat volume jenuh (kN/m ³)	
		Lepas	Padat	Lepas	Padat
Tanah Granuer	Kerikil	16.0	18.0	20.0	21.0
	Pasir bergradasi baik dan kerikil	19.0	21.0	21.5	23
	Pasir kasar atau sedang	16.5	18.5	20.0	21.5
	Pasir bergradasi baik	18.0	21.0	20.5	22.5
	Pasir halus atau kelanauan	17.0	19.0	20.0	21.5
	Rock fill	15.0	17.5	19.5	21.0
	Brick hardcore	13.0	17.5	16.5	19
	Slag fill	12.0	15.0	18.0	20.0
	Ash fill	6.5	10.0	13.0	15.0
Tanah kohesif	Gambut (variabilitas)	12.0		12.0	
	Lempung organik	15.0		15.0	
	Lempung lunak	17.0		17.0	
	Lempung padat	18.0		18.0	
	Lempung kaku	19.0		19.0	
	Lempung keras	20.0		20.0	
	Lempung glacial keras atau kaku	21.0		21.0	

(Sumber : Warman, R S, 2019)

G. Roadmap Penelitian

Tabel 6. Roadmap Penelitian

No	Peneliti/Judul	Metode	Hasil
1	Guglielmo Rossi (2018) Multitemporal UAV surveys for landslide mapping and characterization	Survei fotogrametri dilakukan di lima berbeda tahapan: (1) perencanaan misi, (2) akuisisi titik kontrol darat dengan GPS, (3) penerbangan dan akuisisi citra, (4) pemrosesan titik-cloud dan perbaikan, dan (5) implementasi di lingkungan GIS	Menguji penerapan dan mengevaluasi potensi penggunaan drone, untuk mendeteksi dan mungkin memantau pergerakan massa lereng. Perbandingan antara DTM yang diperoleh memberikan sarana untuk gerakan massa di lereng di utara Ricasoli
2	Farina, P (2017) The use of multi-copter drones for landslide investigations	Setiap survei fotogrametri dapat dilanjutkan di 5 tahapan utama: (1) perencanaan misi, (2) akuisisi titik kontrol tanah dengan GPS, (3) penerbangan dan akuisisi citra, (4) pemrosesan citra dan (5) implementasi di lingkungan GIS.	Dalam studi ini, menemukan ketelitian alat drone multi-copter Saturnus merupakan alat yang baru dikembangkan di University of Florence, digunakan untuk mendukung penyelidikan tanah longsor yang dilakukan pada tanah longsor yang terletak di Tuscany, Umbria dan daerah Sisilia di Italia.
3	Rezki Aziz Zayd (2015) Analisa Bencana Tanah Longsor Dengan Menggunakan Uav-Photogrammetry	Menggunakan UAV-Photogrammetry dalam mengetahui besaran tanah longor yang telah terjadi.	Penelitian ini menghasilkan peta bencana tanah longsor dan jumlah volume longsor. Besaran volume didapatkan selisih sebesar 964.676 m ³ antara yang didapat UAV-Photogrammetry 10527,032m ³ dengan dengan menggunakan pengukuran teristrial sebesar 11491,708m ³ .

4	Setyanto dkk (2016) Analisis Stabilitas Lereng dan Penanganan Longsoran Menggunakan Metode Elemen Hingga <i>Plaxis</i> V.8.2.,	Menggunakan rumus manual dan program <i>plaxis</i> untuk mengetahui faktor keamanan lereng	Karakteristik dan parameter tanah lereng sangat berpengaruh terhadap hasil analisis stabilitas lereng. Analisis stabilitas lereng dengan menggunakan rumus tak terhingga dan metode <i>Plaxis</i> terdapat perbedaan nilai faktor aman yang berbeda. Analisis dengan menggunakan rumus tidak memasukkan parameter modulus elastisitas tanah dan angka poisson serta tinjauan lereng hanya ditinjau pada area bidang longsor.
5	Riki rahmad dkk (2018) Aplikasi SIG untuk Pemetaan Tingkat Ancaman Longsor	Pemanfaatan SIG dalam pemetaan tingkat kerawanan terjadinya bencana longsor	Parameter-parameter yang digunakan untuk menentukan tingkat kerawanan adalah penutupan lahan, jenis tanah, kemiringan lahan, curah hujan dan formasi geologi. Pendugaan bencana tanah longsor tersebut di daerah penelitian dominan memiliki tingkat ancaman longsor dengan kelas kerawanan sedang.
6.	Usulan Peneliti Georeferencing Daerah Rawan Longsor Berbasis Arcgis.	Pemanfaatan Drone dan SIG dalam pemetaan daerah rawan longsor dan Slide dalam penentuan faktor aman	Peta georeferencing daerah rawan longsor beserta nilai faktor aman di lokasi penelitian

H. Kerangka Konseptual

Masalah

Tingginya tingkat kerugian yang dialami oleh masyarakat yang diakibatkan karena terjadinya bencana alam disebabkan karena kurangnya informasi yang diperoleh masyarakat akan kemungkinan kemungkinan bencana yang terjadi khususnya bencana tanah longsor.

Solusi

Perlu ada identifikasi dan pemetaan wilayah potensi longsor untuk mengetahui tingkat kerentanan suatu wilayah

Metode

Pemetaan dilakukan dengan pemanfaatan SIG dengan metode Fotogrametri menggunakan drone dan analisa faktor aman dengan aplikasi slide

Hasil

Memberikan informasi dan penyebab terjadi longsor dan referencing daerah longsor serta meningkatkan kewaspadaan masyarakat terhadap bencana tanah longsor berdasarkan faktor aman