

**ANALISIS KERAWANAN LONGSOR MENGGUNAKAN BAHASA
PEMROGRAMAN *PYTHON* DI KECAMATAN SULIKI
KABUPATEN LIMA PULUH KOTA**

SKRIPSI



OLEH :

ASSYAROH MEIDINI PUTRIANA

NIM.17136011

**PROGRAM STUDI GEOGRAFI
JURUSAN GEOGRAFI
FAKULTAS ILMU SOSIAL
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2021**

HALAMAN PERSETUJUAN PEMBIMBING SKRIPSI

Judul : Analisis Kerawanan Longsor Menggunakan Bahasa Pemrograman *Python* di Kecamatan Suliki Kabupaten Lima Puluh Kota

Nama : Assyaroh Meidini Putriana

NIM / TM : 17136011/2017

Program Studi : Geografi

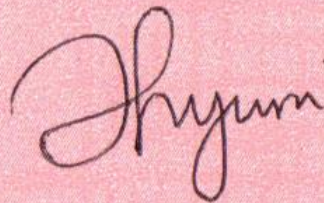
Jurusan : Geografi

Fakultas : Fakultas Ilmu Sosial

Padang, September 2021

Disetujui Oleh :

Pembimbing



Ahyuni, S.T., M.Si

NIP. 19690323 200604 2 001

Mengetahui :

Ketua Jurusan Geografi



Dr. Arie Yulfa, ST, M.Sc

NIP. 19800618 200604 1 005

HALAMAN PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

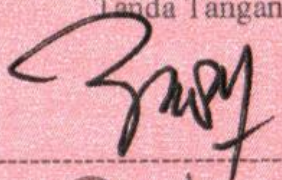
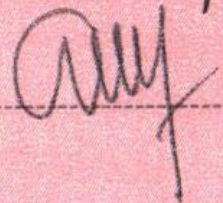
Dinyatakan lulus setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi
Jurusan Geografi Fakultas Ilmu Sosial
Universitas Negeri Padang
Pada hari Rabu, Tanggal 18 Agustus 2021 Pukul 12.00

ANALISIS KERAWANAN LONGSOR MENGGUNAKAN BAHASA PEMOGRAMAN PYTHON DI KECAMATAN SULIKI KABUPATEN LIMA PULUH KOTA

Nama : Assyaroh Meidini Putriana
TM/NIM : 2017 / 17136011
Program Studi : Geografi
Jurusan : Geografi
Fakultas : Fakultas Ilmu Sosial

Padang, September 2021

Tim Penguji :

	Nama	Tanda Tangan
Ketua Tim Penguji :	Drs. Helfia Ideal, MT	
Anggota Penguji :	Dr. Arie Yulfa, S.T, M.Sc	



Mengesahkan:
Dekan FIS UNP


Dr. Siti Fatimah, M.Pd, M.Hum.
NIP. 19620603 198603 2 001



UNIVERSITAS NEGERI PADANG
FAKULTAS ILMU SOSIAL
JURUSAN GEOGRAFI

Jalan. Prof. Dr. Hamka, Air Tawar Padang – 25131 Telp 0751-7875159

SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Assyaroh Meidini Putriana
NIM/BP : 17136011/2017
Program Studi : Geografi
Jurusan : Geografi
Fakultas : Fakultas Ilmu Sosial

Dengan ini menyatakan, bahwa skripsi saya dengan judul :

“ANALISIS KERAWANAN LONGSOR MENGGUNAKAN BAHASA PEMROGRAMAN PYTHON DI KECAMATAN SULIKI KABUPATEN LIMA PULUH KOTA” adalah benar merupakan hasil karya saya dan bukan merupakan plagiat dari karya orang lain. Apabila suatu saat terbukti saya melakukan plagiat dari karya orang lain maka saya bersedia diproses dan menerima sanksi akademis maupun hukum sesuai dengan syarat hukum dan ketentuan yang berlaku, baik di instansi Universitas Negeri Padang maupun di masyarakat dan negara.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan kesadaran dan rasa tanggung jawab sebagai anggota masyarakat ilmiah.

Diketahui Oleh:
Ketu Jurusan Geografi

Dr. Arie Yulfa, ST, M.Sc.
NIP. 19800618 200604 1 003

Padang, September 2021
Saya yang Menyatakan



Assyaroh Meidini Putriana
NIM. 17136011/2017

ABSTRAK

Assyaroh Meidini Putriana : Analisis Kerawanan Longsor Menggunakan Bahasa Pemrograman *Python* Di Kecamatan Suliki Kabupaten Lima Puluh Kota

Kasus penelitian ini di Kecamatan Suliki yang bertujuan untuk mengetahui tingkat kerawanan longsor di wilayah tersebut. Bantuan dari bahasa pemrograman *Python* dalam SIG mampu membuat permodelan yang bertujuan dapat meringankan dan mempermudah langkah-langkah analisis spasial.

Metode penelitian yang digunakan yaitu penelitian kuantitatif. Data yang digunakan adalah data sekunder dan data primer dengan pengolahan data menggunakan metode statistik bivariat. Untuk analisis kerentanan longsor, peneliti menggunakan metode pembobotan *Weight of Evidence* (WoE). Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah 30 kejadian gerakan tanah secara acak. Data tersebut dibagi menjadi dua kelompok data, 60% digunakan sebagai data analisis yang berfungsi untuk penyusunan analisis kerentanan (*train*) dan 40% digunakan sebagai data validasi untuk pengujian analisis kerentanan (*test*).

Prosedur penelitian meliputi pembobotan delapan parameter yang dianggap sebagai pemicu terjadinya longsor antaranya yaitu, kelerengan, batuan induk, curah hujan, penggunaan lahan, kerapatan vegetasi jenis tanah, dan bentuk lahan. Faktor dominan dari perhitungan validasi setiap parameter yaitu penggunaan lahan yang memiliki nilai AUC sebesar 0,88. Kemudian dilanjutkan dengan overlay parameter terpilih untuk diuji keberpengaruhannya terhadap longsor dan mendapatkan hasil pengujian analisis kerentanan menunjukkan nilai AUC 0,70. Wilayah kerawanan longsor tinggi dengan persentase 17,80 % , kerawanan longsor sedang dengan persentase 11,98 %, kerawanan longsor rendah dengan persentase 16,87 %, sementara kerawanan longsor sangat rendah dengan persentase 53,35%. Perhitungan dilakukan melalui dua tahap yaitu perhitungan manual menggunakan Microsoft Excel dan perhitungan menggunakan *python script*. Penggunaan Bahasa pemrograman *Python* dengan metode statistik bivariat dapat dijalankan dengan baik sesuai hasil yang diharapkan.

Kata kunci—Pembobotan WoE, SIG, *Python Script*, Analisis Kerawanan longsor.

KATA PENGANTAR

Penulis mengucapkan puji syukur serta nikmat kepada Allah SWT atas Rahmat-Nya yang melimpah sehingga terselesaikannya skripsi ini dengan sebaik-baiknya. Skripsi ini dimaksudkan untuk memenuhi salah satu syarat menuju Program Strata I (S1) pada Jurusan Geografi di Universitas Negeri Padang.

Pada kesempatan ini Penulis ingin menyampaikan ucapan Terima Kasih kepada :

1. Kedua orang tua Bapak Ringin Syahputra dan Ibu Misnawaty serta adik penulis Fauzan Nasrullah, Abdan Makhroja, Ukhti Fathana Rizki yang senantiasa memberikan dukungan dan do'a kepada penulis.
2. Ahyuni, ST, M.Si, selaku dosen pembimbing skripsi yang telah memberikan masukan dan motivasi hingga selesainya penelitian ini
3. Helfia Edial, MT dan Dr. Arie Yulfa, M.Sc sebagai dosen penguji yang telah memberikan masukan kepada penulis.
4. Sahabat penulis (Habibullah, Abdul Hadi Putra, Fadhillah Oktari, Fenni Hasanah, Isra Haryati Diva, Khairul Nizam, Ainul Karim, Dhanu Sekarjati, Anissa Zuhrita, Akbar Ramanda, Rafi Riskullah Ahmad) yang telah memberikan masukan kepada penulis dimulai dari proses pembuatan proposal penelitian hingga penyusunan hasil penelitian, serta teman seperjuangan Prodi Geografi dan Pendidikan Geografi angkatan 2017 yang selalu memberikan semangat kepada penulis.
5. Rekan-rekan Yayasan Amal Saleh yang telah memberikan dukungan penuh kepada penulis selama masa perkuliahan.

Penulis menyadari bahwa terdapat kekurangan dan ketidaksempurnaan dalam penelitian ini, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang

membangun. Semoga penelitian ini dapat bermanfaat bagi pembaca pada khususnya dan ilmu pengetahuan pada umumnya.

Padang, Agustus 2021

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	ii
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	viii
BAB I	1
PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah.....	3
C. Batasan Masalah.....	3
D. Rumusan Masalah	4
E. Tujuan Penelitian	4
F. Manfaat Penelitian	4
BAB II.....	6
TINJAUAN PUSTAKA.....	6
A. Kajian Teori	6
1. Longsor.....	6
2. Jenis dan Tipe Longsor.....	6
3. Faktor Penyebab Longsor.....	10

4. Gejala Umum Tanah Longsor	11
5. Metode <i>Weight of Evidence</i> (WoE).....	11
6. Inventarisasi Gerakan Tanah	12
7. Kerawanan Longsor.....	12
8. Sistem Informasi Geografi	13
9. Analisis Spasial	15
10. ArcGIS	15
11. <i>Python</i>	16
b) Variabel, Konstanta, dan Tipe Data	16
c. Tipe Data Python	18
B. Penelitian Relevan.....	20
C. Kerangka Konseptual	24
BAB III.....	25
METODE PENELITIAN	25
A. Jenis Penelitian.....	25
B. Lokasi Penelitian.....	25
C. Bahan dan Alat Penelitian.....	27
D. Teknik Analisis Data.....	28
E. Bagan Alir Penelitian	31
BAB IV	32
HASIL DAN PEMBAHASAN	32

A. Gambaran Umum Wilayah Kecamatan Suliki	32
B. Hasil Penelitian	32
1. Inventarisasi Kejadian Longsor	34
2. Penyusunan Parameter Kerawanan Longsor	36
3. Faktor Dominan Penyebab Longsor	55
5. Validasi Peta Zonasi Kerawanan Longsor	58
C. Pembahasan.....	58
1. Kerawanan Bencana Longsor.....	58
BAB V.....	60
KESIMPULAN DAN SARAN.....	60
A. Kesimpulan	60
B. Saran.....	61
DAFTAR PUSTAKA	62

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 – Longsor Translansi (Sumber: British Colombia)	7
Gambar 2 – Longsor Rotasi (Sumber: British Colombia).....	7
Gambar 3 – Pergerakan Blok (Sumber: British Colombia)	8
Gambar 4 – Longsor Runtuhan Batu (Sumber: British Colombia).....	8
Gambar 5 – Longsor Rayapan Tanah (Sumber: British Colombia)	9
Gambar 6 – Longsor Aliran Bahan Rombakan (Sumber: British Colombia).....	10
Gambar 7 - Kerangka Konseptual	24
Gambar 8 - Bagan Alir Penelitian	31
Gambar 9. Peta Titik Kejadian Longsor	35
Gambar 10. Peta hasil perhitungan WoE kelerengn	38
Gambar 11. Peta hasil perhitungan WoE batuan induk	40
Gambar 12. Peta hasil perhitungan WoE curah hujan	43
Gambar 13. Peta hasil perhitungan WoE penggunaan lahan	45
Gambar 14. Peta hasil perhitungan WoE bentuk lahan	48
Gambar 15. Peta hasil perhitungan Woe kerapatan vegetasi	51
Gambar 16. Peta hasil perhitungan WoE jenis tanah.....	54
Gambar 17. Peta kerawanan bencana longsor	57

DAFTAR TABEL

Tabel 1 – Tipe Data Python (Sumber: pythonindo).....	18
Tabel 2 - Fungsi Matematika Python (Sumber: pythonindo).....	19
Tabel 3 - Penelitian Relevan	20
Tabel 4 - Jenis Data & Sumber Data	27
Tabel 5. klasifikasi jenis batuan	39
Tabel 6. klasifikasi curah hujan.....	42
Tabel 7. Klasifikasi penggunaan lahan.....	44
Tabel 8. Klasifikasi bentuk lahan	47
Tabel 9. Klasifikasi kerapatan vegetasi	50
Tabel 10. Klasifikasi jenis tanah	Error! Bookmark not defined.
Tabel 11. Hasil AUC masing-masing parameter	56
Tabel 12. Kelas zonasi	58
Tabel 13. Zonasi.....	59

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Secara geografis, sebagian besar wilayah Negara Kesatuan Republik Indonesia berada pada kawasan rawan bencana alam. Salah satu bencana alam yang sering terjadi adalah bencana longsor. Penyebab bencana longsor terjadi karena dua faktor yaitu secara alami dan manusia. longsor berkaitan langsung dengan sifat alami seperti geologi, kerapatan vegetasi, kemiringan lereng, arah lereng, *plan curvatur*, jarak dari sungai, jenis litologi, jarak dari struktrur, dan curah hujan. Juga berkaitan dengan faktor manusia dalam segi penggunaan lahan dan aktivitas masyarakat di daerah rawan longsor. Bencana longsor dapat mengancam dan mengganggu kehidupan dan penghidupan masyarakat serta sering diikuti dengan kerugian korban jiwa dan material. Tingginya tingkat kerugian yang dialami masyarakat karena kurangnya informasi yang didapat masyarakat terkait kemungkinan-kemungkinan bencana yang akan terjadi di daerah sekitar.

Berdasarkan catatan data kejadian bencana Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) longsor termasuk dalam bencana yang mematikan, karena banyak korban meninggal diakibatkan oleh bencana ini (Suprpto, 2017). Sumatera Barat adalah salah satu Provinsi di Indonesia yang memiliki beberapa daerah rawan pergerakan tanah. Salah satu wilayah yang memiliki potensi tinggi terjadinya longsor adalah Kabupaten Limapuluh Kota. Tercatat bahwa Kabupaten Lima Puluh Kota termasuk kabupaten dengan 127 kejadian longsor berdasarkan data Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) setempat selama lima tahun

terakhir dari 14 kecamatan didalamnya. Kabupaten Lima Puluh Kota mengalami bencana alam longsor yang mengakibatkan korban jiwa dan kerusakan rumah serta menimbun infrastruktur umum. Salah satu kecamatan yang terdampak dan mengalami kerugian akibat bencana longsor yaitu Kecamatan Suliki tercatat sebanyak 10 kejadian longsor berdasarkan data BPBD Kabupaten Lima Puluh Kota.

Pemicu dari terjadinya gerakan tanah ini adalah curah hujan yang tinggi serta kelerengan tebing. Dengan demikian, tidak heran apabila Kecamatan Suliki menjadi salah satu kecamatan di Kabupaten Lima Puluh Kota dengan banyak jumlah bencana longsor. Menurut Badan Pusat Statistik, kecamatan Suliki memiliki luas 136,94 km² dan berada pada ketinggian 500-700 m² diatas permukaan laut dengan topografi yang didominasi oleh daerah perbukitan mengakibatkan Kecamatan Suliki memiliki tingkat kemiringan lereng yang bervariasi. Dampak dari bencana longsor di Kecamatan Suliki salah satunya yaitu menimbun perkampungan dan memutus ruas jalan penghubung antara dua nagari. Akses kedua jalan pusat tidak dapat dilalui kendaraan.

Untuk mengatasi permasalahan ini, penerapan Sistem Informasi Geografi (SIG) merupakan salah satu langkah yang dapat digunakan. SIG sudah sangat umum digunakan dalam kegiatan pengolahan data spasial. Kegiatan utama dalam mengolah data spasial adalah analisis spasial yang hasilnya merupakan sebuah informasi baru yang akan digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan. Ada banyak metode yang dapat digunakan untuk mendukung kegiatan analisis spasial. Dalam dunia SIG, salah satu penggunaan bahasa *Python* dalam aplikasi ArcGIS yaitu untuk membuat *geoprocessing script* yang dapat menjalankan fungsi analisis

spasial secara efektif dan memungkinkan otomatisasi menjalankan analisis spasial. Bantuan dari bahasa pemrograman *Python* dapat dijadikannya permodelan yang bertujuan dapat meringankan dan mempermudah langkah-langkah untuk analisis spasial khususnya dalam pembahasan ini adalah pemetaan wilayah kerawanan longsor pada *software* Sistem Informasi Geografi yaitu ArcGIS.

Berbagai masalah yang terkait dengan bencana longsor di Kecamatan Suliki melatarbelakangi peneliti untuk mengangkat penelitian dengan judul **“Analisis Kerawanan Longsor Menggunakan Bahasa Pemrograman *Python* di Kecamatan Suliki Kabupaten Lima Puluh Kota”**.

B. Identifikasi Masalah

Dari latar belakang yang dijelaskan, maka masalah diidentifikasi sebagai berikut:

1. Penggunaan lahan di Kecamatan Suliki.
2. Potensi longsor longsor di Kecamatan Suliki.
3. Aktivitas masyarakat di kawasan bencana longsor.
4. Penyebab rawan longsor di Kecamatan Suliki.
5. Dampak bencana longsor di Kecamatan Suliki
6. Permodelan menggunakan bahasa pemrograman *Python* untuk analisis kerawanan bencana longsor di Kecamatan Suliki.

C. Batasan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah diatas maka masalah penelitian dibatasi pada, penggunaan lahan di Kecamatan Suliki Kabupaten Lima Puluh Kota, tingkat kerawan longsor di Kecamatan Suliki dan kaitan kejadian longsor tahun 2015-2020 dengan tingkat kerawanan longsor di Kecamatan Suliki, serta

berfokus untuk mengkaji bagaimana pembangunan, pemanfaatan, dan uji coba dari bahasa pemrograman (*Python*) pada Sistem Informasi Geografis untuk analisis kerawanan bencana longsor di Kecamatan Suliki, Kabupaten Lima Puluh Kota, Provinsi Sumatera Barat.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan dari batasan masalah yang telah dijelaskan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana tingkat kerawanan longsor di Kecamatan Suliki Kabupaten Lima Puluh Kota ?
2. Bagaimana perbandingan hasil pengolahan menggunakan *script* bahasa pemrograman *Python* dengan pengolahan *attribute table* manual untuk analisis kerawanan bencana longsor di Kecamatan Suliki ?

E. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui tingkat kerawanan longsor di Kecamatan Suliki Kabupaten Lima Puluh Kota.
2. Mengetahui perbandingan hasil pengolahan menggunakan *script* bahasa pemrograman *Python* dengan pengolahan *attribute table* manual untuk analisis kerawanan bencana longsor di Kecamatan Suliki.

F. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini yaitu:

1. Untuk mendapatkan gelar Sarjana Sains Geografi (S1).

2. Bagi mahasiswa, memberikan pengalaman dan wawasan untuk melakukan percobaan permodelan tentang bahasa pemrograman (*Python*) pada Sistem Informasi Geografi untuk analisis kerawanan bencana longsor di Kecamatan Suliki.
3. Bagi masyarakat memberikan informasi tentang keadaan dan kebijakan pemetaan terkait kerawanan bencana longsor di Kecamatan Suliki.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Kajian Teori

1. Longsor

Tanah longsor (gerakan tanah) merupakan gerakan menurun atau keluar dari lereng oleh massa tanah dan atau batuan penyusun lereng sebagai bahan rombakan akibat terganggunya kestabilan tanah atau batuan penyusun lereng (Risdianto, 2012). Gerakan tanah akan terjadi pada suatu lereng jika ada keadaan ketidakseimbangan yang menyebabkan terjadinya suatu proses mekanis, mengakibatkan sebagian dari lereng tersebut bergerak mengikuti gaya gravitasi dan selanjutnya setelah terjadi longsor lereng akan seimbang atau stabil kembali (Joko, 2008). Secara geologi, tanah longsor adalah suatu peristiwa geologi dimana terjadi pergerakan tanah seperti jatuhnya bebatuan atau gumpalan besar tanah. Pada prinsipnya, tanah longsor terjadi bila gaya pendorong pada lereng lebih besar daripada gaya penahan. Gaya penahan umumnya dipengaruhi oleh kekuatan batuan dan kepadatan tanah. Sedangkan gaya pendorong dipengaruhi oleh besar sudutnya lereng, air, beban, serta berat jenis tanah batuan.

Proses terjadinya tanah longsor yaitu air yang meresap ke dalam tanah akan menambah bobot tanah. Jika air tersebut menembus sampai tanah kedap air yang berperan sebagai bidang gelincir, maka tanah menjadi licin dan tanah pelapukan di atasnya akan bergerak mengikuti lereng dan luar lereng.

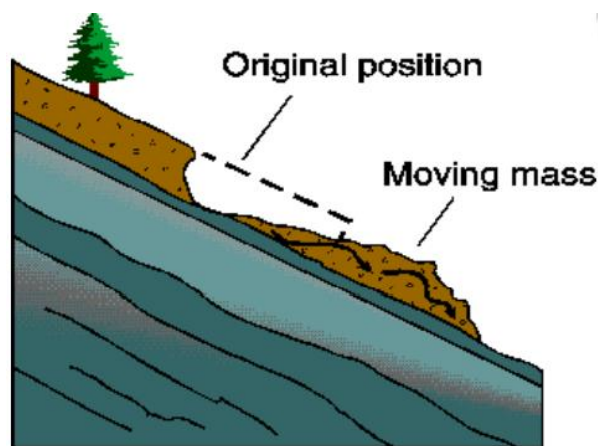
2. Jenis dan Tipe Longsor

Menurut Soemarno, Wulansari, & Priyono (2009) terdapat beberapa jenis atau kategori bencana tanah longsor, diantaranya adalah longsor translasi,

longsor rotasi, pergerakan blok, runtuh batu, dan aliran bahan rombakan. Untuk lebih detail tentang jenis tanah longsor akan dibahas dalam sub pembahasan sebagai berikut.

a) Longsor Translasi

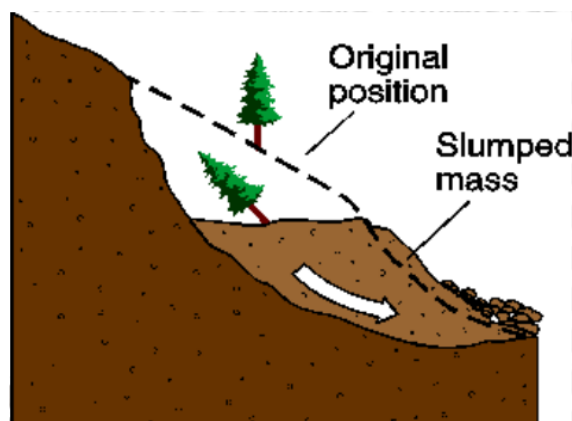
Longsor translasi atau disebut juga dengan *flow*, merupakan bergerakanya massa tanah dan batuan terhadap bidang gelincir berbentuk rata ataupun gelombang landai.



Gambar 1. Longsor Translasi

b) Longsor Rotasi

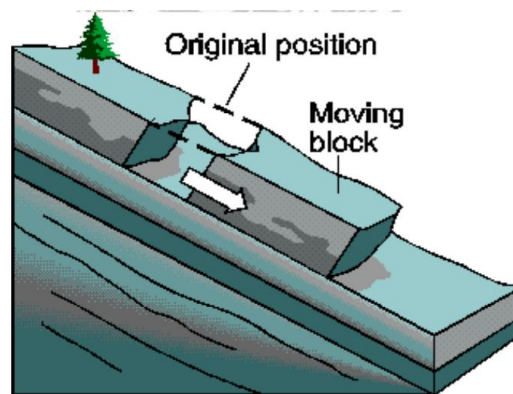
Longsor rotasi atau disebut juga dengan *slump*, merupakan bergerakanya massa tanah dan batuan pada bidang gelincir berbentuk cekung.



Gambar 2. Longsor Rotasi

c) Pergerakan Blok

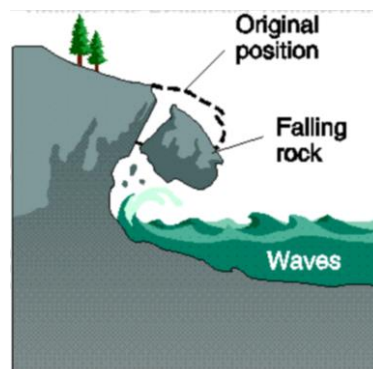
Pergerakan blok atau disebut juga *slide*, merupakan perpindahan batuan yang bergerak pada bidang gelincir berbentuk rata. Longsor pergerakan blok ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 3. Pergerakan Blok

d) Runtuhan Batu

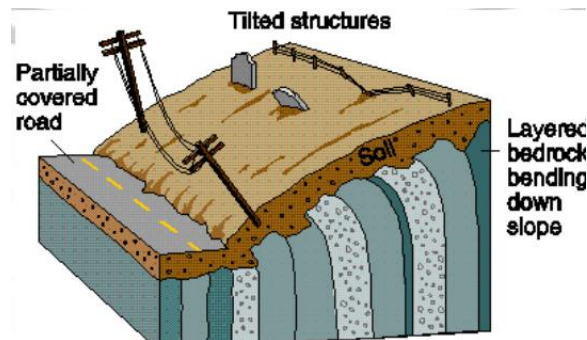
Runtuhan batu atau disebut juga dengan *fall*, dapat terjadi ketika sejumlah besar batuan ataupun material lain bergerak ke bawah dengan cara jatuh bebas. Secara umum longsor dengan tipe runtuhan batu terjadi pada lereng yang terjal hingga menggantung terutama di daerah pantai. Batu-batu dengan ukuran besar yang jatuh dapat menimbulkan kerusakan yang parah. Longsor runtuhan batu ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 4. Longsor Runtuhan Batu

e) Rayapan Tanah

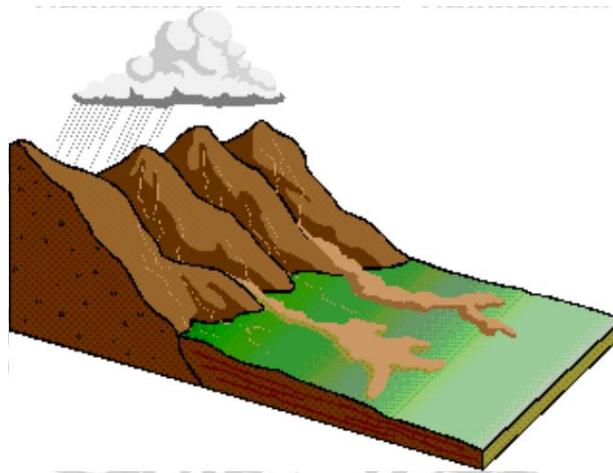
Rayapan tanah atau disebut juga dengan *creep*, merupakan jenis tanah longsor yang bergerak lambat. Terjadi pada jenis tanah dengan tipe berupa butiran kasar dan halus, dimana tanah longsor dengan tipe rayapan tanah ini hampir tidak dapat dikenali dikarenakan pergerakan tanah yang terjadi dalam waktu yang cukup lama, tapi dapat menyebabkan perubahan tiang-tiang telepon, pohon, atau rumah miring ke bawah. Longsoran rayapan tanah ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 5. Longsoran Rayapan Tanah

f) Aliran Bahan Rombakan

Jenis tanah longsor aliran bahan rombakan atau disebut juga dengan *debris flow*, terjadi ketika massa tanah bergerak didorong oleh air, dengan kecepatan aliran dipengaruhi oleh kemiringan lereng, volume dan tekanan air, dan jenis materialnya. Aliran bahan rombakan terjadi di sepanjang lembah dan mampu mencapai ratusan meter jauhnya. Beberapa tempat bisa sampai ribuan meter seperti di daerah aliran sungai di sekitar gunung api. Aliran tanah ini dapat menelan korban cukup banyak. longsoran aliran bahan rombakan ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 6 – Longsoran Aliran Bahan Rombakan

3. Faktor Penyebab Longsor

Menurut Direktorat Vulkanologi dan Mitigas Bencana Geologi, faktor alam dan faktor manusia dapat menjadi pemicu terjadinya longsor. Faktor alam meliputi kondisi geologi seperti batuan lapuk, kemiringan lapisan, sisipan lapisan batu lempung, lereng yang terjal, gempa bumi, stratigrafi dan gunung api, lapisan batuan yang kedap air miring ke lereng, dan retakan karena proses alam; kondisi tanah seperti terjadi erosi dan pengikisan, adanya daerah longsor lama, ketebalan tanah, pelapukan bersifat lembek, butiran halus, tanah jenuh karena air hujan, iklim seperti curah hujan tinggi, keadaan topografi seperti lereng yang curam, keadaan tata air seperti kondisi drainase tersumbat, akumulasi massa air, erosi dalam, pelarutan dan tekanan hidrostatika, banjir, aliran bawah tanah pada sungai lama, tutupan lahan yang mengurang seperti lahan kosong, dan lahan kritis. Sedangkan faktor manusia seperti pemotongan tebing, penimbunan tanah urugan di daerah lereng, kegagalan struktur dinding penahan tanah, perubahan tata guna lahan (penggundulan hutan), sistem

pertanian yang tidak memperhatikan irigasi yang aman, pengembangan wilayah yang tidak sesuai Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW), sistem drainase yang tidak tepat sehingga menggerus tebing, adanya retakan akibat getaran mesin, terjadinya bocoran air saluran dan luapan air saluran.

4. Gejala Umum Tanah Longsor

Sebelum terjadinya bencana longsor, terdapat tanda atau gejala yang timbul. Dengan munculnya tanda atau gejala tersebut dapat dikatakan bahwa ada potensi terjadi bencana longsor. Dimana tanda atau gejala sebelum terjadinya tanah longsor dapat diketahui berdasarkan tanda-tanda berikut ini (Soemarno, dkk. 2009).

1. Munculnya retakan-retakan di lereng yang sejajar dengan arah tebing
2. Biasanya terjadi setelah hujan
3. Munculnya mata air baru secara tiba-tiba
4. Tebing rapuh dan kerikil mulai berjatuhan

5. Metode *Weight of Evidence* (WoE)

Metode WoE termasuk dalam metode statistik bivariat yaitu suatu metode yang didasarkan pada kerangka probabilitas Bayes yang ditampilkan dalam serangkaian lingkungan SIG. Pendekatan analisis kerentanan gerakan tanah ini membutuhkan sejumlah besar kejadian gerakan tanah yang akan dikaitkan dengan faktor lingkungan dengan asumsi bahwa gerakan tanah akan terjadi pada kondisi yang hampir sama pada setiap faktor seperti halnya kejadian di masa lalu. Hal ini juga memungkinkan menggabungkan ketidakpastian dalam model kerentanan (jenis kualitas, dan perhitungan tiap data) dan secara eksplisit mempertimbangkan pengetahuan pakar masuk ke dalam proses tersebut. Pengaruh subjektif terhadap

hasil model tersebut dan penurunan kualitas data yang terjadi, bisa dengan menerapkan analisis stokastik (kebolehjadian) untuk setiap pembobotan geofaktor.

6. Inventarisasi Gerakan Tanah

Inventarisasi data historis kejadian gerakan longsor sangat dibutuhkan dalam pemetaan kerawanan gerakan longsor. Inventarisasi ini bisa ditentukan area yang akan terkena dampak gerakan tanah di masa yang akan datang baik oleh faktor alam maupun faktor manusia. Sumber inventarisasi kejadian gerakan longsor bisa didapat dengan mengumpulkan historis kejadian gerakan tanah dari arsip/dokumen/laporan penelitian bencana longsor, analisis foto udara, dan survei ke lapangan.

7. Kerawanan Longsor

Kerawanan gerakan longsor adalah kemungkinan terjadinya tanah longsor di suatu daerah berdasarkan control topografi setempat. Kerawanan gerakan longsor merupakan istilah yang digunakan untuk menyatakan secara spasial kemungkinan (probabilitas) terjadinya ketidakstabilan lereng. Penyajian spasial dari probabilitas tersebut dengan melakukan analisis keadaan geologi dan geomorfologi yang mempengaruhi terjadinya ketidakstabilan lereng di masa lalu.

Penelitian kerawanan gerakan longsor bisa dilakukan melalui metode heuristik, statistik, dan deterministik. Metode heuristic dipakai dalam penelitian kerawanan secara regional yaitu penentuan zona kerawanan gerakan tanah secara kualitatif berdasarkan pengetahuan ahli/pakar (Guzzeti dkk., 2005). Permasalahan dari metode ini adalah besarnya nilai subjektifitas tiap pakar menghasilkan analisis yang ebrbeda dalam satu daerah penelitian. Metode statistic kuantitatif

lebih direkomendasikan pada skala medium 1 : 25.000 – 1 : 100.000. metode ini memerlukan distribusi data kejadian gerakan tanah yang digabung bersama faktor penyebab distribusi data kejadian longsor yang digabung bersama faktor gerakan longsor dengan perkiraan bahwa gerakan tanah akan terjadi di bawah kondisi setiap faktor yang sama pada kejadian di masa lalu.

Berdasarkan SNI< 2016, metode pemetaan zona kerawanan gerakan longsor terbagi 3, yaitu :

- a. Metode analisis heuristik: metode pemetaan dengan menggunakan pengalaman para ahli dalam melakukan penyelidikan atau membuat zonasi kerentanan gerakan longsor berdasarkan analisis geomorfologi atau pembobotan tiap parameter.
- b. Metode analisis statistik: metode analisis berdasarkan keterkaitan distribusi gerakan longsor atau kerapatan gerakan longsor terhadap faktor pengontrol gerakan longsor pada tiap kelas parameter.
- c. metode analisis deterministik: metode analisis berdasarkan analisis faktor keamanan lereng.

8. Sistem Informasi Geografi

Sistem Informasi Geografis adalah perangkat keras (*hardware*), perangkat lunak (*software*) data geografis dan Sumber Daya Manusia (SDM) yang saling bekerja sama untuk memasukkan, mengelola, memanipulasi, dan menganalisis data serta memberikan suatu uraian berupa informasi geografis. Dalam arti singkatnya SIG memungkinkan suatu pengelolaan data geografis dengan menggunakan kerja komputer.

Sistem Informasi Geografis merupakan suatu kesatuan formal yang terdiri dari berbagai sumber daya fisik dan logika yang berkenaan dengan objek-objek yang terdapat di permukaan bumi. Jadi, Sistem Informasi Geografi merupakan kumpulan data geografi (spasial) dan data dokumen (non-spasial) yang terorganisir dan dapat dimanipulasi. Sistem Informasi Geografi dapat diuraikan menjadi beberapa subsistem, yaitu:

1) *Data Input*

Subsistem ini bertugas untuk mengumpulkan dan mempersiapkan data spasial dan atribut dari berbagai sumber. Subsistem ini pula yang bertanggung jawab dalam mengkonversi atau mentransformasikan format-format yang dapat digunakan oleh SIG.

2) *Data Output*

Subsistem ini menampilkan atau menghasilkan keluaran seluruh atau sebagian basis data baik dalam bentuk *softcopy* maupun dalam bentuk *hardcopy*.

3) *Data Manajemen*

Subsistem ini mengorganisasikan baik data spasial maupun atribut ke dalam sebuah basis data sedemikian rupa sehingga mudah dipanggil, diperbaharui, dan diperbaiki.

4) *Data Manipulation and Analysis*

Subsistem ini menentukan informasi-informasi yang dapat dihasilkan oleh Sistem Informasi Geografi. Selain itu, subsistem ini juga melakukan manipulasi dan pemodelan data untuk menghasilkan informasi yang diharapkan.

9. Analisis Spasial

Analisis spasial adalah suatu teknik atau proses yang melibatkan sejumlah hitungan dan evaluasi logika yang dilakukan dalam rangka mencari atau menemukan potensi hubungan atau pola-pola yang mungkin terdapat diantara unsur-unsur geografis yang terkandung didalam data digital dengan batas-batas wilayah tertentu. Analisis spasial merupakan sekumpulan metode untuk menemukan dan menggambarkan tingkatan/pola dari sebuah fenomena spasial, sehingga dapat dimengerti dengan lebih baik. Dengan melakukan analisis spasial, diharapkan muncul informasi baru yang dapat digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan dibidang kajian. Metode yang digunakan sangat bervariasi, mulai observasi visual sampai ke pemanfaatan matematika/statistika terapan.

10. ArcGIS

ArcGIS adalah salah satu perangkat lunak yang dikembangkan oleh ESRI (*Environment Science & Research Institue*) yang merupakan kompilasi fungsi-fungsi dari berbagai macam perangkat lunak *Geographic Information System* (GIS) yang berbeda seperti GIS desktop, server, dan GIS berbasis web. *Software* ini mulai dirilis oleh ESRI pada tahun 2000. Produk utama dari ArcGIS adalah ArcGIS desktop, dimana ArcGIS desktop merupakan perangkat lunak GIS professional yang komprehensif dan dikelompokkan atas tiga komponen yaitu : ArcView (komponen yang fokus pada penggunaan data yang komprehensif, pemetaan, dan analisis), ArcEditor (fokus ke arah pengolahan data spasial), dan ArcInfo (lebih lengkap dalam menyajikan fungsi-fungsi GIS termasuk untuk keperluan analisis *geoprocessing*).

11. Python

a) Defenisi Python

Menurut pengertian dari *Python* software Foundation, *Python* adalah bahasa pemograman tinggi yang dapat melakukan eksekusi sejumlah instruksi multi guna secara langsung (interpretatif), berorientasi objek dan menggunakan semantik yang dinamis untuk memberikan tingkat keterbacaan *syntax*. *Python* memiliki *high-level* struktur data, *dynamic typing* dan *dynamic binding*. *Python* mendukung modul dan paket untuk mendorong kemodularan program dan *code reuse*. *Interpreter Python* dan *standard library* tersedia secara gratis untuk semua platform dan dapat secara bebas disebarakan. Lengkap dengan *source code*, *debugger*, dan *profiler*, antarmuka yang terkandung didalamnya untuk pelayanan *interface*, fungsi sistem, GUI, dan basis datanya.

b) Variabel, Konstanta, dan Tipe Data

1). Variabel

Variabel yaitu lokasi di memori yang digunakan untuk menyimpan nilai. Lokasi tersebut bisa diisi dengan data atau objek, baik itu bilangan bulat (*integrer*), pecahan (*float*), karakter (*string*), dan lain-lain. Python adalah Bahasa pemograman yang *Type-Inferred*, sehingga variabel tidak perlu dideklarasikan secara eksplisit. Deklarasi atau pembuatan variabel terjadi secara otomatis pada saat member (menugaskan) suatu nilai ke variabel. Tanda sama dengan (=) digunakan untuk memberikan nilai ke variabel.

Aturan penulisan variabel:

- a. Nama variabel boleh diawali menggunakan huruf atau garis bawah (`_`),
contoh: `nama`, `_nama`, `namaku`, `nama_variabel`

- b. Karakter selanjutnya dapat berupa huruf, garis bawah (`_`) atau angka, contoh:
`__nama, n2, nilai1`
- c. Karakter pada nama variabel bersifat sensitive (*case-sensitif*). Artinya, huruf kapital dan kecil dibedakan. Misalnya, `variabel_Ku` dan `variabel_ku`, keduanya adalah variabel yang berbeda.
- d. Nama variabel tidak boleh menggunakan kata kunci yang sudah ada dalam python seperti `if`, `while`, `for`, dsb.

Variabel di *python* dapat dibuat dengan format seperti ini:

```
nama_variabel = <nilai>
```

```
contoh: angka = 10
```

Disini kita telah membuat sebuah variabel yang bernama `angka` dan menetapkan nilainya yaitu `10` ke dalam variabel tersebut.

Ketika sebuah variabel tidak dibutuhkan lagi, maka bisa menghapusnya dengan fungsi `del()`.

2) Konstanta

Konstanta (*constant*) adalah tipe dari variabel yang nilainya tidak dapat diubah. Pada python, konstanta biasanya dideklarasikan dan ditetapkan pada sebuah modul. Konstansa dideklarasikan dengan file bernama `konstanta.py` dengan kode `Pi` atau `e`. Contoh: (`PI = 3.14`)

c. Tipe Data Python

Data yang disimpan di memori memiliki tipe yang berbeda-beda. *Python* memiliki tipe data standar yaitu:

Tabel 1 – Tipe Data Python

Tipe Data	Keterangan	Contoh
<i>Integer</i>	Bilangan bulat	<pre>>>> a = 12345678924567789234567</pre>
<i>Float</i>	Bilangan pecahan	<pre>>>> b = 0,123457876543</pre>
<i>complex</i>	Bilangan yang memiliki bagian real dan imajiner.	<pre>>>> c = 1+4j</pre>
<i>String</i>	Serangkaian karakter yang diletakkan diantara tanda kutip.	<pre>Kalimat = "nama saya"</pre>
<i>List</i>	Item yang berurut. Untuk mendeklarasikan list, digunakan tanda kurung [] dan masing-masing anggotanya dipisahkan oleh tanda koma (.).	<pre>>>> lst = [1, 'dua', 3.0]</pre>
<i>Tuple</i>	Jenis data lain yang mirip dengan list. Perbedaannya, anggotanya tidak bisa diubah (<i>immutable</i>)	<pre>White = (255, 255, 255)</pre>
<i>Set</i>	Tipe data yang tidak berurut (<i>unordered</i>). Set memiliki anggota yang unik (tidak ada duplikasi).	<pre>My_set = {1,3,0}</pre>
<i>Dictionary</i>	Tiap anggota terdiri dari pasangan kunci-nilai (<i>key-value</i>)	<pre>D = {1:'satu', 2:'dua', 'tiga':3}</pre>
<i>None</i>	Untuk menentukan bahwa suatu bidang belum dibuat.	<pre>Makanan = none</pre>
<i>Boolean</i>	Hanya memiliki dua nilai yaitu true dan false atau 0 dan 1.	<pre>Bergerak = True</pre>

(Sumber: pythonindo)

d. Fungsi Matematika Pada *Python*

Pada bahasa pemrograman *Python* terdapat fungsi untuk melakukan perhitungan matematis, berikut adalah daftarnya:

Tabel 2 - Fungsi Matematika *Python*

Nama	Penggunaan	Penjelasan
<i>Absolute</i>	<code>abs (x)</code>	Nilai absolut dari x:(positive) jarak antara x and 0
<i>Celling</i>	<code>ceil (x)</code>	Celling dari x: integer terkecil yang kurang dari x.
<i>Cmp</i>	<code>cmp (x, y)</code>	-1 if $x < y$, 0 if $x = y$, or 1 if $x > y$.
<i>Eksponen</i>	<code>exp (x, y)</code>	Nilai eksponen dari x: ex
<i>Fabs</i>	<code>fabs (x)</code>	Nilai absolut dari x.
<i>Floor</i>	<code>Floor (x)</code>	Nilai dasar dari x: internet terbesar tidak lebih besar dari x.
<i>Log</i>	<code>Log (x)</code>	Logaritma dari x, untuk $x > 0$.
<i>Log 10</i>	<code>Log10 (x)</code>	Basis 10 logaritma dari x, untuk $x > 0$.
<i>Max</i>	<code>Max (x1, x2, ...)</code>	Argument terbesar: nilai terdekat dengan tak terhingga positif
<i>Min</i>	<code>Min (x1, x2, ...)</code>	Argument terkecil: nilai yang paling mendekati tak hingga negative.

(Sumber: pythonindo)

B. Penelitian Relevan

Beberapa tulisan yang berkaitan dengan penelitian ini yaitu:

Tabel 3. Penelitian Relevan

No	Peneliti	Judul	Tujuan	Metode	Hasil
1	Yang Yang, Shuliang Song, Fucui Yue, Wen He, Wei Shaoi, Wen Nie (2019)	<i>Supapixel-based automatic image recognition for landslide deformation areas</i>	Penelitian ini menyajikan pengenalan pixel menggunakan <i>Python</i> untuk dapat otomatisasi mengenali area longsor	Metode segmentasi superpixel untuk membantu mengekstrak informasi citra dalam mengenali daerah longsor dan diimplementasikan menggunakan <i>Python</i>	Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa metode pengenalan citra dapat mengidentifikasi fitur longsor pada gambar pemantauan video dengan akurasi tinggi
2	Aminudin Syah, Teuku Faisal Fathan, Fikri Faris (2019)	<i>A Numerical Analysis of Landslide Movements Considering the Erosion and Deposition along the Flow Path</i>	Mengembangkan model numeric pergenrakan longsor	Program simulasi dikembangkan menggunakan bahasa pemograman <i>Python</i> .	Hasil simulasi menunjukkan bahwa formula tambahan pengendapat erosi dapat memperbesar volume dan area yang terkena dampak gerakan longsor

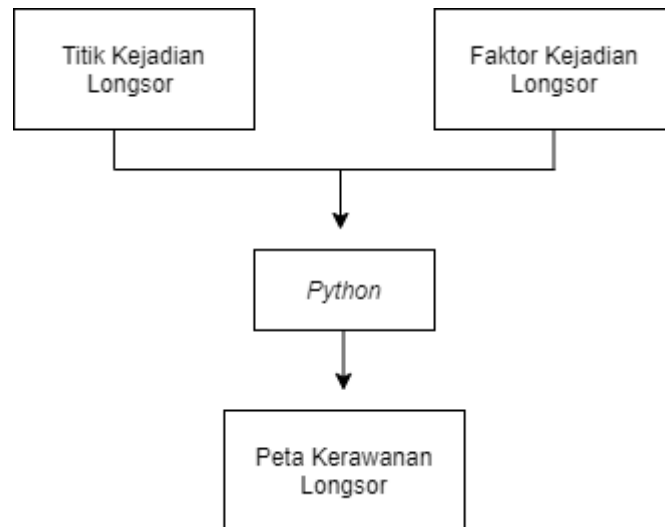
3	Deniz Area, Hakan S. Kutoglu, Kazimierz Becek (2018)	Landslide susceptibility Mapping in an Area of Underground Mining Using the Multicriteria Decision Analysis Method	<i>Python Script</i> dikembangkan untuk melakukan semua perhitungan dan plot gambar. Untuk memastikan LSM dilapisi dengan data inventarisasi longsor <i>in situ</i> dan perkiraan DInSAR peta penurunan tanah.	Metode <i>Multicriteria evaluation</i> (MCE). Metode MCE yaitu menetapkan bobot pada setiap faktor.	Adanya korelasi yang substansial antara LSM dan peta DInSAR. Fakta menunjukkan bahwa algoritma dan sumber data yang digunakan cukup untuk menghasilkan LSM yang akurat
4	Zanya Reubenne D. Omadlao, Nica Magdalena A. Tuguinay, Ricarido M. Saturay, Jr.	Machine Learning-Based Prediction System for Rainfall-induced Landslides in Benguet First Engineering District	Untuk meningkatkan sistem pendukung keputusan mengenai longsor	Klasifikasi terbimbing menggunakan <i>scikit-learn</i>	Penelitian ini menunjukkan potensi <i>machine learning</i> untuk mengidentifikasi pola longsor akibat curah hujan.
5	Bolotbek Biibosunov, Jenish Bekculano (2020)	Information Technologies for Landslides and Mudflows Research	Mengusulkan suatu website khusus ynag berisi hasil-hasil penelitian ilmiah	Metode numeric dan algoritma diimplementasikan dengan menggunakan	Hasil penelitian dengan menggunakan teknologi computer dan pemodelan

			tentang bencana alam	<i>Python.</i>	matematika yang berkaitan dengan hidrodinamik untuk menentukan bencana longsor dan semburan lumpur
6	Romansah Wumu (2016)	Analisa Tingkat Kerentanan Longsor Menggunakan Metode Weighted Linear Combination (WLC) – The Analytic Hierarchy Process (AHP) (Studi Kasus Kecamatan Bone Pantai)	Membuat model SIG untuk penentuan wilayah rawan longsor	Metode skoring atau Weighted Linear Combination (WLC)	Diperoleh model SIG penentuan wilayah rawan longsor

Berdasarkan penelitian relevan diatas, penelitian-penelitian tersebut masih terpisah dengan pemanfaatan yang memiliki kesamaan dan perbedaan masing-masing. Pada penelitian terdahulu memiliki kesamaan yaitu pemanfaatan SIG sebagai metode pengolahan data spasial untuk analisis kerawanan longsor dan pemanfaatan bahasa

pemograman. Disisi lain memiliki perbedaan, yaitu pada penelitian saat ini dilakukan untuk bertujuan mengeluarkan hasil agar dapat mengetahui bagaimana penerapan pemodelan yang dibangun atau disusun dengan bantuan Bahasa pemograman *Python* untuk analisis spasial kerawanan longsor.

C. Kerangka Konseptual



Gambar 7 - Kerangka Konseptual

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Indeks kerawanan longsor di Kecamatan Suliki, Kabupaten Lima Puluh Kota terdapat 4 klasifikasi kerawanan longsor. Wilayah kerawanan longsor tinggi dengan nilai indeks 12337-2935,56 seluas 3840,75 Ha dengan persentase 29,62 % , kerawanan longsor sedang memiliki nilai indeks 2935,56 - 170,43 seluas 2289,70 Ha dengan persentase 17,66 %, kerawanan longsor rendah berada pada nilai indeks 170,43– (-4253,77) seluas 1478,55 Ha dengan persentase 11,40 %, sementara kerawanan longsor sangat rendah terdapat pada nilai indeks (-4253,77) – (-13434) seluas 5355,66 Ha dengan persentase 41,31 %.
2. Berdasarkan hasil analisis faktor penyebab longsor yang paling dominan berdasarkan perhitungan nilai AUC adalah penggunaan lahan (0,88), batuan induk (0,88), dan diikuti oleh kelerengan (0,80).
3. Penggunaan Bahasa pemograman *Python* untuk melakukan eksekusi perintah (*script*) dalam analisis GIS dengan metode statistik bivariat dapat dijalankan dengan baik sesuai hasil yang diharapkan seperti pengolahan GIS manual pada umumnya. Dengan demikian, untuk selanjutnya penggunaan script tersebut dapat digunakan untuk kasus lokasi lainnya pada permasalahan yang sama.

B. Saran

1. Analisis kerawanan longsor dengan metode statistik bivariat dapat digunakan sebagai acuan dalam menentukan perencanaan wilayah dalam skala yang lebih detail.
2. Untuk peneliti selanjutnya perlu melakukan kajian yang lebih mendalam lagi mengenai faktor dominan terjadinya longsor dengan menambahkan beberapa parameter yang kemungkinan berpengaruh terhadap terjadinya longsor.

DAFTAR PUSTAKA

- British Colombia. Landslide Types. Tersedia di: Landslides: Human Health Effects - Scientific Figure on ResearchGate. Available from: https://www.researchgate.net/figure/Cartoons-of-landslide-movement-type-Modified-from-British-Columbia-Geological-Survey_fig20_233906018 [diakses: 20 Januari 2021]
- ESRI. (2018). ArcGIS Dekstop (10.3). <https://desktop.arcgis.com/en/>
- Gurung, dkk. (2013). *Improper agricultural practices lead to landslide and mass movement disasters: A case study based on upper Madi watershed, Nepal*. Plant Science 25 (1) : 30-38.
- Kawabata, dkk. (2009). Landslide susceptibility Mapping Using Geological Data, a DEM From ASTER Images and an Artificial Neural Network (ANN). Elsevier 113 97 – 1009.
- Natanhia, Belinda Rosa. Dkk., (2018). Pemetaan Angka Keamanan Lereng dengan Script *Python* sebagai Mitigasi Bencana Alam Tanah Longsor Bukit Ganoman. Matriks Teknik Sipil : 195 – 204.
- Python Software Foundation. Tersedia di: <https://www.python.org/psf/> [diakses: 25 Januari 2021]
- Python. (2020). Python Books. <https://www.python.org/>
- Qodriyatun, Sri Nurhayati. (2019). Longsor dan Mitigasi Bencana. Pusat Penelitian Badan Keahlian DPR RI 9 (2) 13-18.

- Rohmat, Muhammad Yarjuna. (2016). Penggunaan Metode Analisis Spasial dan Genetic Algorithms (GA) Pada Sistem Penentuan Lokasi Optimum SPBU. Tugas Akhir. Teknik Informatika Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Suranto, Joko Purwoko. (2008). *Kajian Pemanfaatan Lahan Pada Daerah Rawan Bencana Tanah Longsor di Gununglurah, Cilongok, Banyumas*. Tesis. Teknik Pembangunan Wilayah dan Kota Universitas Diponegoro. Semarang
- Soemarno, Wulansari, D.W & Priyono, S., 2009. Tanah Longsor Faktor Penyebab & Problematikanya. Malang: Program Pascasarjana Universitas Brawijaya.
- Wardana, Deny Prasetya Taruma. (2017). Sistem Deteksi Dini Bencana Tanah Longsor Berbasis 3D WebGIS. Skripsi. Sistem Informasi Universitas Brawijaya. Malang.
- Wumu, Romansah. (2016). Analisa Tingkat Kerentanan Longsor Menggunakan Metode Weighted Linear Combination (WLC) – The Analytic Hierarchy Process (AHP) (Studi Kasus Kecamatan Bone Pantai). Tesis. Teknik Geomatika Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Chung Chang-Jo F., dan Fabbri, Andrea G., 2003. “Validation of Spatial Prediction Models for Landslide Hazard Mapping.” *Natural Hazards* 30 (3): 451-72.
- Natanhia, Belinda Rosa. Dkk., (2018). Pemetaan Angka Keamanan Lereng dengan Script *Python* sebagai Mitigasi Bencana Alam Tanah Longsor Bukit Ganoman. *Matriks Teknik Sipil* : 195 – 204.

- Purghasemi, H. R., Moradi, H.R., dan Aghda, S. M. Fatemi., 2013. Landslide Susceptibility Mapping by Binary Logistic Regression, Analytical Hierarchy Process, and Statistical Index Models and Assesment of Their Performances.” *Natural Hazards* 69 (1): 749-79
- Pamella, dkk. 2018. Metode Kombinasi Weight of Evidence (WoE) dan Logistic Regression (LR) untuk Pemetaan Kerentanan Gerakan Tanah di Takengin, Aceh. *Jurnal Lingkungan dan Bencana Geologi* 9 (2) 77 - 86
- Suzen, M. L, dan Doyuran, V., 2004. Data Driven Bivariate Landslide Susceptibility Assesment Using Geographical Information System: A Method and Application to Asarsuyu Catchment, Turkey. *Engineering Geology* 71 (3 4): 303 21