



**PROPOSAL PENELITIAN
SEMINAR BIDANG KAJIAN**

**PREDIKSI MODEL KELONGSORAN PADA LERENG
DENGAN MENGGUNAKAN PENGOLAHAN CITRA
DIGITAL**

DISUSUN OLEH:
EGA JULIA FAJARSARI
99219028

PROGRAM DOKTOR TEKNOLOGI INFORMASI
UNIVERSITAS GUNADARMA

2021

ABSTRAK

Longsoran merupakan salah satu masalah yang banyak terjadi pada lereng alam maupun buatan, dan merupakan salah satu bencana alam yang sering terjadi di Indonesia, terutama pada musim hujan. Kajian mengenai pergerakan tanah/longsor telah menarik banyak perhatian dari berbagai pihak. Kajian tersebut dapat secara efektif membantu pihak berwenang untuk melakukan langkah – langkah pencegahan dan mengurangi risiko kegagalan atau sistem peringatan dini. Namun, model stabilitas lereng sering merumuskan fenomena kegagalan dengan akurasi rendah karena kompleksitas faktor yang mempengaruhi stabilitas lereng tanah. Oleh karena itu, model konvensional lalai menerapkan semua informasi yang tersedia. Di tengah perkembangan teknologi yang semakin pesat dewasa ini, tidak dapat dipungkiri telah membuat siklus akan kebutuhan komputerisasi di segala aspek pun mengalami peningkatan. Tak terkecuali pada bidang Teknik sipil, salah satunya adalah analisis kestabilan lereng, hasil analisis akan di dapat lebih cepat dengan memperhitungkan kondisi dari lereng tersebut jika proses analisis dilakukan dengan cara komputerisasi dibandingkan dengan analisis yang diperoleh dari berbagai metode konvensional dan tidak memperhitungkan kondisi dari lereng tersebut sehingga seringkali terjadi kasus kelongsoran pada lereng yang sebelumnya telah dianalisis dengan metode konvensional dan menghasilkan faktor keamanan yang dikategorikan stabil sesuai dengan ketentuan. Salah satu metode komputerisasi yang dapat digunakan adalah pengolahan citra digital. Pada penelitian ini akan dikembangkan algoritma perhitungan nilai kestabilan lereng serta memberikan gambaran bidang longsor dan jangkauan kelongsorannya dengan menggunakan citra digital agar dapat membantu pihak terkait atau pemerintah daerah dalam pencegahan terhadap kelongsoran untuk daerah rawan longsor.

Kata Kunci : Longsoran, stabilitas lereng, pengolahan citra digital

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
ABSTRAK	ii
DAFTAR ISI	iii
 BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Kontribusi Penelitian	4
 BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Pengolahan Citra Digital	5
2.1.1 Jenis Citra Digital	5
2.1.2 Elemen – Elemen Citra Digital	7
2.2 Operasi Pengolahan Citra	8
2.3 Analisis Kestabilan Lereng	9
2.3.1 Faktor – Faktor Dalam Menganalisis Kestabilan Lereng	10
2.3.2 Faktor- Faktor Yang Mempengaruhi Ketidakstabilan Lereng	12
2.4 Faktor Keamanan Lereng.....	12
2.4.1 Analisi Faktor Kemanan Lereng	13
2.5 Kelongsoran Lereng	15
2.6 Studi Literatur.....	19
 BAB 3 METODOLOGI	
3.1 Tahapan Penelitian	27
 DAFTAR PUSTAKA	iv

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bencana tanah longsor sering dikaitkan dengan datangnya musim penghujan. Bencana tanah longsor (landslides) menjadi masalah yang umum pada daerah yang mempunyai kemiringan yang curam. Longsor atau sering disebut gerakan tanah/batuan adalah suatu peristiwa geologi yang terjadi karena pergerakan masa batuan atau tanah dengan berbagai tipe dan jenis seperti jatuhnya bebatuan atau gumpalan besar tanah. Longsoran merupakan salah satu masalah yang banyak terjadi pada lereng alam maupun buatan, dan merupakan salah satu bencana alam yang sering terjadi di Indonesia, terutama pada musim hujan yang mengakibatkan kerugian materiil yang cukup besar serta menelan korban jiwa.

Kajian mengenai pergerakan tanah/longsor telah menarik banyak perhatian dari berbagai pihak dikarenakan hal ini merupakan salah satu bencana alam yang sering terjadi pada beberapa daerah di Indonesia, khususnya ketika curah hujan sedang tinggi. Para peneliti menggunakan berbagai metode dalam mengkaji permasalahan longsor seperti menggunakan metode geolistrik resistivitas untuk melakukan identifikasi bidang gelincir, metode geologi teknik untuk menghitung stabilitas lereng, dan lain sebagainya. Metode geolistrik bersifat subjektif karena interpretasi dan analisis nilai resistivitas bergantung pada kondisi geologi setempat yang dapat dikonfirmasi dengan melakukan pemboran sampel tanah (*coring*). Pendekatan lain yang juga sering dilakukan adalah metode geologi teknik. Metode ini bersifat objektif karena berdasarkan sifat fisik material tanah longsor dengan kondisi kestabilan lereng *in-situ*. Sifat fisik tanah diperoleh dengan menguji sampel di laboratorium. Analisis kelongsoran dengan metode geolistrik dan metode geologi teknik memberikan hasil yang berbeda.

Metode geolistrik adalah metode geofisika yang digunakan untuk menyelidiki kondisi bawah permukaan dengan cara mengukur sifat listrik tanah atau batuan. Metode geolistrik sudah banyak digunakan dalam berbagai bidang sains. Beberapa contoh untuk penerapan geolistrik pada bidang teknik sipil adalah

untuk mencari tahu stratigrafi tanah dan batu, posisi air tanah, posisi akuifer, permeabilitas tanah dan batu, lokasi batuan dasar, menentukan dimensi dan kedalaman pondasi dan struktur yang ada didalam tanah lainnya. Metode geolistrik dapat diterapkan secara langsung sebagai contoh, untuk menentukan posisi akuifer di tanah. Namun, untuk analisis lebih lanjut seperti analisis stabilitas lereng penggunaan data geolistrik dipandang kurang praktis. Misalnya untuk menentukan kemiringan geometri, pengguna harus memplot data secara manual dengan demikian, pengguna harus mentransfer hasil data geolistrik dengan program analisis stabilitas lereng agar mendapatkan hasil kemiringan lereng dan retakan – retakan yang terdapat pada lereng tersebut. Selain itu, hasil yang diperoleh dengan menggunakan metode manual dianggap tidak akurat dan membutuhkan waktu lama untuk mentransfer data geolistrik ke program analisis stabilitas lereng. [2]

Metode geologi teknik yaitu analisis stabilitas lereng secara manual atau dengan menggunakan program memberikan hasil faktor keamanan dari lereng tersebut serta memberikan gambaran bidang longsornya, akan tetapi hasil dari metode ini diperoleh berdasarkan data lapangan dan laboratorium yang didapat melalui pengambilan sampel tanah dilapangan yang nantinya akan diuji dilaboratorium.

Di tengah perkembangan teknologi yang semakin pesat dewasa ini, tidak dapat dipungkiri telah membuat siklus akan kebutuhan komputerisasi di segala aspek pun mengalami peningkatan. Tak terkecuali pada bidang teknik sipil, analisis kestabilan lereng yang menghasilkan faktor keamanan dari suatu lereng, gambaran bidang longsong, serta retakan – retakan yang terdapat pada lereng akan di dapat dengan waktu yang lebih cepat jika proses pengukuran atau analisis dilakukan dengan cara komputerisasi dibandingkan dengan analisis atau pengukuran yang dilakukan dengan cara manual. Salah satu metode komputerisasi yang dapat digunakan adalah pengolahan citra digital. Pengolahan Citra Digital (*Digital Image Processing*) merupakan bidang ilmu yang mempelajari tentang bagaimana suatu citra itu dibentuk, diolah, dan dianalisis sehingga menghasilkan informasi yang dapat dipahami oleh manusia.

Berdasarkan latar belakang diatas maka dalam penelitian ini akan dikembangkan algoritma perhitungan nilai kestabilan lereng serta memberikan gambaran bidang longsor dan jangkauan kelongsorannya dengan menggunakan citra digital agar dapat membantu pihak terkait atau pemerintah daerah dalam pencegahan terhadap kelongsoran untuk daerah rawan longsor.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana mendapatkan nilai kestabilan lereng tanpa melalui perhitungan menggunakan metode konvensional dan dengan bantuan software.
2. Bagaimana mengembangkan algoritma untuk mendapatkan gambaran bidang longsor dan jangkauan kelongsorannya jika lereng tersebut dinyatakan tidak stabil.
3. Bagaimana mengembangkan algoritma perhitungan nilai kestabilan lereng dan gambaran bidang longsor dan jangkauan kelongsorannya tanpa harus dilakukan pengambilan sampel serta pengujian (lapangan/laboratorium) terlebih dahulu.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mendapatkan nilai kestabilan lereng tanpa melalui perhitungan menggunakan metode konvensional dan dengan bantuan software.
2. Mengembangkan algoritma untuk mendapatkan gambaran bidang longsor dan jangkauan kelongsorannya jika lereng tersebut dinyatakan tidak stabil.
3. Mengembangkan algoritma perhitungan nilai kestabilan lereng dan gambaran bidang longsor dan jangkauan kelongsorannya tanpa harus dilakukan pengambilan sampel serta pengujian (lapangan/laboratorium) terlebih dahulu.

1.4 Kontribusi Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi sebagai berikut :

1. Menghasilkan algoritma perhitungan nilai kestabilan lereng dan gambaran bidang longsor serta jangkauan kelongsorannya.
2. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat membantu pihak terkait atau pemerintah daerah dalam pencegahan terhadap kelongsoran untuk daerah rawan longsor.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengolahan Citra Digital

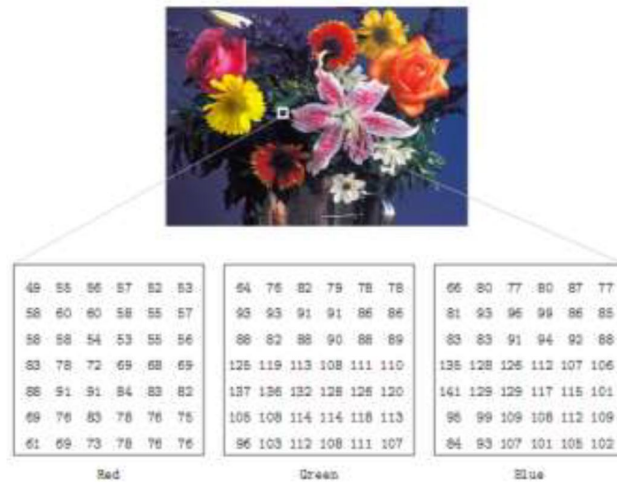
Pengolahan citra digital (*Digital Image Processing*) adalah sebuah disiplin ilmu yang mempelajari tentang teknik-teknik mengolah citra. Citra yang dimaksud disini adalah gambar diam (foto) maupun gambar bergerak (yang berasal dari webcam). Sedangkan digital disini mempunyai maksud bahwa pengolahan citra/gambar dilakukan secara digital menggunakan komputer [16]. Secara matematis, citra merupakan fungsi kontinyu (continue) dengan intensitas cahaya pada bidang dua dimensi. Agar dapat diolah dengan komputer digital, maka suatu citra harus dipresentasikan secara numerik dengan nilai-nilai diskrit. Representasi dari fungsi kontinyu menjadi nilai-nilai diskrit disebut digitalisasi citra. Sebuah citra digital dapat diwakili oleh sebuah matriks dua dimensi $f(x,y)$ yang terdiri dari M kolom dan N baris, dimana perpotongan antara kolom dan baris disebut piksel (*pixel = picture element*) atau elemen terkecil dari sebuah citra [12].

2.1.1 Jenis Citra Digital

Pada aplikasi pengolahan citra digital pada umumnya, citra digital dapat dibagi menjadi 3, *color image*, *black and white image* dan *binary image*.

1. *Color Image* atau RGB (*Red, Green, Blue*).

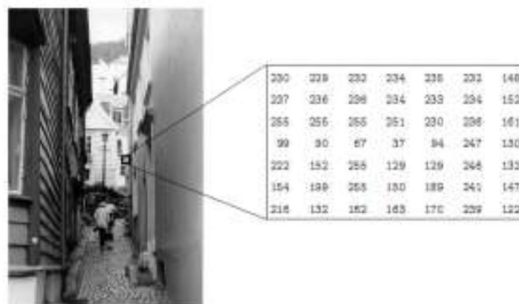
Pada *color image* ini masing-masing piksel memiliki warna tertentu, warna tersebut adalah merah (*Red*), hijau (*Green*) dan biru (*Blue*). Jika masing-masing warna memiliki range 0 - 255, maka totalnya adalah $255^3 = 16.581.375$ (16 K) variasi warna berbeda pada gambar, dimana variasi warna ini cukup untuk gambar apapun. Karena jumlah bit yang diperlukan untuk setiap pixel, gambar tersebut juga disebut gambar-bit warna. *Color image* ini terdiri dari tiga matriks yang mewakili nilai-nilai merah, hijau dan biru untuk setiap pikselnya, seperti yang ditunjukkan gambar 1.



Gambar 1. Color Image [14]

2. *Black and White.*

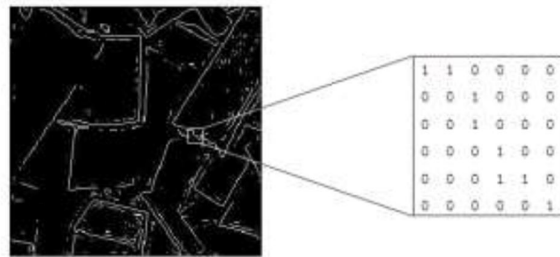
Citra digital *black and white* (*grayscale*) setiap pikselnya mempunyai warna gradasi mulai dari putih sampai hitam. Rentang tersebut berarti bahwa setiap piksel dapat diwakili oleh 8 bit, atau 1 byte. Rentang warna pada *black and white* sangat cocok digunakan untuk pengolahan file gambar. Salah satu bentuk fungsinya digunakan dalam kedokteran (X-ray). *Black and white* sebenarnya merupakan hasil rata-rata dari *color image*.



Gambar 2. *Black and White (Grayscale)* [14]

3. *Binary Image*.

Setiap piksel hanya terdiri dari warna hitam atau putih, karena hanya ada dua warna untuk setiap piksel, maka hanya perlu 1 bit per piksel (0 dan 1) atau apabila dalam 8 bit (0 dan 255), sehingga sangat efisien dalam hal penyimpanan. Gambar yang direpresentasikan dengan biner sangat cocok untuk teks (dicetak atau tulisan tangan), sidik jari (*finger print*), atau gambar arsitektur. *Binary image* merupakan hasil pengolahan dari *black and white image*.



Gambar 3. *Binary Image* [14]

2.1.2 Elemen – Elemen Citra Digital

Adapun elemen-elemen yang membentuk citra digital adalah :

1. Kecerahan (*Brightness*).

Brightness merupakan intensitas cahaya yang dipancarkan piksel dari citra yang dapat ditangkap oleh sistem penglihatan. Kecerahan pada sebuah titik (piksel) di dalam citra merupakan intensitas rata-rata dari suatu area yang melingkupinya.

2. Kontras (*Contrast*).

Kontras menyatakan sebaran terang dan gelap dalam sebuah citra. Pada citra yang baik, komposisi gelap dan terang tersebar secara merata.

3. Kontur (*Contour*)

Kontur adalah keadaan yang ditimbulkan oleh perubahan intensitas pada piksel-piksel yang bertetangga. Karena adanya perubahan intensitas inilah mata mampu mendeteksi tepi-tepi objek di dalam citra.

4. Warna.

Warna sebagai persepsi yang ditangkap sistem visual terhadap panjang gelombang cahaya yang dipantulkan oleh objek.

5. Bentuk (*Shape*).

Shape adalah properti intrinsik dari objek 3 dimensi, dengan pengertian bahwa bentuk merupakan properti intrinsik utama untuk sistem visual manusia.

6. Tekstur (*Texture*).

Texture dicirikan sebagai distribusi spasial dari derajat keabuan di dalam sekumpulan piksel-piksel yang bertetangga. Tekstur adalah sifat-sifat atau karakteristik yang dimiliki oleh suatu daerah yang cukup besar, sehingga secara alami sifat-sifat tadi dapat berulang dalam daerah tersebut. Tekstur adalah keteraturan pola-pola tertentu yang terbentuk dari susunan piksel-piksel dalam citra digital. Informasi tekstur dapat digunakan untuk membedakan sifat-sifat permukaan suatu benda dalam citra yang berhubungan dengan kasar dan halus, juga sifat-sifat spesifik dari kekasaran dan kehalusan permukaan tadi, yang sama sekali terlepas dari warna permukaan tersebut.

2.2 Operasi Pengolahan Citra

Operasi – operasi yang dilakukan didalam pengolahan citra banyak ragamnya. Beberapa jenis operasi pengolahan citra menurut Munir (2004).

1. Perbaikan kualitas citra (*image enhancement*).

Jenis operasi ini bertujuan untuk memperbaiki kualitas citra dengan cara memanipulasi parameter-parameter citra. Dengan operasi ini, ciri-ciri khusus yang terdapat di dalam citra lebih ditonjolkan.

2. Pemugaran citra (*image restoration*).

Operasi ini bertujuan menghilangkan/meminimumkan cacat pada citra. Tujuan pemugaran citra hampir sama dengan operasi perbaikan citra. Bedanya, pada pemugaran citra penyebab degradasi gambar diketahui.

3. Pemampatan citra (*image compression*).

Jenis operasi ini dilakukan agar citra dapat direpresentasikan dalam bentuk yang lebih kompak sehingga memerlukan memori yang lebih sedikit. Hal penting yang harus diperhatikan dalam pemampatan adalah citra yang dimampatkan harus tetap mempunyai kualitas gambar yang bagus.

4. Segmentasi citra (*image segmentation*).

Jenis operasi ini bertujuan untuk memecah suatu citra ke dalam beberapa segmen dengan suatu kriteria tertentu.

5. Pengorakan citra (*image analysis*).

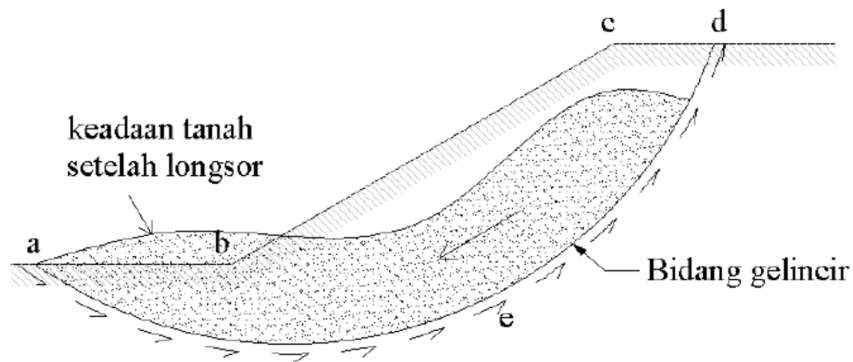
Jenis operasi ini bertujuan menghitung besaran kuantitatif dari citra untuk menghasilkan deskripsinya. Teknik pengorakan citra mengekstraksi ciri-ciri tertentu yang membantu dalam identifikasi objek.

6. Rekonstruksi citra (*image reconstruction*).

Jenis operasi ini bertujuan untuk membentuk ulang objek dari beberapa citra hasil proyeksi.

2.3 Analisis Kestabilan Lereng

Suatu permukaan tanah yang miring yang membentuk sudut tertentu terhadap bidang horisontal disebut sebagai lereng (*slope*). Lereng dapat terjadi secara alamiah atau dibentuk oleh manusia dengan tujuan tertentu. Jika permukaan membentuk suatu kemiringan maka komponen massa tanah di atas bidang gelincir cenderung akan bergerak ke arah bawah akibat gravitasi. Jika komponen gaya berat yang terjadi cukup besar, dapat mengakibatkan longsor pada lereng tersebut. Kondisi ini dapat dicegah jika gaya dorong (*driving force*) tidak melampaui gaya perlawanan yang berasal dari kekuatan geser tanah sepanjang bidang longsor seperti yang diperlihatkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Kelongsoran Lereng

Bidang gelincir dapat terbentuk dimana saja di daerah-daerah yang lemah. Jika longsor terjadi dimana permukaan bidang gelincir memotong lereng pada dasar atau di atas ujung dasar dinamakan longsor lereng (*slope failure*). Lengkung kelongsoran disebut sebagai lingkaran ujung dasar (*toe circle*), jika bidang gelincir tadi melalui ujung dasar maka disebut lingkaran lereng (*slope circle*). Pada kondisi tertentu terjadi kelongsoran dangkal (*shallow slope failure*). Jika longsor terjadi dimana permukaan bidang gelincir berada sedikit lebih jauh di bawah ujung dasar dinamakan longsor dasar (*base failure*). Lengkung kelongsorannya dinamakan lingkaran titik tengah (*midpoint circle*) [7].

Proses menghitung dan membandingkan tegangan geser yang terbentuk sepanjang permukaan longsor yang paling mungkin dengan kekuatan geser dari tanah yang bersangkutan dinamakan dengan Analisis Stabilitas Lereng (*Slope Stability Analysis*).

2.3.1 Faktor – Faktor Dalam Menganalisis Kestabilan Lereng

Faktor – faktor dalam menganalisis kestabilan lereng adalah sebagai berikut :

a. Geometri Lereng

Geometri lereng yang perlu diketahui adalah :

- a) Orientasi (*dip* dan *strike*) lereng
- b) Tinggi dan kemiringan (tiap - tiap jenjang).
- c) Lebar jenjang (*Berm*).

Apabila suatu lereng mempunyai kemiringan yang tetap, maka perubahan ketinggian akan mengakibatkan perubahan kestabilan dari lereng yang bersangkutan, karena berat material lereng yang harus ditahan oleh kekuatan geser tanah atau batuan semakin besar, sehingga semakin tinggi lereng, maka sudut kemiringan lereng yang diperlukan akan semakin kecil.

b. Penyebaran Batuan

Macam penyebaran dan hubungan antar batuan yang terdapat di daerah penyelidikan harus diketahui. Hal ini perlu dilakukan karena sifat fisik dan mekanis batuan berbeda sehingga kekuatan batuan dalam menahan bebannya sendiri juga berbeda.

c. Relief Permukaan Bumi

Faktor ini mempengaruhi laju erosi, pengendapan, menentukan arah aliran air permukaan lebih besar, dan mengakibatkan pengikisan yang lebih banyak. Akibatnya adalah banyak dijumpai singkapan - singkapan yang mempercepat proses pelapukan. Batuan akan mudah lapuk dan mempengaruhi kekuatan batuan. Pada akhirnya kekuatan batuan menjadi kecil sehingga kestabilan lereng berkurang.

d. Struktur Geologi Regional dan Lokal

Struktur geologi yang perlu diketahui adalah bidang diskontinuitas atau bidang lemah seperti sesar, kekar, perlapisan, bidang ketidakselarasan dan sebagainya. Struktur geologi ini merupakan bidang lemah dalam massa batuan dan dapat menurunkan kestabilan lereng.

Struktur geologi ini juga mempengaruhi kekuatan batuan atau paling tidak merupakan tempat rembesan air, sehingga akan mempengaruhi cepat lambatnya pelapukan dimana penentuan arah jurus dan kemiringan bidang tersebut merupakan bagian yang sangat penting dalam melengkapi data analisis.

e. Iklim dan curah hujan

Iklim berpengaruh terhadap kestabilan lereng karena iklim mempengaruhi perubahan temperatur. Temperatur yang cepat berubah akan mempercepat proses pelapukan batuan, sehingga mengurangi gaya tahan dari

lereng tersebut . Untuk daerah tropis pelapukan berlangsung lebih cepat dan kelongsoran pada lereng lebih cepat berlangsung. Dengan kandungan air pada pori batuan yang lebih besar dapat menyebabkan bertambahnya gaya penggerak untuk terjadinya kelongsoran.

f. Sifat Fisik dan Mekanik Batuan

Sifat fisik dan mekanik batuan yang diperlukan untuk menganalisis kestabilan lereng adalah :

- a) Bobot isi
- b) Porositas
- c) Kandungan air
- d) Kuat geser batuan dan bidang lemah
- e) Kuat tekan uniaksial, kuat tarik, modulus deformasi, poison ratio.

Analisis kestabilan lereng untuk mengetahui sifat fisik dan mekanik biasanya menggunakan metode numerik. Istilah umum yang digunakan untuk menyatakan suatu kestabilan lereng adalah faktor keamanan atau faktor kemantapan. Faktor ini merupakan perbandingan antara gaya penahan yang membuat lereng tetap stabil dengan gaya penggerak yang menyebabkan lereng longsor.

2.3.2 Faktor- Faktor Yang Mempengaruhi Ketidakstabilan Lereng

Faktor-faktor penyebab lereng rawan longsor meliputi faktor internal (dari tubuh lereng sendiri) maupun faktor eksternal (dari luar lereng), antara lain:

- 1. Cuaca / Iklim
- 2. Ketidakseimbangan Beban di Puncak dan di Kaki Lereng
- 3. Vegetasi / Tumbuh-tumbuhan
- 4. Naiknya Muka Air tanah
- 5. Pengelolaan Lingkungan

2.4 Faktor Keamanan Lereng

Banyak rumus perhitungan Faktor Keamanan lereng (material tanah) yang diperkenalkan untuk mengetahui tingkat kestabilan lereng ini. Rumus dasar Faktor

Keamanan (Safety Factor, F) lereng yang diperkenalkan oleh Fellinius, Bishop dan kemudian dikembangkan adalah : (Lambe & Whitman, 1969; Parcher & Means, 1974) :

Rumus dasar Faktor keamanan lereng: $\tau = c + \sigma \tan \theta$

$$F_s = \frac{\text{Gaya yang menghambat gerak}}{\text{Gaya yang meningkatkan gerak}}$$

Faktor Keamanan(FK) lereng terhadap longsoran tergantung pada ratio antara kekuatan geser tanah (τ_f) dan tegangan geser yang bekerja (τ_d).

$$FK = \frac{\tau_f}{\tau_d}$$

Tabel 1. Hubungan faktor keamanan lereng dan intensitas longsor(Bowles, 1989)

Nilai Faktor Keamanan	Kejadian/Intensitas longsor
F kurang dari 1,07	Longsor terjadi biasa/sering (lereng labil)
F antara 1,07 – 1,25	Longsor pernah terjadi (lereng kritis)
F diatas 1,25	Longsor jarang terjadi (lereng relatif stabil)

2.4.1 Analisa Faktor Keamanan Lereng

Data yang diperlukan dalam suatu perhitungan analisa faktor keamanan sederhana untuk mencari nilai F (faktor keamanan lereng) adalah sebagai berikut :

- a. Data lereng (terutama diperlukan untuk membuat penampang lereng) meliputi: sudut lereng, tinggi lereng, atau panjang lereng dari kaki lereng ke puncak lereng.
- b. Data mekanika tanah
 - Sudut geser dalam (ϕ ; derajat)

Sudut geser dalam merupakan sudut yang dibentuk dari hubungan tegangan normal dan tegangan geser di dalam material tanah atau batuan. Sudut geser dalam adalah sudut rekahan yang dibentuk jika suatu material dikenai tegangan/gaya terhadapnya yang melebihi tegangan gesernya. Semakin besar sudut geser dalam suatu material maka material tersebut akan lebih tahan menerima tegangan luar yang dikenakan terhadapnya.

- Berat isi tanah basah (γ_{wet} ; g/cm³ atau kN/m³ atau ton/m³)

Nilai berat isi tanah akan menentukan besarnya beban yang diterima pada permukaan bidang longsor, dinyatakan dalam satuan berat per volume. Berat isi batuan/tanah ini juga dipengaruhi oleh jumlah kandungan air dalam batuan tersebut.

- Kohesi (c ; kg/cm² atau kN/m² atau ton/m²)

Kohesi adalah gaya tarik menarik antar partikel dalam batuan/tanah, dinyatakan dalam satuan berat per satuan luas. Kohesi batuan/tanah akan semakin besar jika kekuatan gesernya makin besar. Nilai kohesi (C) diperoleh dari hasil pengujian di laboratorium yaitu dengan melakukan pengujian kuat tekan triaksial (*triaxial test*) dan pengujian kuat geser langsung (*direct shear test*).

- Kadar air tanah (ω ; %)

Kadar air tanah yang dimaksud adalah ketinggian level air tanah yang berada di bawah permukaan lereng. Pengaruh air tanah terhadap kestabilan lereng yaitu adanya tekanan ke atas dari air pada bidang - bidang lemah yang secara efektif mengurangi kekuatan geser dan mempercepat proses pelapukan dari batuan.

Makin besar harga tekanan air (U), maka makin kecil harga kekuatan geser batuan/tanah, sehingga nilai stabilitas lereng (*slope stability*) juga akan makin mengecil. Selain itu, adanya air tanah tersebut juga dapat meningkatkan densitas batuan/tanah dengan memberikan sejumlah tambahan berat beban terhadap massa batuan/tanah tersebut, hal ini juga akan mempengaruhi kestabilan lereng. Pengaruh lain dari air tanah adalah mempercepat terjadinya proses pelapukan, semakin banyak air tanah tersebut mengisi rekahan/celah batuan dan semakin lama air tersebut berada di dalamnya, proses pelapukan akan semakin cepat. Dengan adanya pelapukan ini tentunya akan memperlemah kekuatan massa batuan maupun kekuatan gesernya sehingga secara langsung akan mempengaruhi kestabilan lereng tersebut.

2.5 Kelongsoran Lereng

Permasalahan dari sebuah lereng adalah kelongsoran, definisi kelongsoran adalah luncuran atau gelinciran atau jatuhan dari massa batuan/tanah atau campuran keduanya dari elevasi yang lebih tinggi menuju elevasi yang lebih rendah. Kelongsoran sendiri terjadi karena pergerakan tanah untuk mencari keseimbangan atau kestabilan daya dukung tanah karena tanah terjadi penambahan tegangan geser yang lebih besar dari kuat geser lereng tersebut.

Longsoran merupakan bagian dari gerakan tanah, jenisnya terdiri atas [7] :

- Jatuhan (*Fall*)

Jatuhan adalah massa batuan bergerak melalui udara dari posisi yang lebih tinggi menuju posisi yang lebih rendah.

- Gelinciran (*Slides*)

Gelinciran adalah gerakan yang disebabkan oleh keruntuhan melalui satu atau beberapa bidang yang dapat diamati ataupun diduga.

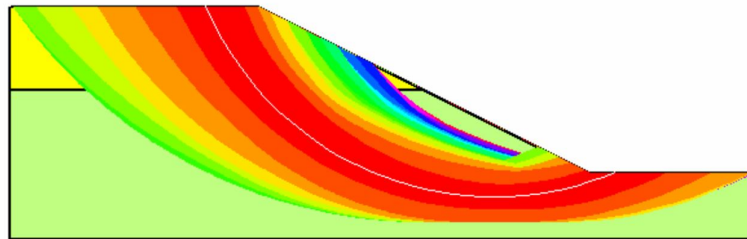
Jenis-jenis kelongsoran yang sering terjadi :

- Kelongsoran dasar (*base slide*), kelongsoran yang bidang kelongsorannya membentuk bidang busur lingkaran pada seluruh bidang lereng.
- Kelongsoran lereng (*slope slide*), kelongsoran yang permukaan kelongsorannya sampai bidang lereng dan belum melewati ujung kaki lereng. Kelongsoran ini hanya terjadi dari bagian permukaan lereng hingga kaki lereng tanpa melewati dasar dari lereng tersebut.
- Kelongsoran di ujung kaki lereng (*toe slide*), kelongsoran yang permukaan bidang kelongsorannya melalui ujung kaki lereng.

Jenis kelongsoran lainnya adalah kelongsoran dengan gerakan translasi. Gerakan ini umumnya terjadi pada lereng dengan permukaan lemah dan memiliki butiran tanah yang lebih kasar. Dalam kelongsoran dengan gerakan translasi ini, massa tanah yang bergerak berlangsung turun dan keluar sepanjang permukaan yang kurang lebih memiliki bentuk planar atau bergelombang dan memiliki sedikit gerakan rotasi tetapi gerakan rotasi tersebut tidak dominan.

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. Gaya-gaya gravitasi dan rembesan (*seepage*) cenderung menyebabkan ketidakstabilan (*instability*) pada lereng alami (*natural slope*), pada lereng yang dibentuk dengan cara penggalian, dan pada lereng tanggul serta bendungan tanah (*earth dams*). Namun selain itu, kelongSORan juga terjadi akibat [7]:

- Penambahan beban pada lereng. Tambahan beban pada lereng berupa bangunan baru, tambahan beban pada lereng oleh air yang masuk kedalam pori-pori tanah maupun yang menggenang dipermukaan lereng.
- Penggalian atau pemotongan tanah pada kaki lereng
- Perubahan posisi muka air secara cepat (*rapid drawdown*) pada bendungan, sungai, dan lain-lain.
- Getaran atau gempa bumi
- Jenis tanah
- Kondisi geometrik lereng



Gambar 5. Bidang Longsor pada Lereng

Pada umumnya analisis stabilitas lereng dapat dibagi menjadi dua kelompok yaitu :

1) Prosedur Massa (*Mass Procedure*)

Pada cara analisis ini massa tanah yang berada di atas bidang gelincir diambil sebagai satu kesatuan. Prosedur ini berguna bila tanah yang membentuk lereng dianggap homogen [7].



Pada cara analisis ini tanah yang ada di atas bidang gelincir dibagi menjadi beberapa irisan-irisan paralel tegak. Stabilitas dari tiap-tiap irisan dihitung secara terpisah. Metode ini lebih teliti karena tanah yang tidak homogen dapat juga dimasukkan dalam perhitungan [7].



17

1. Metode Irisan Biasa (*Ordinary Method of Slices*)

Metode irisan biasa (Fellenius, 1936) merupakan metode yang paling sederhana diantara beberapa metode irisan. Asumsi yang digunakan dalam metode ini adalah resultan gaya antar irisan sama dengan nol dan bekerja sejajar dengan permukaan bidang runtuh, serta bidang runtuh berupa sebuah busur lingkaran. Kondisi kesetimbangan yang dapat dipenuhi oleh metode ini hanya kesetimbangan momen untuk semua irisan pada pusat lingkaran runtuh. Cara ini dapat dipakai pada lereng-lereng dengan kondisi isotropis, non isotropis dan berlapis-lapis. Massa tanah yang bergerak diandaikan terdiri atas beberapa elemen vertikal. Lebar elemen dapat diambil tidak sama dan sedemikian sehingga lengkung busur di dasar elemen dapat dianggap garis lurus.

2. Metode Bishop (*Bishop Method*)

Cara analisis yang dibuat oleh Bishop (1955) menggunakan cara elemen, dimana gaya yang bekerja pada tiap elemen. Persyaratan keseimbangan yang diterapkan pada elemen yang membentuk lereng tersebut. Faktor keamanan terhadap keruntuhan didefinisikan sebagai perbandingan kekuatan geser maksimum yang dimiliki tanah di bidang longsoran ($S_{tersedia}$) dengan tahanan geser yang diperlukan untuk keseimbangan (S_{perlu}) (SKBI-2.3.06, 1987).

3. Metode Janbu (*Janbu Method*)

Metode Janbu yang disederhanakan (Janbu, 1954) juga termasuk salah satu metode yang populer dan sering digunakan dalam analisis kestabilan lereng. Asumsi yang digunakan dalam metode ini yaitu gaya geser antar irisan sama dengan nol. Metode ini memenuhi kesetimbangan gaya dalam arah vertikal untuk setiap irisan dan kesetimbangan gaya dalam arah horisontal untuk semua irisan, namun kesetimbangan momen tidak dapat dipenuhi. Sembarang bentuk bidang runtuh dapat dianalisis dengan metode ini.

2.6 Studi Literatur

Berbagai penelitian mengenai analisis kestabilan lereng dengan berbagai metode antara lain sebagai berikut :

1. Developing A Model Based On Image Processing For Soil Slope Stability Assessment (S. Reza Azimi & Hamid Nikraz, 2017)

Penelitian ini bertujuan untuk segera dan efektif mendeteksi, menelusuri ambang batas dan bentuk keruntuhan untuk mengurangi efek buruknya pada pergerakan lereng serta menyelidiki kemampuan teknik pengolahan citra, yaitu PIV, dalam karakterisasi perilaku lereng tanah tak terbatas dan evaluasi stabilitasnya. Sampel tanah yang termasuk dalam penelitian ini adalah pasir lepas yang memiliki kandungan liat bervariasi yang digunakan untuk menyelidiki pengaruh partikel halus. Dengan demikian, komposisi yang berbeda termasuk tanpa bentonit, 5% bentonit, 10% bentonit, 15% bentonit dan 20% bentonit diperiksa. Bentonit ditambahkan ke sampel untuk mereplikasi efek konten halus untuk menganalisis stabilitas lereng.

Dari hasil yang diperoleh, dengan penambahan bentonit maka kestabilan lereng menurun secara signifikan. Misalnya, pada alinyemen 5° , stabilitas tanah dengan bentonit 5%, tanah dengan bentonit 10%, dan tanah dengan bentonit 15% terus menurun. Penurunan kemiringan lereng dapat secara langsung dikaitkan dengan peningkatan volume bentonit. Karena perpindahan tanah bervariasi dengan komposisi, masalah desain penting dalam analisis stabilitas lereng adalah dekomposisi tanah. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa tanah tanpa bentonit lebih stabil daripada tanah dengan bentonit karena dengan meningkatnya kandungan bentonit maka kestabilan lereng semakin menurun. Untuk semua kurva yang dihasilkan dari teknik pemrosesan gambar, stabilitas kemiringan menurun dengan frame numbers. Oleh karena itu, potensi kestabilan lereng menurun ketika frame number bertambah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa stabilitas lereng merupakan fungsi dari frame number selain derajat komposisi. Alinyemen bervariasi dari 0° sampai 15° , dengan variabel ini menjadi sedikit kurang

signifikan untuk perubahan lereng, dengan efek keselarasan pada stabilitas lereng diabaikan.

2. *Application of Digital Image Technology for Determining Geometry, Stratigraphy, and Position Of Cracks Inside Earth Slope* (2019)

Pada penelitian ini teknik pemrosesan gambar yang digunakan adalah teknik pemrosesan gambar dengan ruang warna RGB (Merah, Hijau, dan Biru). Gambar geolistrik dikonversi menjadi matriks RGB di mana ukuran matriks akan sama dengan ukuran piksel pada gambar. Hasilnya dapat dilakukan dalam tiga model, yaitu:

- a. Model-1, yang dilakukan untuk menentukan geometri lereng. Data yang diproses diperoleh dari resistivitas tomografi, TR, data.
- b. Model-2, yang dilakukan untuk menentukan stratigrafi tanah. Data yang diproses juga diperoleh dari data TR.
- c. Model-3, yang dilakukan untuk mengetahui posisi retakan. Data yang diolah diperoleh dari data TR dan IP.

Hasil yang diperoleh dari penelitian tersebut adalah Metode gambar digital ini dapat dideteksi hingga akurasi 5,78 cm / piksel. Oleh karena itu, semakin besar ukuran piksel dari hasil uji geolistrik, semakin tinggi akurasi yang akan diperoleh. Dengan demikian, hasil pemodelan geometri, lapisan, kemiringan dan kemiringan yang lebih rinci dan akurat juga dapat diperoleh. Semakin besar ukuran piksel dari gambar kemiringan yang diproses, tingkat akurasi hasil program akan lebih tinggi. Metode ini juga dapat mendeteksi geometri lereng yang tidak rata seperti gundukan atau bahkan kubangan di lereng mana pun.

Metode gambar digital ini dapat mendeteksi area biru pada TR dan area merah pada IP secara otomatis. Ini juga dapat melakukan super-posisi kedua area sehingga area retak diperoleh. Metode ini tentu akan sangat sulit jika tidak dilakukan dengan menggunakan teknik pemrosesan gambar digital seperti yang dibahas dalam penelitian ini. Tanpa metode ini, penentuan nilai

akurasi, rasio penskalaan, dan deteksi warna dari data hasil tes geolistrik akan agak sulit dan rumit.

3. *Prediction of Slope Stability using Naive Bayes Classifier* (Xianda Feng et al, 2018)

Penelitian ini memprediksi stabilitas lereng yang mengalami kegagalan rotasi dengan menggunakan *Naive Bayes Classifier* (NBC) berdasarkan pada enam faktor input yaitu ketinggian lereng (H), sudut kemiringan (α), kohesi (c), sudut gesek (ϕ), satuan berat (γ), dan rasio tekanan air pori (r_u). Algoritma *Expectation Maximization* (EM) digunakan untuk melakukan '*parameter learning*' untuk NBC dengan kumpulan data yang tidak lengkap dari 69 kasus kemiringan.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa akurasi keseluruhan dari stabilitas lereng dengan menggunakan model NBC sebesar 97,1%. Selain itu, pada 13 kasus baru yang digunakan untuk memvalidasi model NBC yang diusulkan, hanya dua kasus yang salah diklasifikasikan, yang mana masih dapat diterima untuk practical engineering. Usulan NBC menunjukkan beberapa perbaikan atas persamaan empiris konvensional dalam memprediksi stabilitas lereng, karena menghasilkan akurasi yang lebih tinggi dan memungkinkan untuk tetap dapat diprediksi dengan menggunakan data yang tidak lengkap. Hal tersebut dapat membantu dalam memperkirakan probabilitas stabilitas lereng untuk desain lereng berbasis reliability. Model NBC yang diusulkan dapat digunakan untuk prediksi awal tentang probabilitas stabilitas lereng akan tetapi, NBC bukan metode pengganti untuk analisis yang lebih baik seperti simulasi numerik dimana banyak faktor eksternal yang dipertimbangkan seperti infiltrasi curah hujan dan dukungan lereng.

4. *Prediction of Slope Stability Using Four Supervised Learning Methods* (Yun Lin et al, 2018)

Penelitian ini membandingkan empat metode *supervised learning* untuk memprediksi kestabilan dari suatu lereng berdasarkan analisis ketersediaan data dan karakteristik dari ketidakstabilan lereng yang dilihat berdasarkan satuan berat, kohesi, sudut kemiringan, kemiringan lereng, ketinggian lereng dan rasio tekanan air pori. Penelitian ini mengusulkan *Gravitational Search Algorithm* (GSA), *Random Forest* (RF), *Support Vector Machine* (SVM), dan *Naive Bayesian* (Bayes) untuk mengklasifikasi.

Hasil yang diperoleh pada penelitian ini adalah berdasarkan empat model yang diusulkan GSA dan RF lebih unggul dari SVM dan Bayes dalam menganalisis prediksi kestabilan lereng. Model GSA menghasilkan akurasi, Kappa dan AUC masing – masing sebesar 88,89%, 0,778 dan 0,889, yang bisa dianggap dapat memprediksi dengan sangat baik. Semua parameter yang digunakan pada penelitian ini memiliki peran penting terhadap kestabilan lereng dan kestabilan lereng tidak dapat diprediksi hanya dengan mengandalkan satu parameter saja. Pada model RF dan GSA parameter rasio tekanan air pori dan parameter geometri lereng merupakan faktor yang paling penting dalam analisis kestabilan lereng.

5. *An Improved KNN-Based Slope Stability Prediction Model* (Shuai Huang et al, 2020)

Pada penelitian sebelumnya, algoritma *k-Nearest Neighbor* (KNN) banyak digunakan dalam mengklasifikasikan prediksi, tetapi hal tersebut bergantung pada jumlah sampel pelatihan (*training*). Di dalam penelitian ini, peneliti meningkatkan algoritma KNN untuk mengurangi ketergantungan terhadap jumlah sampelnya, meningkatkan keberhasilan algoritma dan membangun model prediksi stabilitas dari lereng tersebut. Pada penelitian ini dilakukan perbandingan dari model yang diusulkan berdasarkan algoritma KNN yang ditingkatkan dengan model prediksi lain seperti algoritma KNN, algoritma WKNN dan algoritma DWKNN. Untuk lebih menentukan kinerja

dari model yang diusulkan, maka dilakukan perbandingan dengan menggunakan perangkat lunak MIDAS GTS NX serta dilakukan kembali perbandingan dengan menggunakan *Shaking Table Test*.

Hasil dari penelitian ini adalah model prediksi yang diusulkan memiliki akurasi dan keandalan yang tinggi, dan hasil prediksi model yang diusulkan sudah sesuai dengan hasil yang sebenarnya. Keakuratan prediksi model yang diusulkan mencapai 92,85%. Hal ini menunjukkan bahwa model yang diusulkan layak untuk memprediksi stabilitas lereng dan dapat digunakan untuk mengevaluasi stabilitas lereng sebelum desain dan konstruksi pada lereng. Selanjutnya, hasil akurasi prediksi dari model yang diusulkan lebih baik dibandingkan dengan akurasi prediksi dari model prediksi berdasarkan algoritma KNN, WKNN, dan DWKNN di hampir semua pengujian kasus, yang menunjukkan bahwa pendekatan prediksi yang diusulkan melakukan prediksi lebih baik daripada pendekatan lain dengan peningkatan ukuran lingkungan k. Untuk hasil perbandingan dengan menggunakan MIDAS GTS NX, model pendekatan prediksi yang diusulkan hampir mencapai kinerja yang terbaik dibandingkan dengan metode elemen hingga. Akurasi prediksi mencapai 93,75%, hal tersebut menunjukkan model prediksi yang diusulkan dapat digunakan untuk penilaian keamanan dari bahaya pada stabilitas lereng. Sedangkan pada perbandingan dengan menggunakan *Shaking Table Test*, prediksi dari model yang diusulkan memiliki kinerja lebih baik dibandingkan dengan hasil uji *shaking table*, akurasi prediksi mencapai 92,30%. Hal tersebut menunjukkan bahwa model prediksi yang diusulkan dapat digunakan untuk prediksi stabilitas lereng apabila dilakukan pembangunan suatu proyek konstruksi di daerah sekitar lereng tersebut.

6. *Prediction of Slope Failure in Open-pit Mines Using a Novel Hybrid Artificial Intelligence Model Based on Decision Tree and Evolution Algorithm* (Xuan-Nam Bui et al, 2020)

Penelitian ini mengembangkan model kecerdasan buatan yang baru dan sangat akurat untuk memprediksi kestabilan pada suatu lereng. Dalam penelitian ini, delapan teknik AI digunakan untuk mengembangkan model prediksi kegagalan lereng, termasuk ANN, SVR, M5Rules, PSO, FFA, ICA, ABC dan GA. Namun, rincian untuk teknik ANN, PSO, FFA, ICA, ABC dan SVR telah banyak dibahas dalam banyak penelitian sebelumnya. Oleh karena itu, metode tersebut tidak termasuk dalam penelitian ini. Penelitian ini membahas mengenai latar belakang M5Rules dan GA untuk mengembangkan model terbaru dari kombinasi M5Rules-GA. Untuk menilai kinerja model M5Rules-GA yang diusulkan, dipilih studi kasus yaitu lereng penambangan di Vietnam untuk dilakukan analisis menggunakan perangkat lunak.

Berdasarkan hasil penelitian ini, model M5Rules-GA yang diusulkan memberikan akurasi terbaik di antara semua model yang diselidiki untuk perkiraan stabilitas lereng. Model M5Rules secara substansial ditingkatkan menggunakan optimasi GA sehingga mencapai kinerja yang sangat baik dengan nilai RSME, R^2 dan VAF masing – masing sebesar 0,024, 0,983 dan 98,26%. Hal ini menunjuk menunjukkan model M5Rules – GA yang diusulkan memberikan kinerja terbaik di antara model yang lain.

7. *Machine Learning: A Novel Approach to Predicting Slope Instabilities* (Upasna Chandarana Kothari et al, 2017)

Penelitian ini mengembangkan penggunaan *Machine Learning* (ML) untuk memprediksi waktu kegagalan lereng. Pendekatan yang diusulkan untuk memprediksi waktu kegagalan didasarkan pada regresi nonlinear menggunakan ‘*two-layer feedforward network*’. Jaringan prediksi dirancang di MATLAB menggunakan *Neural Network Toolbox*. Berdasarkan 22 dataset yang dimiliki, penelitian ini memperkirakan waktu deformasi dengan

menggunakan kinerja *Machine Learning* (ML) dan metode *Minimum Inverse Velocity* (MIV). Algoritma *Levenberg-Marquardt* digunakan pada penelitian ini untuk memperbaiki / meningkatkan nilai bobot dalam fungsi *training* network yang diuji karena memiliki konvergensi tercepat dan nilai prediksi secara keseluruhan yang lebih baik.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa *Machine Learning* (ML) memberikan nilai prediksi sebesar 86% dengan waktu yang lebih dekat ke waktu kegagalan aktualnya jika dibandingkan dengan metode IV tradisional. Jika dibandingkan dengan MIV, ML memiliki tingkat keberhasilan 72%. Semua prediksi kegagalan menggunakan ML dapat menghasilkan waktu 2 jam dari waktu kegagalan yang sebenarnya (aktual). Lima belas dari 22 dataset yang dianalisis memberikan waktu kegagalan prediksi dalam 30 menit dari waktu aktual kegagalan. Hanya 2 dataset yang memberikan prediksi kegagalan lebih dari 60 menit dari kegagalan sebenarnya. Metode ML menghasilkan 17 dataset dengan prediksi yang aman dan hanya 5 set dengan prediksi yang tidak aman. Lima set dengan prediksi yang tidak aman berada dalam 5 menit dari waktu kegagalan aktual, dalam hal ini hasil prediksi yang tidak aman masih dapat diandalkan.

8. Penerapan Konsep Baru Cracked Soils pada Penangulungan Kelongsoran Lereng (2018)

Penelitian ini menggunakan The concept of cracked soil yang telah dikembangkan dan diaplikasikan untuk menjawab fenomena ketidak sesuaian hasil analisa stabilitas lereng dengan kondisi di lapangan. Analisa stabilitas lereng yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode Bishop. Analisa stabilitas tanah dilakukan dengan mengadopsi the *concept of cracked soil*. Tanah sedalam retakan dimodelkan berperilaku sebagai tanah pasir (*behaving like sand*) dengan parameter $c_{crack} = c_c \neq c_{tanah}$; $c_c = 0$; dan didapatkan dengan melakukan trial terhadap nilai sudut geser dalam tanah yang dianggap mendekati kondisi di lapangan. Dalam rangka memodelkan *pore water*

pressure built up, lereng dianggap jenuh. Model ini dilakukan dalam 3 macam, yaitu:

- 1) Model-1, pemodelan dilakukan pada lereng yang memiliki kontur terkritis (paling terjal) di lokasi pembangunan gedung. Tanah seluruhnya dianggap mengalami retak (*behaving like sand*).
- 2) Model-2, pemodelan dilakukan untuk mengetahui pengaruh intensitas hujan terhadap stabilitas lereng yang telah mengalami retak.
- 3) Model-3, berbeda dengan pemodelan sebelumnya, pada pemodelan ini dilakukan pada bagian tanah disebelah bawah Timbunan yang terjadi pergerakan lereng (terlihat dari adanya pergerakan pohon hingga 10 meter arah horizontal).

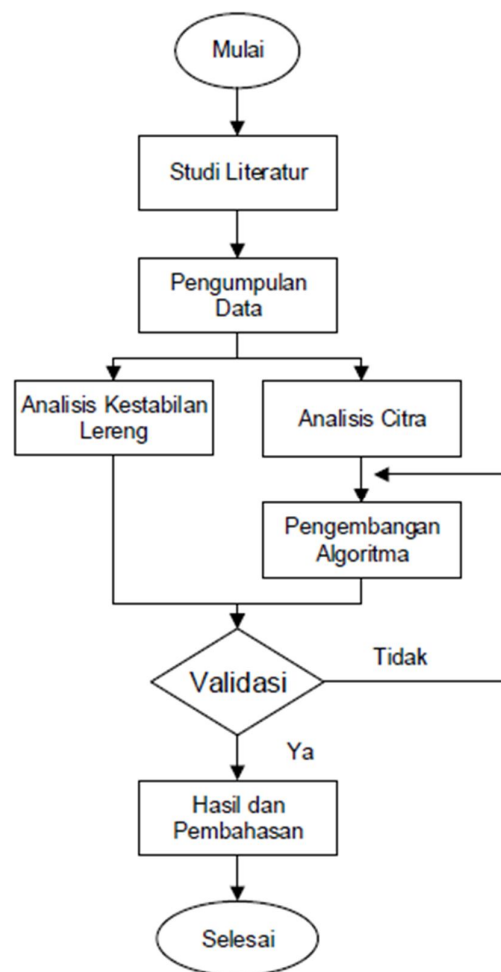
Hasil yang diperoleh dari penelitian tersebut adalah asumsi *behaving like sand* dan *pore water pressure build up* pada the concept of cracked soil ini dianggap paling sesuai diaplikasikan pada kasus pembangunan gedung ini. Hasil analisa ulang stabilitas lereng menggunakan the concept of cracked soil pada pembangunan Gedung Reskrimsus Polda Kalimantan Timur, Balikpapan menunjukkan *safety factor* < 1 (lereng longsor). Hal ini sesuai dengan kondisi di lapangan. Ketinggian muka air tanah sangat berpengaruh terhadap stabilitas lereng, dimana semakin tinggi elevasi muka air tanah semakin kecil angka keamanan (*safety factor*) dari suatu lereng. Untuk itu perlu dilakukan pemasangan drainase untuk “menggebosi” atau mengurangi elevasi muka air tanah pada lereng. Proses penurunan elevasi muka air tanah dilakukan dengan memasang drainase dari bahan kerikil yang dibungkus geotextile. Pada pembangunan gedung ini akan dilakukan penurunan muka air tanah sebesar -1 meter dari permukaan tanah pada timbunan bagian atas dan bawah, serta penurunan sebesar -2 meter pada timbunan bagian tengah.

BAB 3

METODOLOGI

3.1 Tahapan Penelitian

Penelitian ini mengembangkan algoritma perhitungan nilai kestabilan lereng dan gambaran bidang longsor serta jangkauan kelongsorannya. Adapun langkah – langkah yang akan peneliti lakukan adalah sebagai berikut :



Gambar 8. Tahapan Penelitian

a. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mengkaji penelitian-penelitian yang pernah dilakukan yang berkaitan dengan topik penelitian. Studi literatur ini digunakan sebagai bahan referensi dalam pelaksanaan penelitian dan mengkaitkannya antara satu dengan yang lainnya. Literatur diperoleh dari buku, jurnal, paper, dan artikel di internet.

b. Pengumpulan Data

- Data Primer

Data ini diperoleh secara langsung dari lapangan, data yang diperoleh antara lain :

- 1) Foto kondisi lereng (kemiringan, retakan)
- 2) Pengukuran lereng secara langsung di lapangan untuk mendapatkan tinggi lereng serta sudut lereng kajian.
- 3) Pengujian sampel tanah di laboratorium untuk mendapatkan nilai sudut geser (ϕ) dan kohesi (c) yang didapatkan dengan pengujian secara langsung, yaitu dengan melakukan uji geser langsung (*direct shear test*).

- Data Sekunder

Pengumpulan data sekunder dilakukan dengan mengumpulkan informasi dan dokumentasi yang berasal dari :

- 1) Data *properties* tanah terkait dengan hasil uji laboratorium yang telah dilakukan sebelumnya.
- 2) Data tambahan berupa kontur dan potongan melintang lereng kajian untuk dianalisis kestabilannya.

c. Analisis Kestabilan Lereng

Pada tahapan ini, dilakukan analisis kestabilan lereng secara konvensional dan dengan bantuan software yang nantinya akan digunakan untuk memvalidasi pengembangan algoritma yang sudah dibuat.

d. Analisis citra

e. Pengembangan algoritma

f. Validasi

Validasi dilakukan untuk mengecek hasil analisis berdasarkan pengembangan algoritma tersebut, dengan cara membandingkan hasil pengembangan algoritma dengan perhitungan analisis stabilitas lereng dengan cara manual.

g. Hasil dan pembahasan

Hasil yang didapat dari penelitian ini adalah faktor keamanan, bidang longsor serta jangkauan kelongsoran dari suatu lereng sehingga dapat dilakukan langkah-langkah pencegahan atau sistem peringatan dini jika lereng tersebut dinyatakan tidak stabil.

DAFTAR PUSTAKA

- [1.] Alimohammadlou, Y., Najafi, A., and Gokceoglu, C. (2014). “Estimation of Rainfall-Induced Landslides using ANN and Fuzzy Clustering Methods: A Case Study in Saeen Slope, Azerbaijan Province, Iran.” *CATENA*, Vol. 120, pp. 149-162, DOI: 10.1016/j.catena.2014.04.009.
- [2.] Amalia, Dewi et al. 2019. “Application of Digital Image Technology for Determining Geometry, Stratigraphy, and Position Of Cracks Inside Earth Slope”. *International Journal of GEOMATE*, Nov., 2019 Vol.17, Issue 63, pp. 297 – 306. ISSN: 2186-2982 (P), 2186-2990 (O), Japan, DOI: <https://doi.org/10.21660/2019.63.25640>. Geotechnique, Construction Materials and Environment
- [3.] Amalia D., Mochtar I. B., and Mochtar, N. E. 2018. “*Penerapan Konsep Baru Cracked Soils Pada Penanggulangan Kelongsoran Lereng*” [Application of the New Concept of Cracked Soils on Slope Eradication Management], *Industrial Research Workshop and National Seminar*, Vol. 9, 2017. pp. 50-62.
- [4.] Azimi, S. Reza & Hamid Nikraz. “Developing A Model Based on Image Processing for Soil Slope Stability Assessment”. *Global Journal of Engineering Science and Researches*. ISSN 2348 – 8034
- [5.] BNPB. (2012). *Peraturan Kepala Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) No. 02 Tahun 2012 tentang Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana*. Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB). Jakarta.
- [6.] Bui, Nam Xuan., Hoang Nguyen., Yosoon Choi., Trung Nguyen-Thoi., Jian Zhou & Jie Dou. 2020. “Prediction of Slope Failure in Openpit Mines using A Novel Hybrid Artificial Intelligence Model Based on *Decision Tree* and Evolution Algorithm”. *Nature Research Scientific Report*. Volume 10. Article number : 9939.
- [7.] Das, Braja M. 2002. *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 1*. Jakarta: Penerbit Erlangga.

- [8.] Departemen Pekerjaan Umum. 1987. *Petunjuk Perencanaan Penganggulungan Longsoran*, SKBI – 2.3.06.Yayasan Badan Penerbit PU.
- [9.] Feng, Xianda., Shuchen Li., Chao Yuan., Peng Zeng & Yang Sun. 2018. “Prediction of Slope Stability using *Naive Bayes Classifier*”. *KSCE Journal of Civil Engineering*. Volume (2018) 22(3):941-950. pISSN 1226-7988, eISSN 1976-3808.
- [10.] Huang, Shuai., Mingming Huang & Yuejun Lyu. 2020. “An Improved KNN-Based Slope Stability Prediction Model”. *Hindawi Advances in Civil Engineering*. Volume 2020, Article ID 8894.
- [11.] Kothari, Upasna Chandarana & Moe Momayez. 2018. “*Machine Learning: A Novel Approach to Predicting Slope Instabilities*”. *Hindawi International Journal of Geophysics*. Volume 2018, Article ID 4861254.
- [12.] Kusumanto, RD., Alan Novi Tompunu. 2011. “ Pengolahan Citra Digital Untuk Mendeteksi Obyek Menggunakan Pengolahan Warna Model Normalisasi RGB “. Seminar Nasional Teknologi Informasi & Komunikasi Terapan 2011 (Semantik 2011). ISBN 979-26-0255-0.
- [13.] Lenchman, J. B. and Griffiths, D. V. (2000). “Analysis of The Progression of Failure of The Earth Slopes By Finite Elements.” *Slope Stability 2000: Proceedings of Sessions of Geo-Denver 2000*, ASCE, Denver, pp. 250- 265.
- [14.] McAndrew Alasdair, 2004, “*An Introduction to Digital Image Processing with Matlab. Notes for SCM2511 Image Processing 1*”. School of Computer Science and Mathematics Victoria University of Technology.
- [15.] Suryowinoto, Andy et al. 2017. “ Penggunaan Pengolahan Citra Digital Dengan Algoritma Edge Detection Dalam Mengidentifikasi Kerusakan Kontur Jalan “. Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan V 2017 Adhi Tama Surabaya Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, ISBN 978-602-98569-1-0.
- [16.] Sutoyo. T, Mulyanto. Edy, Suhartono. Vincent, Dwi Nurhayati Oky, Wijanarto. 2009. “ *Teori Pengolahan Citra Digital* ”, Andi Yogyakarta dan UDINUS Semarang.