



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGGUNAAN METODE WEIGHT OF EVIDENCE UNTUK
MENAKSIR KERENTANAN TANAH LONGSOR**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains

MOHAMMAD YUKO

0606067572

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM


PROGRAM STUDI SARJANA MATEMATIKA

DEPOK

JULI 2010

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama	: Mohammad Yuko
NPM	: 0606067572
Tanda Tangan	
Tanggal	: 9 Juli 2010

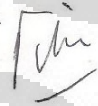

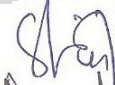
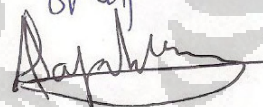
HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh

Nama : Mohammad Yuko
NPM : 0606067572
Program Studi : Matematika
Judul Skripsi : Penggunaan Metode *Weight-of-Evidence* Untuk
Menaksir Kerentanan Tanah Longsor

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dra. Titin Siswantining, DEA. ()
Pembimbing : Dra. Saskya Mary, M.si. ()
Penguji : Sarini Abdullah, M.Stats. ()
Penguji : Dr. Al Haji Akbar B., M.Sc. ()

Ditetapkan di : Depok
Tanggal : 09 Juli 2010

KATA PENGANTAR/UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Sience Jurusan Matematika pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia.

Penulis menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

- (1) Keluarga tercinta, khususnya kedua orangtua penulis, ibu dan ayah yang tiada hentinya selalu memberikan kasih sayang, cinta, perhatian, dukungan, semangat, dan doa kepada penulis, dan juga kepada kakak, serta wanita terdekat penulis yang selalu memberikan dukungan, semangat dan doa.
- (2) Pembimbing tugas akhir penulis, Dra. Titin Siswantining, D.E.A dan Dra. Saska Mary, M.Si, yang selalu sabar membimbing, memberikan saran, bantuan, serta motivasi kepada penulis selama proses penulisan tugas akhir ini.
- (3) Pembimbing akademik, Dra. Nora Hariadi M.Si, yang telah membimbing, memberikan saran, dan banyak bantuan selama penulis kuliah di Matematika.
- (4) Seluruh dosen Departemen Matematika FMIPA-UI yang telah memberikan ilmu yang berguna kepada penulis, terutama kepada Dra. Suarsih Utama, Dra. Nora Hariadi M.Si, Dr. Kiki Ariyanti Sugeng, Prof. Dr. Belawati H Widjaja, Dr. Sri Mardiyati, Dra. Rianti Setiadi M.Si, Dra Denny R. Silaban M.Kom, Dr. Dian Lestari, Dra. Siti Nurrohmah M.Si, Dr. Zuherman Rustam DEA, Arie Wibowo S.Si, M.Si, Rahmi Rusin S.Si, M.Sc.Tech, Mila Novita S.Si, M.Si, Sarini Abdullah S.Si, M.Stats, dan Helen S.Si, M.Si yang telah memberikan saran, nasehat, dan motivasi kepada penulis.
- (5) Seluruh karyawan Departemen Matematika FMIPA-UI, Mbak Santi, Pak Saliman, Mbak Rusmi, Mas Salman, Pak Anshori, Mas Iwan, dan lainnya.
- (6) Sahabat – sahabat penulis Rita, Syafirah, Yuri, Lee, Rendy, Oza, Bekt

Michael, Reza, Stefano, Pangky, Budy, Aliman, dan Ichwan dan yang selalu memberikan semangat, dukungan, dan keceriaan.

- (7) Teman – teman seperjuangan satu bimbingan, Farah, Putri Helmet, Dian, Lee, Yuri yang selalu bersama-sama penulis berjuang mengerjakan skripsi, menjadi tempat bertukar pikiran, dan saling membantu satu sama lain.
- (8) Teman – teman angkatan 2006 seperjuangan Indah, Nurgi, Reza, Latief, Rifza, Yunita, Purwita, Tami, Mella, Farah, Putri Helmet, Dian, Lee, Yuri, Lena, Nadya, Alfa, Mila, Annisa, Widya, Puspa, Rahmanita, Kiki, Tasya, Novianty, Tika, Laninca, Rontu, Dhita, Billy, Tino, Pangky, Indra, Poe, Sutisna, Dhani, Rafly, Rita P, Teguh, Dodi, Rama, Rita, Rendy, Budyono, Aliman, Oza, Bekti, Michael, stefano, Ichwan yang bersama-sama berjuang di Matematika, dan kepada teman – teman angkatan 2006 lainnya yang telah lulus, Anggaha, Rizki, Inne, Mei, Oppie, Ranti, dan Stefani serta Wisnu (ketua angkatan 06 sebenarnya), Haryo, Stefi, Guida, Eva, Sonny, dan Hendry yang sempat bersama saat menjadi maba.
- (9) Yanuar yang telah membantu penulis membuat program, Tri Handhika, dan Murni Handika yang memberikan masukan, saran dan dukungan kepada penulis serta Arumella dan Budi Utami yang membantu dalam hal konsumsi.
- (10) Kakak – kakak angkatan 2004 dan 2005 yang selalu memberikan bantuan, dan inspirasi selama penulis masih dalam perkuliahan.
- (11) Seluruh teman – teman angkatan 2007, 2008 khususnya pada Maemun, Risya, Adi dan Lutfah, dan 2009.

Akhir kata, saya berharap Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Penulis

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Mohammad Yuko
NPM : 0606067572
Program Studi : Matematika
Departemen : Matematika
Fakultas : MIPA
Jenis karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :
Penggunaan Metode *Weight-of-Evidence* Untuk Menaksir Kerentanan Tanah Longsor

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada tanggal : 09 Juli 2010
Yang menyatakan



(Mohammad Yuko)

ABSTRAK

Nama : Mohammad Yuko

NPM : 0606067572

Judul : Metode *Weight-of-evidence* ntuk Menaksir Kerentanan Tanah Longsor

Tanah longsor adalah bencana alam yang dapat menimbulkan jatuhnya korban jiwa dan juga hancurnya setiap benda yang dilalui olehnya. Karena itu sangat penting untuk dapat menaksir probabilitas kerentanan tanah longsor disuatu daerah yang memiliki potensi terjadinya tanah longsor. Telah banyak metode yang dilakukan dalam menaksir lokasi tanah longsor yaitu dengan menggunakan *conditional probability*, *frequency ratio*, dan *weight-of-evidence*. Dalam tugas akhir ini akan digunakan metode *weight-of-evidence dalam menaksir tanah longsor*. Metode *weight-of-evidence* menggunakan konsep teorema Bayes dalam menaksir probabilitas kerentanan tanah longsor. Dengan menggunakan lokasi dari tanah longsor dan juga faktor topografi didapatkan *weight* dari setiap faktor dengan menggunakan metode *weight-of-evidence*. Dari setiap *weight* faktor akan didapatkan *final probability* yang menunjukkan tingkat kerentanan terjadinya tanah longsor dan dengan menggunakan *contrast* dapat ditunjukkan faktor mana yang paling mempengaruhi terjadinya tanah longsor.

Kata Kunci

Tanah longsor, *Weight-of-evidence*, *final probability*, *contrast*

xiv+53 halaman; 3 gambar; 4 tabel

Bibliografi : 12 (1994-2009)

ABSTRACT

Nama : Mohammad Yuko

NPM : 0606067572

Judul : The Weight-of-Evidence Method for Assessing Landslide Susceptibility

Landslide are natural hazard which can cause the loss of human life and also destroy every object which through it. Therefore, it is essential to asses landslide susceptibility in area where have a landslide potential. Many studies have been attempted to asses landslide hazard which are conditional probability, frequency ratio, dan weight-of-evidence. In this final assignment weight-of-evidence method which based on Bayesian theorem will be used for asses landslide susceptibility. Using the location of the landslide as well as topographic factor, the weight-of-evidence was used to calculate the weight of each factors. Final Probability which obtained from each weight's factor shows the level of landslide susceptibility and using the contrast it can be showed which factors affect the distribution of landslide.

Keywords

Landslide, Weight-of-evidence, final probability, contrast

xiv+53 pages; 3 pictures; 4 tables

Bibliography : 12 (1994-2009)

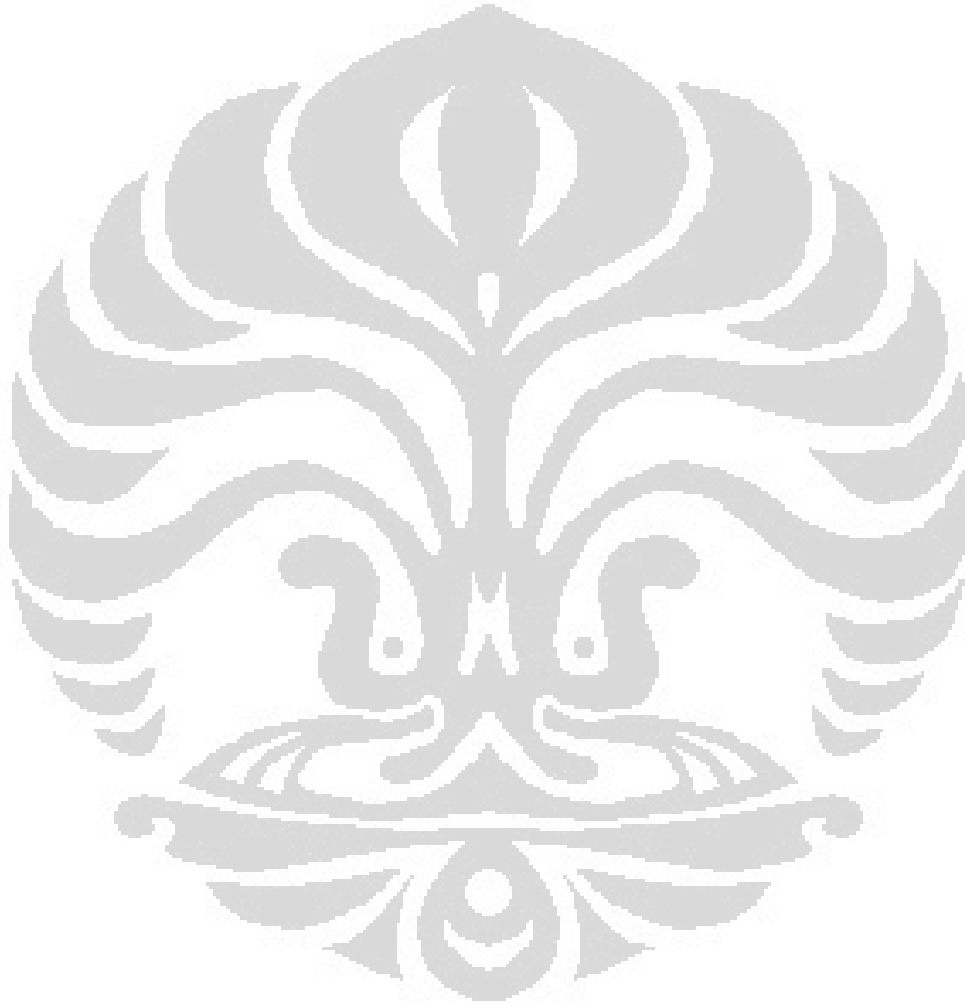
DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
KATA PENGANTAR/UCAPAN TERIMA KASIH	v
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR	vii
ABSTRAK.....	viii
ABSTRACT.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
1.PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Pembatasan Masalah.....	3
1.5 Sistematika Penulisan	3
2.LANDASAN TEORI.....	4
2.1 Tanah Longsor	4
2.2 <i>Weight</i> sebagai penaksir tanah longsor	5
2.3 Probabilitas	6
2.4 Definisi Probabilitas.....	8
2.5 Fungsi Himpunan Probabilitas.....	9
2.6 Probabilitas bersyarat.....	13
2.7 Teorema Bayes.....	15
2.8 Fungsi Logaritma asli	17

3.METODE WEIGHT OF EVIDENCE	20
3.1 Pendahuluan.....	20
3.2 Weight pada Faktor Penyebab Tanah Longsor.....	21
3.3 <i>Final Probability</i>	25
3.4 <i>Contrast</i>	27
4.APLIKASI	29
5.KESIMPULAN	34
DAFTAR PUSTAKA	35
LAMPIRAN	36

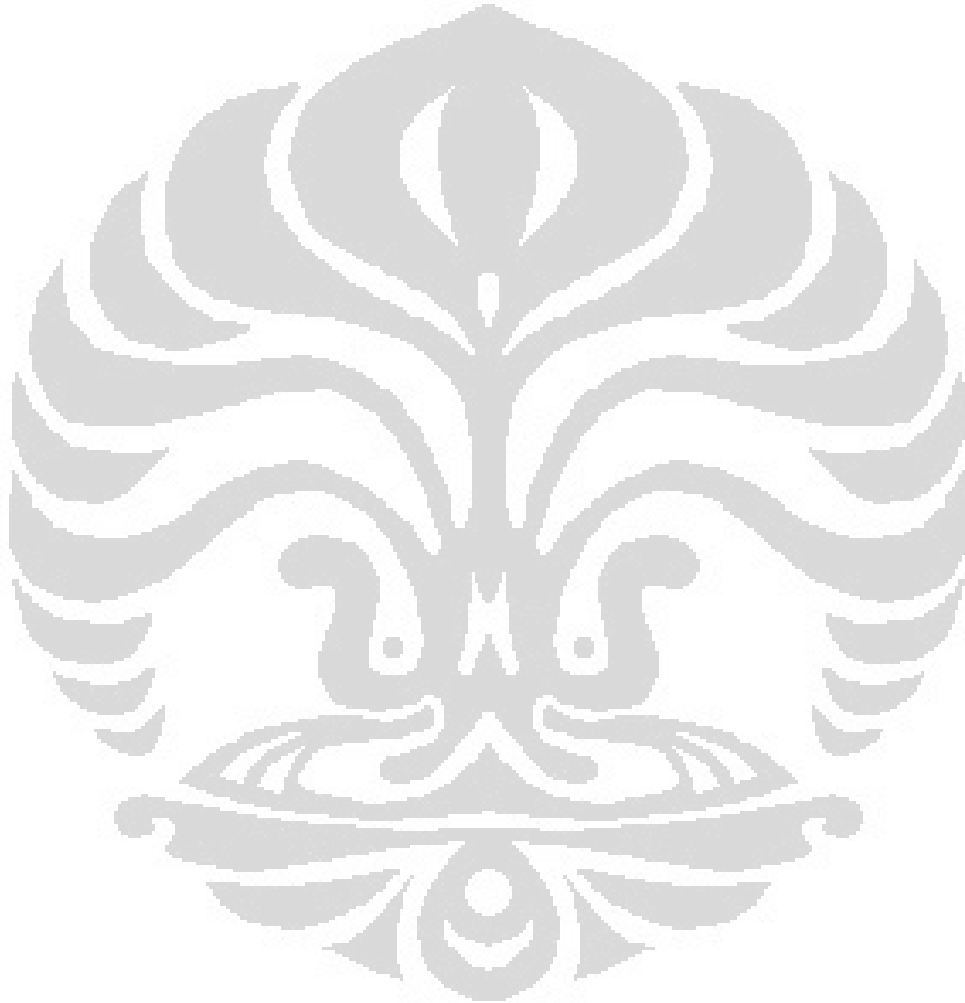
DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 <i>Flowchart</i> metode <i>weight-of-evidence</i>	7
Gambar 4. 1 Cumulated landslide area	31
Gambar 4. 2 Peta kerentanan tanah longsor Lembah Rio Pardu	32



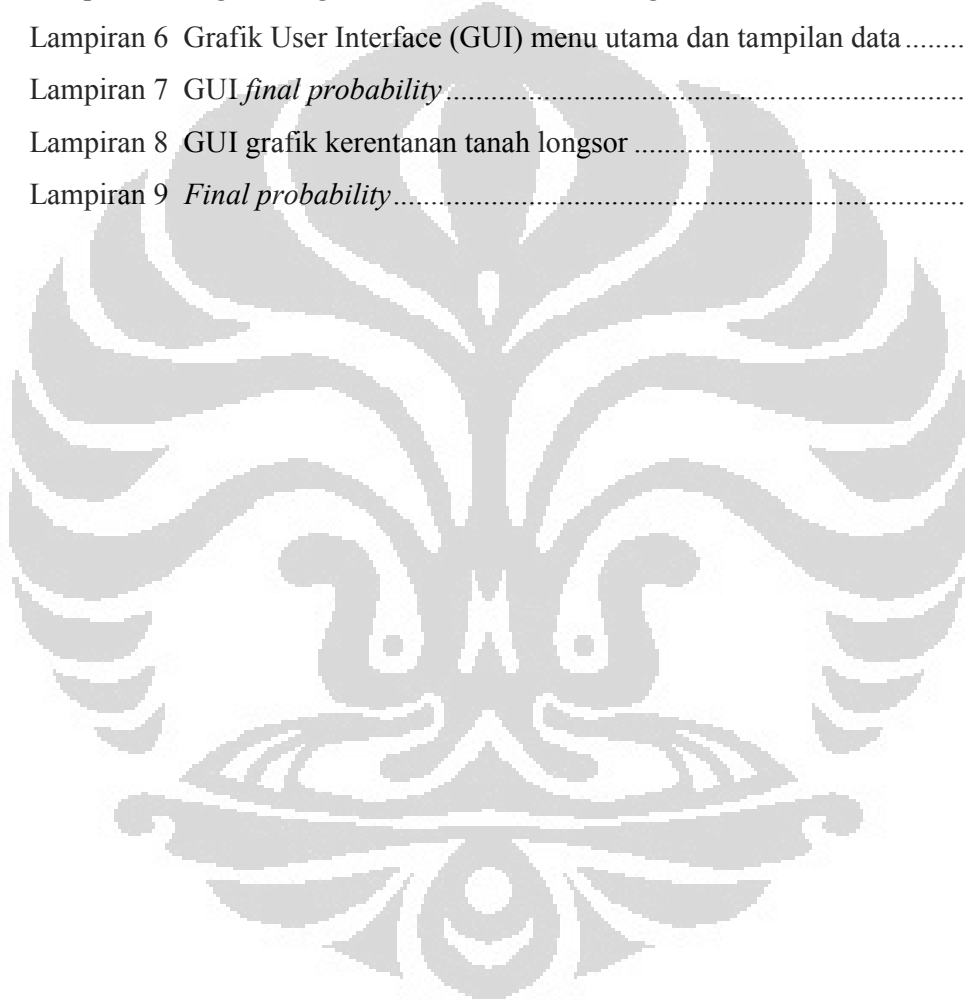
DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Perhitungan <i>weight</i> untuk faktor <i>Lhitology</i>	29
Tabel 4. 2 Perhitungan <i>weight</i> untuk faktor <i>Land Use</i>	30
Tabel 4. 3 Perhitungan <i>weight</i> untuk faktor <i>Slope</i>	31
Tabel 4. 4 kerentanan tanah longsor	32



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Fungsi wplus dan fungsi wminus	36
Lampiran 2 Algoritma menu utama	37
Lampiran 3 Algoritma tampilan data	38
Lampiran 4 Algoritma <i>final probability</i>	40
Lampiran 5 Algoritma grafik kerentanan tanah longsor.....	42
Lampiran 6 Grafik User Interface (GUI) menu utama dan tampilan data	43
Lampiran 7 GUI <i>final probability</i>	44
Lampiran 8 GUI grafik kerentanan tanah longsor	45
Lampiran 9 <i>Final probability</i>	46



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Geographical Information System (GIS) adalah sistem berbasis komputer yang mengintegrasikan data *input* seperti data penyimpanan dan pengolahan, data manipulasi dan analisis, dan data *output* yang digunakan pada data spasial dan data atribut untuk membantu dalam pengambilan keputusan (Malezewski, 1999). Setelah lebih dari 40 tahun pengembangannya, GIS telah menjadi hal yang sangat penting pada berbagai bidang, seperti memonitor lingkungan, pengaturan sumber daya, aplikasi pada perdagangan dan bisnis, dan keperluan lainnya. Penggunaan utama dari GIS adalah untuk mengevaluasi atau memprediksi dengan model integrasi data yang spesifik dengan mengkombinasikan data spasial dan data atribut dari berbagai sumber yang digunakan dalam pengambilan keputusan. (Wang, 2002)

Model untuk mengintegrasikan data dalam GIS dibagi menjadi dua kategori, yaitu *Knowledge-driven modeling* dan *data-driven modeling*. Kedua model ini dibedakan berdasarkan cara untuk menaksir *weight* untuk setiap faktor (Bonham-Carter, 1994). Pada *Knowledge-driven modeling* penentuan potensi adanya tanah longsor dilakukan secara subjektif berdasarkan opini dari para ahli. Metode yang termasuk *Knowledge-driven modeling* adalah *Fuzzy Logic*, Teori *Dempster-Shafer Belief*, dan lain-lain, sedangkan pada *data-driven modeling* penentuan *weight* dilakukan dengan menggunakan metode statistika. Metode yang termasuk pada *data-driven modeling* ini seperti metode *conditional probability*, *frequency ratio*, dan *weight-of-evidence*. (Wang, 2002)

Dalam tugas akhir ini penulis akan membahas bagaimana cara kerja model integrasi *data-driven*, yaitu *weight-of-evidence* dalam menaksir kerentanan tanah longsor. Metode *weight-of-evidence* adalah metode kuantitatif *data-driven* yang digunakan dalam mengkombinasikan himpunan data (Bonham-Carter, 1994; Carranza, 2002). Pada awalnya metode ini dikembangkan untuk mencari potensi

adanya mineral. Setelah beberapa tahun, metode ini diperluas penggunaannya untuk digunakan dalam meneliti adanya bahaya tanah longsor di suatu wilayah.

Metode *weight-of-evidence* digunakan untuk memprediksi terjadinya suatu kejadian tanah longsor berdasarkan kombinasi dari faktor-faktor pada wilayah penelitian (Wang, 2002). Dengan menggunakan metode *Weight-of-Evidence* dapat dihitung tingkat dari pengaruh setiap faktor yang ada untuk digunakan memprediksi adanya tanah longsor. Metode *weight-of-evidence* dapat melakukan perhitungan setiap *weight* dari faktor-faktor yang mempengaruhi tanah longsor dengan menggunakan lokasi tanah longsor dan juga faktor topografi seperti keadaan tanah, hutan dan penggunaan tanah sehingga dapat menaksir kerentanan tanah longsor.

Metode ini sangat objektif dalam membedakan faktor mana yang paling mempengaruhi terjadinya fenomena tanah longsor dikarenakan adanya penghitungan *weight* untuk setiap faktor. Dalam metode ini setiap *weight* dihitung terpisah untuk setiap wilayah penelitian sehingga metode ini dapat menggunakan *weight* yang berbeda untuk faktor yang sama dimana keadaan struktur tanah berbeda. (G & P, 2009)

1.2 Perumusan Masalah

Bagaimana menaksir kerentanan tanah longsor pada wilayah penelitian dengan menggunakan metodologi statistika yang bernama "*Weight-of-Evidence*".

1.3 Tujuan Penelitian

Menaksir probabilitas kerentanan tanah longsor pada wilayah penelitian dengan menggunakan metodologi statistika yang bernama "*Weight-of-Evidence*".

1.4 Pembatasan Masalah

Asumsi independen untuk setiap faktor telah dipenuhi.

1.5 Sistematika Penulisan

- Bab 1 : Bab 1 berisi pendahuluan yang terdiri dari latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, pembatasan masalah, sistematika penulisan.
- Bab 2 : Bab 2 berisi definisi dari tanah longsor beserta landasan teori yang mendukung metode yang dibahas.
- Bab 3 : Bab 3 berisi mengenai pembahasan mengenai metode yang dibahas.
- Bab 4 : Bab 4 berisi mengenai aplikasi dari metode yang dibahas.
- Bab 5 : Bab 5 berisi kesimpulan.

BAB 2

LANDASAN TEORI

Dalam bab ini akan dibahas mengenai mengenai beberapa definisi yang mendukung untuk metode *weight-of-evidence* dan landasan teori yang mendukung metode tersebut.

2.1 Tanah Longsor

Tanah longsor adalah perpindahan material pembentuk lereng berupa batuan, bahan rombakan, tanah, atau material campuran tersebut yang bergerak ke bawah atau keluar lereng (Muhamad Sani, 1996). Tanah longsor merupakan bencana alam yang bersifat sangat merusak kepada setiap hal yang dilaluinya (Lee, Choi, & Min, 202). Bencana alam yang bersifat sangat merusak ini dapat menyebabkan jatuhnya korban jiwa dan juga hancurnya harta benda seperti mobil, rumah bahkan gedung bertingkat.

Penyebab terjadinya tanah longsor sering kali dikaitkan dengan ketidakstabilan pada permukaan tanah yang miring. Terjadinya tanah longsor dapat diidentifikasi oleh satu atau lebih faktor penyebab dan hal yang dapat memicu terjadinya. Perbedaan dari faktor penyebab tanah longsor dan pemicu tanah longsor hampir tidak dipermasalahkan perbedaannya, tetapi sangat penting.

Faktor penyebab terjadinya tanah longsor antara lain:

- Faktor geologi seperti material tanah yang lemah, material tanah yang sensitive, dan lain-lain.
- Faktor morfologi seperti sudut kemiringan, erosi glasial, dan lain-lain.
- Faktor fisik seperti gempa bumi, letusan gunung berapi, dan lain-lain.
- Faktor yang terakhir adalah aktifitas manusia seperti penggunaan tanah, penambangan, dan lain-lain.

Sedangkan pemicu terjadinya tanah longsor adalah hujan lebat dalam jangka waktu yang lama.

Jadi, kombinasi dari faktor penyebab terjadinya tanah longsor membuat permukaan tanah tidak stabil dan pemicu tanah longsor yang memulai terjadi pergerakan tanah longsor.(D.M. & J, 1996)

2.2 *Weight* sebagai penaksir tanah longsor

Penentuan lokasi bahaya tanah longsor pada wilayah yang berpotensi terjadi tanah longsor sangat penting diketahui agar dapat mengetahui kondisi suatu lokasi yang akan dipakai oleh aktifitas manusia atau pendirian bangunan. Oleh karena itu dibentuk pemetaan lokasi bahaya tanah longsor. Pemetaan tersebut menggunakan pengolahan dari data spasial. Data spasial atau disebut juga data geospasial adalah data atau informasi yang memberitahu mengenai karakteristik dari lokasi geografi dan batasan permukaan bumi seperti karakteristik alam, lautan dan lainnya.(www.webopedia.com, 2006)

Metode yang dipakai dalam menentukan terjadinya tanah longsor bertujuan untuk mencari lokasi yang tepat terjadinya bencana alam tersebut. Dalam pencarian potensi terjadinya tanah longsor pada lokasi penelitian dilakukan pemberian *weight* pada setiap faktor penyebab agar didapatkan tingkat kerentanan tanah longsor. Kerentanan tanah longsor diartikan sebagai tingkat probabilitas terjadinya tanah longsor pada lokasi penelitian, dimana jika nilainya mendekati 0 berarti lokasi tersebut sangat stabil dan aman dari bahaya tanah longsor, sedangkan jika nilainya mendekati 1 maka lokasi tersebut semakin rentan terjadinya tanah longsor.

Penentuan *weight* untuk mencari potensi adanya tanah longsor dibagi menjadi dua kategori, yaitu *data-driven modeling* dan *Knowledge-driven modeling*, yang membedakan kedua kategori tersebut adalah cara menaksir *weight*-nya . Pada *Knowledge-driven modeling* penentuan potensi *weight*

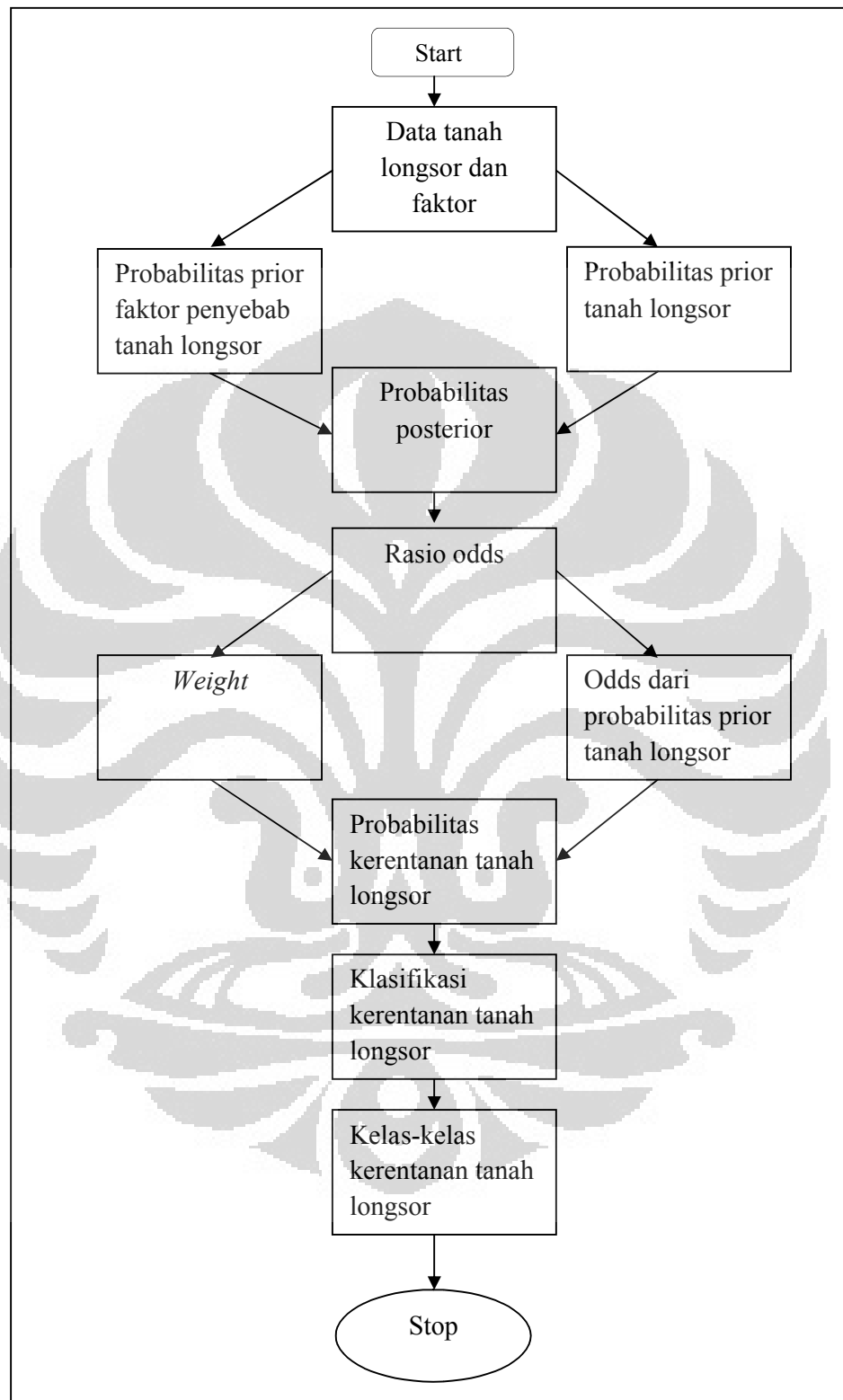
dilakukan secara subjektif berdasarkan opini dari para ahli. Metode yang termasuk *Knowledge-driven modeling* adalah *Fuzzy Logic*, *Teori Dempster-Shafer Belief*, dan lain-lain, sedangkan pada *data-driven modeling* penentuan *weight* dilakukan dengan menggunakan metode statistika. Metode yang termasuk pada *data-driven modeling* ini seperti metode *conditional probability*, *frequency ratio*, dan *weight-of-evidence*. Ketiga metode tersebut dapat digunakan untuk menaksir kerentanan tanah longsor, tetapi dalam pengaplikasiannya metode *weight-of-evidence* lebih mudah dalam menginterpretasikan hasilnya dan dapat diketahui faktor yang paling mempengaruhi terjadinya tanah longsor. (Wang, 2002)

Penggunaan metode *weight-of-evidence* dapat memberikan *weight* pada setiap faktor yang mempengaruhi tanah longsor yang bertujuan untuk didapatkan peta potensi bahaya tanah longsor yang tepat, *flowchart* metode ini ditunjukkan pada gambar 2.1. Analisis terjadinya tanah longsor memerlukan evaluasi mengenai hubungan dari berbagai macam kondisi permukaan tanah dan kejadian tanah longsor. (Wang, 2002)

2.3 Probabilitas

Untuk mengetahui mengenai probabilitas diawali dengan mengetahui beberapa definisi yang sering digunakan dalam probabilitas, yaitu :

- Percobaan acak adalah suatu eksperimen yang diulang-ulang di bawah kondisi yang sama.
- Ruang sampel yang dinotasikan dengan \mathcal{E} adalah himpunan yang elemen-elemennya merupakan semua hasil yang mungkin dari suatu eksperimen.
- Titik sampel adalah elemen dari suatu ruang sampel.
- Kejadian adalah himpunan bagian dari ruang sampel.



Gambar 2.1 Flowchart metode *weight-of-evidence*

Universitas Indonesia

Himpunan semesta juga termasuk kejadian, dan himpunan yang tidak memiliki titik sampel yaitu himpunan kosong yang dinotasikan dengan \emptyset juga termasuk kejadian. Misalkan terdapat dua kejadian C_1 dan C_2 , dari dua kejadian C_1 dan C_2 dimana C_1, C_2 adalah himpunan bagian ruang sampel \mathcal{C} dapat dibuat kejadian lain dengan menggunakan operator sebagai berikut :

- Gabungan dari dua kejadian.

Gabungan dari dua kejadian C_1 dan C_2 adalah himpunan yang semua elemennya berada paling tidak pada salah satu kejadian C_1 atau C_2 ; dituliskan dengan $C_1 \cup C_2$.

- Irisan dari dua kejadian.

Irisan dari dua kejadian C_1 dan C_2 adalah himpunan yang semua elemennya berada pada setiap himpunan C_1 dan C_2 ; dituliskan dengan $C_1 \cap C_2$

- Komplemen dari kejadian.

Komplemen dari kejadian C adalah himpunan yang semua elemennya tidak berada di C ; dituliskan dengan \bar{C} .

2.4 Definisi Probabilitas

Pada sub bab 2.4 akan didefinisikan probabilitas mengenai suatu kejadian C , yang dinotasikan dengan $P(C)$.

Misalkan ada N pengulangan dalam satu percobaan acak. Dalam hal ini dapat dihitung berapa kali kejadian C terjadi, misalkan n kali.

Rasio $\frac{n}{N}$ disebut frekuensi relatif dari kejadian C pada N pengulangan dalam suatu percobaan acak. Pada percobaan yang dilakukan berkali-kali dengan N -nya bertambah besar, nilai frekuensi relatifnya condong stabil atau mendekati suatu nilai tertentu misalnya p . Bilangan nilai p inilah yang nantinya menjadi

probabilitas dari suatu kejadian C atau dinotasikan dengan $P(C)$. Nilai dari p berada di interval $[0,1]$.

2.5 Fungsi Himpunan Probabilitas

Misalkan \mathcal{E} menyatakan suatu himpunan dari setiap hasil yang mungkin dari suatu percobaan acak. Dari penjelasan pada 2.3 telah diketahui bahwa \mathcal{E} adalah ruang sampel. Berikut ini akan didefinisikan fungsi himpunan P sedemikian sehingga jika $C \subset \mathcal{E}$ maka $P(C)$ menyatakan probabilitas bahwa hasil dari suatu percobaan berada di C . Dengan demikian maka fungsi himpunan P adalah suatu fungsi yang didefinisikan dari power set \mathcal{E} ke interval $[0,1]$. Apabila fungsi P diatas memenuhi sifat-sifat berikut ini :

- 1) $P(C) \geq 0$
- 2) $P(C_1 \cup C_2 \cup \dots) = P(C_1) + P(C_2) + \dots$ dimana $C_i \cap C_j = \emptyset, i \neq j$
- 3) $P(\mathcal{E}) = 1$

maka P disebut fungsi himpunan probabilitas. Berikut ini merupakan sifat-sifat dari fungsi himpunan probabilitas :

Teorema 2.1. $\forall C \subset \mathcal{E}, P(C) = 1 - P(\bar{C})$

Bukti :

Misalkan $\mathcal{E} = C \cup \bar{C}$ dan $C \cap \bar{C} = \emptyset$. Berdasarkan sifat 2 dan 3 dari fungsi himpunan probabilitas, maka berlaku :

$$P(\mathcal{E}) = P(C \cup \bar{C}) \tag{2.1}$$

$$1 = P(C) + P(\bar{C}) \quad (2.2)$$

$$P(C) = 1 - P(\bar{C}) \quad (2.3)$$

Teorema 2.2. Probabilitas dari himpunan kosong adalah 0, atau $P(\emptyset) = 0$

Bukti :

Dari teorema 2.1, ambil $C = \emptyset$ maka $\bar{C} = \mathcal{E}$. Maka :

$$P(\emptyset) = 1 - P(\mathcal{E}) = 1 - 1 = 0 \quad (2.4)$$

Teorema 2.3. Jika C_1 dan C_2 adalah himpunan bagian dari \mathcal{E} sedemikian sehingga $C_1 \subset C_2$, maka $P(C_1) \leq P(C_2)$.

Bukti :

$C_2 = C_1 \cup (\bar{C}_1 \cap C_2)$ dan $C_1 \cap (\bar{C}_1 \cap C_2) = \emptyset$. Berdasarkan sifat 2 dari fungsi himpunan probabilitas diperoleh :

$$P(C_2) = P(C_1 \cup (\bar{C}_1 \cap C_2)) \quad (2.5)$$

$$P(C_2) = P(C_1) + P(\bar{C}_1 \cap C_2), P(\bar{C}_1 \cap C_2) \geq 0 \quad (2.6)$$

maka dapat disimpulkan

$$P(C_1) \leq P(C_2) \quad (2.7)$$

Teorema 2.4. $\forall C \subset \mathcal{E}$. maka $0 \leq P(C) \leq 1$

Bukti :

Karena $\emptyset \subset C \subset \mathcal{E}$. maka dari teorema 2.3 diperoleh $P(\emptyset) \leq P(C) \leq P(\mathcal{E})$ atau didapatkan $0 \leq P(C) \leq 1$

Teorema 2.5. Jik a C_1 dan C_2 adalah himpunan bagian dari \mathcal{E} , maka

$$P(C_1 \cup C_2) = P(C_1) + P(C_2) - P(C_1 \cap C_2)$$

Bukti:

$C_1 \cup C_2$ dan C_2 dapat dinyatakan dalam bentuk :

$$C_1 \cup C_2 = C_1 \cup (\overline{C_1} \cap C_2) \quad (2.8)$$

dan

$$C_2 = (C_1 \cap C_2) \cup (\overline{C_1} \cap C_2) \quad (2.9)$$

karena $C_1 \cap (\overline{C_1} \cap C_2) = \emptyset$ dan $(C_1 \cap C_2) \cup (\overline{C_1} \cap C_2) = C_2$, maka berdasarkan sifat 2 dari fungsi himpunan probabilitas diperoleh :

$$P(C_1 \cup C_2) = P(C_1 \cup (\overline{C_1} \cap C_2)) \quad (2.10)$$

$$P(C_1 \cup C_2) = P(C_1) + P(\overline{C_1} \cap C_2) \quad (2.11)$$

dan

$$P(C_2) = P((C_1 \cap C_2) \cup (\overline{C_1} \cap C_2)) \quad (2.12)$$

$$P(C_2) = P(C_1 \cap C_2) + (\overline{C_1} \cap C_2) \quad (2.13)$$

Dengan dengan mengurangkan persamaan (2.11) dan (2.13) diperoleh :

$$P(C_1 \cup C_2) - P(C_2) = P(C_1) - P(C_1 \cap C_2) \quad (2.14)$$

$$P(C_1 \cup C_2) = P(C_1) + P(C_2) - P(C_1 \cap C_2) \quad (2.15)$$

Beberapa konsep yang sering dipakai dalam pembahasan probabilitas antara lain:

1. Kejadian *mutually exclusive*

Misalkan \mathcal{E} ruang sampel, dan misalkan C_1, C_2, \dots adalah subset dari \mathcal{E} .

Apabila C_1, C_2, \dots tidak saling beririsan maka C_1, C_2, \dots disebut kejadian-kejadian yang *mutually exclusive*.

2. Kejadian *mutually exclusive* dan *exhaustive*

Apabila $\mathcal{E} = C_1 \cup C_2 \cup \dots$ dan C_1, C_2, \dots adalah kejadian-kejadian yang *mutually exclusive*, maka menurut sifat 2 dari fungsi himpunan probabilitas diperoleh :

$$P(\mathcal{E}) = P(C_1) + P(C_2) + \dots \quad (2.16)$$

$$1 = P(C_1) + P(C_2) + \dots \quad (2.17)$$

Jika berlaku $P(C_1) + P(C_2) + \dots = 1$ Maka C_1, C_2, \dots disebut kejadian-kejadian yang *mutually exclusive* dan *exhaustive*.

3. Kejadian *equally likely*

Misalkan \mathcal{E} adalah ruang sampel, dan $\mathcal{E} = C_1 \cup C_2 \cup \dots \cup C_k$ dengan

C_1, C_2, \dots, C_k kejadian *mutually exclusive* dan *exhaustive*. Misalkan

Universitas Indonesia

C_1, C_2, \dots, C_k memiliki probabilitas yang sama, $P(C_i) = \frac{1}{k}, i = 1, 2, \dots, k$. maka kejadian C_1, C_2, \dots, C_k disebut *equally likely*.

2.6 Probabilitas bersyarat

Pada beberapa percobaan acak, terkadang hanya akan dilihat hasil yang merupakan elemen-elemen dari suatu himpunan bagian C_1 , dimana $C_1 \subset \mathcal{E}$. Hal ini berarti bahwa ruang sampel yang digunakan adalah himpunan bagian C_1 . Masalah yang muncul adalah bagaimana mendefinisikan fungsi himpunan probabilitas dengan C_1 sebagai ruang sampel yang baru.

Misalkan probabilitas $P(C)$ ditentukan dalam ruang sampel \mathcal{E} , dan misalkan $C_1 \subset \mathcal{E}$ sedemikian sehingga $P(C_1) > 0$. Setelah itu diambil C_1 sebagai ruang sampel yang baru. Misalkan terdapat lagi $C_2 \subset \mathcal{E}$. Apabila probabilitas kejadian C_2 Relatif terhadap ruang sampel C_1 disebut probabilitas bersyarat kejadian C_2 relatif terhadap kejadian C_1 , atau secara singkat disebut probabilitas bersyarat C_2 diketahui C_1 . Dinotasikan dengan $P(C_2|C_1)$.

Karena C_1 sekarang adalah ruang sampel yang baru maka elemen-elemen C_2 juga elemen-elemen dari C_1 , yaitu elemen-elemen dari $C_1 \cap C_2$. Karena hal tersebut $P(C_2|C_1)$ dapat didefinisikan sebagai berikut :

$$P(C_1|C_1) = 1 \text{ dan } P(C_2|C_1) = P(C_1 \cap C_2|C_1) \quad (2.18)$$

Dari sudut pandang frekuensi relatif, rasio dari probabilitas kejadian $C_1 \cap C_2$ dan C_1 relatif terhadap ruang sampel C_1 , dan sama dengan rasio probabilitas kejadian yang relatif terhadap ruang sampel \mathcal{E} , maka

$$\frac{P(C_1 \cap C_2 | C_1)}{P(C_1 | C_1)} = \frac{P(C_1 \cap C_2)}{P(C_1)} \quad (2.19)$$

Berdasarkan persamaan (2.18) dan (2.19) maka didapatkan relasi

$$P(C_2 | C_1) = \frac{P(C_1 \cap C_2)}{P(C_1)} \quad (2.20)$$

Persamaan (2.20) adalah definisi yang sesuai dari probabilitas bersyarat C_2 diketahui C_1 .

Konsep dan definisi tambahan yang digunakan dalam probabilitas bersyarat antara lain :

1. Probabilitas bersyarat untuk kejadian yang independen

Apabila terdapat dua kejadian C_1 dan C_2 yang saling bebas maka

$$P(C_2 | C_1) = P(C_2) \quad (2.21)$$

atau

$$P(C_1 | C_2) = P(C_1) \quad (2.22)$$

Didapatkan persamaan (2.21), karena untuk kejadian yang independen $P(C_2 \cap C_1) = P(C_2) \times P(C_1)$, dan faktor $P(C_1)$ akan saling menghilangkan. Apabila kejadian C_1 dan kejadian C_2 adalah kejadian yang saling bebas maka kejadian C_1 tidak mempengaruhi probabilitas kejadian C_2 .

2. *Conditional independence* (Fernando & Smith, 1994)

Misalkan terdapat Kejadian C_1, C_2, \dots, C_n pada ruang sampel \mathcal{C} dan terdapat kejadian lain C dengan $P(C) > 0$, kejadian C_1, C_2, \dots, C_n dikatakan *conditionally independence*, jika

$$P(\cap C_i | C) = \prod P(C_i | C) \quad (2.23)$$

3. Aturan Penggandaan (Hogg & Craig, 1995)

Jika dalam suatu percobaan kejadian C_1 dan C_2 keduanya dapat terjadi sekaligus, maka

$$P(C_1 \cap C_2) = P(C_2 \cap C_1) = P(C_1)P(C_1|C_2) \quad (2.24)$$

2.7 Teorema Bayes

Misalkan kejadian-kejadian C_1, C_2, \dots, C_n adalah *mutually exclusive* dan *exhaustive* sedemikian sehingga $P(C_i) > 0, i = 1, 2, \dots, n$. Misalkan kejadian-kejadian tersebut membentuk suatu partisi dari \mathcal{E} . Dalam hal ini kejadian-kejadian C_1, C_2, \dots, C_n tidak perlu *equally likely*. Misalkan C suatu kejadian di \mathcal{E} sedemikian sehingga $C = (C \cap C_1) \cup (C \cap C_2) \cup \dots \cup (C \cap C_n)$, dimana $(C \cap C_1), (C \cap C_2), \dots, (C \cap C_n)$ *mutually exclusive*. Berarti berlaku :

$$P(C) = P(C \cap C_1) + P(C \cap C_2) + \dots + P(C \cap C_n) \quad (2.25)$$

Berdasarkan aturan penggandaan

$$P(C \cap C_i) = P(C_i)P(C|C_i), i = 1, 2, \dots, n \quad (2.26)$$

Dengan demikian maka :

$$P(C) = P(C_1)P(C|C_1) + \dots + P(C_n)P(C|C_n) \quad (2.27)$$

$$= \sum_{i=1}^n P(C_i)P(C|C_i) \quad (2.28)$$

Persamaan (2.28) disebut hukum probabilitas total.

Dan misalkan $P(C) > 0$, dari definisi probabilitas bersyarat dan dengan menggunakan hukum probabilitas total diperoleh :

$$P(C_j|C) = \frac{P(C \cap C_j)}{P(C)} = \frac{P(C_j)P(C|C_j)}{\sum_{i=1}^n P(C_i)P(C|C_i)} \quad (2.29)$$

Persamaan (2.29) disebut dengan Teorema Bayes. Dimana $P(C_j)$ adalah probabilitas prior dan $P(C_j|C)$ adalah probabilitas posterior.

Konsep yang dipakai dalam pembahasan teorema bayes antara lain:

1. Rasio Odds

Cara lain untuk menyatakan kejadian yang tidak pasti dapat dimodelkan dalam bentuk rasio *odds* dari suatu kejadian. Rasio odds untuk kejadian C yang dinotasikan dengan $odds(C)$ sama dengan probabilitas dari terjadinya suatu kejadian dibagi dengan kejadian yang tidak terjadi :

$$odds(C) = \frac{P(C)}{P(\bar{C})} \quad (2.30)$$

Karena probabilitas tidak terjadinya suatu kejadian sama dengan satu dikurang probabilitas terjadinya suatu kejadian, maka terdapat hubungan satu-satu antara odds dari suatu kejadian dengan probabilitasnya,

$$odds(C) = \frac{P(C)}{1-P(C)} \quad (2.31)$$

Jika probabilitas prior dinyatakan dalam bentuk rasio odds , akan didapatkan rasio odds prior. Dengan kata lain rasio sebelum dianalisisnya suatu data. Jika probabilitas posterior dinyatakan dalam bentuk rasio odds, akan didapatkan rasio odds posterior.

Dengan menyelesaikan persamaan untuk probabilitas kejadian C didapatkan

$$odds(C) = \frac{P(C)}{1-P(C)} \quad (2.32)$$

$$odds(C) - odds(C)P(C) = P(C) \quad (2.33)$$

$$odds(C) = P(C) + odds(C)P(C) \quad (2.34)$$

$$odds(C) = P(C)(1 + odds(C)) \quad (2.35)$$

$$P(C) = \frac{odds(C)}{1+odds(C)} \quad (2.36)$$

Dapat dilihat bahwa terdapat korespondensi satu-satu antara rasio odds dengan probabilitas.

2.8 Fungsi Logaritma asli

Fungsi logaritma natural dinyatakan dengan \ln , dan didefinisikan sebagai

$$\ln x = \int_1^x \frac{1}{t} dt, \quad x > 0 \quad (2.40)$$

Daerah asalnya adalah himpunan bilangan real positif. Turunan logaritma asli didefinisikan sebagai

Universitas Indonesia

$$D_x(\ln x) = \frac{1}{x}, x > 0 \quad (2.41)$$

Teorema 2.6

Jika a dan b bilangan-bilangan positif dan r sebuah bilangan rasional, maka :

- i. $\ln 1 = 0$
- ii. $\ln ab = \ln a + \ln b$
- iii. $\ln \frac{a}{b} = \ln a - \ln b$
- iv. $\ln a^r = r \ln a$

Bukti :

- i. $\ln 1 = \int_1^1 \frac{1}{t} dt = 0$
- ii. Karena untuk $x > 0$,

$$D_x(\ln ax) = \frac{1}{ax} \cdot a = \frac{1}{x} \quad (2.42)$$

dan

$$D_x(\ln x) = \frac{1}{x} \quad (2.43)$$

menurut teorema tentang dua fungsi dengan turunan sama yaitu Jika $F'(x) = G'(x)$ untuk semua x dalam (a,b) , maka terdapat konstanta C sedemikian rupa sehingga $F(x) = G(x) + C$, untuk semua x dalam (a,b) , bahwa

$$\ln ax = \ln x + \ln a \quad (2.44)$$

akhirnya, ambil $x = b$

- iii. Gantikan a dengan $1/b$ dalam (ii) untuk memperoleh

$$\ln \frac{1}{b} + \ln b = \ln \left(\frac{1}{b} \cdot b \right) = \ln 1 = 0 \quad (2.45)$$

jadi

$$\ln \frac{1}{b} = -\ln b \quad (2.46)$$

Dengan menerapkan (ii) lagi, diperoleh

$$\ln \frac{a}{b} = \ln \left(a \cdot \frac{1}{b} \right) = \ln a + \ln \frac{1}{b} = \ln a - \ln b \quad (2.47)$$

iv. Karena, untuk $x > 0$

$$D_x (\ln x^r) = \frac{1}{x^r} \cdot r x^{r-1} = \frac{r}{x} \quad (2.48)$$

dan

$$D_x (r \ln x) = r \cdot \frac{1}{x} = \frac{r}{x} \quad (2.49)$$

Disusul oleh teorema dua fungsi dengan turunan sama yang digunakan pada (ii), bahwa

$$\ln x^r = r \ln x + C \quad (2.50)$$

Andaikan $x = 1$, maka pada persamaan (2.50) didapatkan $C = 0$. Jadi,

$$\ln x^r = r \ln x \quad (2.51)$$

Hasil yang setara dengan (iv)

BAB 3 METODE WEIGHT OF EVIDENCE

3.1 Pendahuluan

Metode *weight-of-evidence* adalah metode kuantitatif *data-driven* yang digunakan dalam mengkombinasikan himpunan data. Metode *Weight-of-Evidence* menggunakan konsep teorema bayes untuk menaksir hubungan dari faktor-faktor terhadap suatu kejadian berdasarkan ilmu statistika. Pada awalnya metode ini dikembangkan untuk mencari potensi adanya mineral. Setelah beberapa tahun, metode ini diperluas penggunaannya untuk digunakan dalam meneliti adanya bahaya tanah longsor di suatu wilayah. (Lee et al., 2004; Rezaei Moghaddam et al., 2007)

Metode ini berdasarkan teorema bayes dan konsep dari probabilitas prior dan posterior. Konsep lain yang digunakan di metode ini adalah odds, yang didefinisikan sebagai rasio probabilitas dari kejadian yang akan terjadi terhadap kejadian yang tidak akan terjadi. Dengan menggunakan metode *Weight-of-Evidence* dapat dihitung tingkat dari pengaruh setiap faktor yang ada untuk digunakan memprediksi adanya tanah longsor dimasa depan. (Wang, 2002)

Terdapat tiga tahapan dalam menentukan tingkat kerentanan tanah longsor pada wilayah penelitian. Tahap awal yang dilakukan adalah memberikan *weight* pada setiap kelas dari setiap faktor yang sudah ditentukan, setelah mendapatkan semua *weight* untuk masing-masing faktor, pada tahap kedua dilakukan penghitungan *final probability* untuk masing-masing wilayah sampel. Setelah semua *final probability* telah didapatkan untuk wilayah penelitian dilakukan tahap yang terakhir, yaitu pengklasifikasian *final probability* untuk semua wilayah sampel berdasarkan grafik frekuensi kumulatif dalam terjadinya tanah longsor atau dengan menggunakan histogram. Dari hasil pengklasifikasian tersebut didapatkan kelas-kelas dari tingkat kerentanan tanah longsor.

3.2 *Weight* pada Faktor Penyebab Tanah Longsor

Untuk sembarang himpunan terjadinya tanah longsor yang dinotasikan dengan D pada wilayah penelitian T , dimana wilayah penelitian yang diamati dibagi menjadi sebanyak n sampel wilayah dan himpunan faktor yang mempengaruhi terjadinya tanah longsor yang dinotasikan dengan $B_i, i = 1, 2, \dots, k$. Masalah yang akan diselesaikan adalah menaksir tingkat kerentanan tanah longsor yang terjadi pada wilayah yang diteliti. Faktor yang mempengaruhi tanah longsor biasanya memiliki kategori yang banyak. Karena jumlah wilayah sampel pada wilayah penelitian yang terjadi tanah longsor biasanya sedikit, faktor yang memiliki kategori yang banyak menghasilkan estimasi *weight* yang tidak baik, maka sebaiknya menyederhanakan faktor agar mendapatkan estimasi *weight* yang baik. (Phi & Bac, 2004)

Model *weight-of-evidence* berdasarkan aturan Bayesian, dengan tambahan asumsi bahwa faktor-faktor yang mempengaruhi tanah longsor *conditionally independent*. Diberikan sejumlah wilayah sampel yang dinotasikan dengan $N(D)$ yang terdapat kejadian tanah longsor D , probabilitas prior dari terjadinya tanah longsor pada wilayah penelitian adalah probabilitas terjadinya kejadian tanah longsor D tanpa adanya informasi mengenai faktor yang menyebabkan tanah longsor tersebut dan dituliskan dalam persamaan (3.1) :

$$P(D) = \frac{N(D)}{N(T)} \quad (3.1)$$

Sekarang dimisalkan terdapat satu faktor yang mempengaruhi tanah longsor yang dinotasikan dengan B yang terjadi pada sejumlah $N(B)$ wilayah sampel, dan terdapat sejumlah tanah longsor yang terjadi pada wilayah sampel yang terdapat faktor tersebut, $N(D \cap B)$. Dalam metode *weight-of-evidence* setiap faktor penyebab terjadinya tanah longsor dibagi menjadi dua subset yang dinyatakan

dalam teori himpunan: B (terdapat faktor penyebab tanah longsor) dan \bar{B} (tidak terdapat faktor penyebab tanah longsor). Kedua subset tersebut memiliki sifat :

- $B \cap \bar{B} = \emptyset$, berarti $B \cap \bar{B}$ bersifat *mutually exclusive*

Berdasarkan sifat diatas probabilitas posterior atau probabilitas terjadinya tanah longsor dengan diketahui adanya faktor yang mempengaruhinya dinyatakan dengan probabilitas bersyarat:

$$P(D|B) = \frac{P(D \cap B)}{P(B)} \quad (3.2)$$

Persamaan (3.2) dapat dinyatakan dalam persamaan lain dengan menggunakan aturan penggandaan. Berdasarkan persamaan (2.24) yaitu aturan penggandaan maka persamaan (3.2) menjadi :

$$P(D|B) = \frac{P(D \cap B)}{P(B)} = P(D) \frac{P(B|D)}{P(B)} \quad (3.3)$$

Dan probabilitas posterior atau probabilitas terjadinya tanah longsor dengan diketahui tidak adanya faktor yang mempengaruhi tanah longsor dinyatakan Dengan probabilitas bersyarat dengan diikuti penggunaan aturan penggandaan seperti pada persamaan (3.2) yaitu:

$$P(D|\bar{B}) = \frac{P(D \cap \bar{B})}{P(\bar{B})} = P(D) \frac{P(\bar{B}|D)}{P(\bar{B})} \quad (3.4)$$

Jadi, probabilitas posterior dari suatu kejadian tanah longsor dengan diketahui adanya dan tidak adanya faktor yang mempengaruhi tanah longsor ditunjukkan dengan $P(D|B)$ dan $P(D|\bar{B})$, dan $P(B|D)$ dan $P(\bar{B}|D)$ adalah posterior probabilitas dimana terdapat faktor yang mempengaruhi dan tidak terdapat faktor yang mempengaruhi tanah longsor dengan diketahui adanya

kejadian tanah longsor D . $P(B)$ dan $P(\bar{B})$ adalah probabilitas prior dimana terdapat faktor yang mempengaruhi dan tidak terdapat faktor yang mempengaruhi tanah longsor, $P(B)$ dan $P(\bar{B})$ dihitung sesuai banyaknya kelas dari setiap faktor yang mempengaruhi tanah longsor. Metode *weight-of-evidence* juga dapat dinyatakan dalam bentuk odds yang didefinisikan $odds(C) = \frac{P(C)}{1-P(C)}$. Persamaan (3.3) dan persamaan (3.4) dinyatakan dengan odds :

$$Odds(D|E) = \frac{P(D|E)}{P(\bar{D}|E)} \quad (3.5)$$

Berdasarkan persamaan (2.20) yaitu definisi dari probabilitas bersyarat maka persamaan (3.5) menjadi :

$$\frac{P(D \cap B)}{P(B)} \div \frac{P(\bar{D} \cap B)}{P(B)} = \frac{P(D \cap B)}{P(\bar{D} \cap B)} \quad (3.6)$$

Pada persamaan (3.6) $P(B)$ saling meniadakan setelah itu dengan menggunakan aturan penggandaan pada persamaan (2.24) persamaan (3.6) menjadi :

$$\frac{P(D \cap B)}{P(\bar{D} \cap B)} = \frac{P(D)P(B|D)}{P(\bar{D})P(B|\bar{D})} = \frac{P(D)}{P(\bar{D})} \times \frac{P(B|D)}{P(B|\bar{D})} \quad (3.7)$$

Dan berdasarkan definisi *Odds* maka persamaan (3.7) menjadi

$$Odds(D|B) = Odds(D) \frac{P(B|D)}{P(B|\bar{D})} \quad (3.8)$$

$$\ln(odds(D|B)) = \ln(odds(D)) + \ln\left(\frac{P(B|D)}{P(B|\bar{D})}\right) \quad (3.9)$$

Dan dengan menggunakan cara yang sama bentuk rasio odds dari $P(D|B)$ didapatkan:

$$\ln(\text{odds}(D|B)) = \ln(\text{odds}(D)) + \ln\left(\frac{P(B|D)}{P(\bar{B}|D)}\right) \quad (3.10)$$

$\text{Odds}(D|B)$ dan $\text{Odds}(D|\bar{B})$ adalah odds posterior dari kejadian terdapat kejadian tanah longsor dengan diketahui adanya dan tidak adanya faktor yang mempengaruhi tanah longsor, dan $\text{Odds}(D)$ adalah odds prior dari kejadian tanah longsor. Pada persamaan (3.9) dan (3.10) logaritma natural dari $\left(\frac{P(B|D)}{P(\bar{B}|D)}\right)$ dan $\left(\frac{P(\bar{B}|D)}{P(B|D)}\right)$ merupakan *weight* positif dan *weight* negatif dari faktor B .

$$W^+ = \ln\frac{P(B|D)}{P(\bar{B}|D)} \quad (3.11)$$

dan

$$W^- = \ln\frac{P(\bar{B}|D)}{P(B|D)} \quad (3.12)$$

W^+ dan W^- adalah *weight-of-evidence* terjadinya tanah longsor apabila terdapat faktor yang mempengaruhi dan tidak adanya faktor yang mempengaruhi. Jika terdapat faktor yang mempengaruhi tanah longsor sangat efektif dalam menyebabkan terjadinya tanah longsor maka nilai dari W^+ positif dan nilai dari W^- negatif, sedangkan jika terdapat faktor yang tidak efektif mempengaruhi terjadinya tanah longsor maka nilai dari W^+ negatif dan nilai dari W^- positif. Berdasarkan persamaan (3.11) dan (3.12) maka persamaan (3.9) dan (3.10) dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\ln \text{Odds}(D|B) = \ln \text{Odds}(D) + W^+ \quad (3.13)$$

dan

$$\ln Odds(D|\bar{B}) = \ln Odds(D) + W^- \quad (3.14)$$

3.3 Final Probability

Sekarang dimisalkan terdapat dua faktor, B_1 dan B_2 . Dapat ditunjukkan bahwa probabilitas posterior dari kejadian tanah longsor dengan diketahui adanya faktor yang mempengaruhi tanah longsor adalah :

$$P(D|B_1 \cap B_2) = \frac{P(D \cap (B_1 \cap B_2))}{P(B_1 \cap B_2)} = \frac{P(D)P((B_1 \cap B_2)|D)}{P(B_1 \cap B_2)} \quad (3.15)$$

Jika B_1 dan B_2 *conditionally independent* antara keduanya, berdasarkan definisi pada persamaan (2.23) maka hal ini mengindikasikan bahwa persamaan di bawah ini berlaku :

$$P(B_1 \cap B_2|D) = P(B_1|D)P(B_2|D) \quad (3.16)$$

Berdasarkan persamaan (3.15) maka persamaan (3.16) dapat dinyatakan lebih sederhana menjadi

$$P(D|B_1 \cap B_2) = \frac{P(D)P((B_1 \cap B_2)|D)}{P(B_1 \cap B_2)} = P(D) \frac{P(B_1|D)P(B_2|D)}{P(B_1)P(B_2)} \quad (3.17)$$

Jika terdapat lebih dari dua faktor yang mempengaruhi terjadinya tanah longsor, dengan cara yang similar dengan persamaan (3.16) faktor tersebut dapat ditambahkan dengan syarat bahwa setiap faktornya *conditionally independent*. Maka dengan banyaknya faktor $B_i (i = 1, 2, \dots, k)$ yang mempengaruhi terjadinya tanah longsor, probabilitas kerentanan tanah longsor suatu wilayah sampel adalah:

$$P(D|B_1 \cap B_2 \cap B_3 \cap \dots \cap B_k) = \frac{P(D \cap (B_1 \cap B_2 \cap B_3 \cap \dots \cap B_k))}{P(B_1 \cap B_2 \cap B_3 \cap \dots \cap B_k)} \quad (3.18)$$

$$P(D|B_1 \cap B_2 \cap B_3 \cap \dots \cap B_k) = \frac{P(B_1 \cap B_2 \cap B_3 \cap \dots \cap B_k | D) P(D)}{P(B_1 \cap B_2 \cap B_3 \cap \dots \cap B_k)} \quad (3.19)$$

Oleh karena B_1, B_2, \dots, B_k bersifat *conditionally independent* dan kejadian B_1, B_2, \dots, B_k saling bebas maka berdasarkan persamaan (2.23) didapat persamaan :

$$P(D|B_1 \cap B_2 \cap B_3 \cap \dots \cap B_k) = P(D) \times \frac{P(B_1|D)P(B_2|D)\dots P(B_k|D)}{P(B_1)P(B_2)P(B_3)\dots P(B_k)} \quad (3.20)$$

Setelah didapatkan persamaan (3.20), persamaan tersebut dinyatakan dalam rasio odds :

$$Odds(D|B_1 \cap B_2 \cap B_3 \cap \dots \cap B_k) = \frac{P(D)}{P(\bar{D})} \times \frac{P(B_1 \cap B_2 \cap B_3 \cap \dots \cap B_k | D)}{P(B_1 \cap B_2 \cap B_3 \cap \dots \cap B_k | \bar{D})} \quad (3.21)$$

$$Odds(D|B_1 \cap B_2 \cap B_3 \cap \dots \cap B_k) = Odds(D) \times \frac{P(B_1|D)P(B_2|D)\dots P(B_k|D)}{P(B_1|\bar{D})P(B_2|\bar{D})\dots P(B_k|\bar{D})} \quad (3.22)$$

$$\ln(Odds(D|(B_1 \cap B_2 \cap B_3 \cap \dots \cap B_k))) = \ln(Odds(D)) + \frac{P(B_1|D)}{P(B_1|\bar{D})} + \frac{P(B_2|D)}{P(B_2|\bar{D})} + \dots + \frac{P(B_k|D)}{P(B_k|\bar{D})} \quad (3.23)$$

Karena logaritma natural dari $\left(\frac{P(B|D)}{P(B|\bar{D})}\right)$ adalah *weight* maka persamaan (3.23) juga dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\ln Odds(D|B_1^m \cap B_2^m \cap B_3^m \cap \dots \cap B_k^m) = \ln Odds(D) + \sum_{i=1}^k W_i^m \quad (3.24)$$

Dimana *superscript m* adalah positif (+) atau negatif (-) tergantung apabila terdapat faktor yang mempengaruhi tanah longsor atau tidak. Setelah itu

$\ln Odds(D|B_1^m \cap B_2^m \cap B_3^m \cap \dots \cap B_k^m)$ dikonversikan dari persamaan (3.24) untuk mendapatkan probabilitas kerentanan tanah longsor dengan :

$$P(D|B) = \frac{\exp(\ln Odds(D|B))}{1 + \exp(\ln Odds(D|B))} \quad (3.25)$$

Nilai dari $P(D|B_1 \cap B_2 \cap \dots \cap B_k)$ yang dihitung dengan menggunakan persamaan (3.18) identik dengan penghitungan pada persamaan (3.24). Keuntungan perhitungan dengan menggunakan *weight* pada persamaan (3.23) dan persamaan (3.24) dibandingkan dengan langsung menggunakan persamaan probabilitas bersyarat adalah karena *weight* lebih mudah diinterpretasikan dari pada faktor probabilitas. Nilai $P(D|B_1 \cap B_2 \cap \dots \cap B_k)$ adalah *final probability* yang menentukan kerentanan tanah longsor suatu wilayah sampel pada wilayah penelitian.

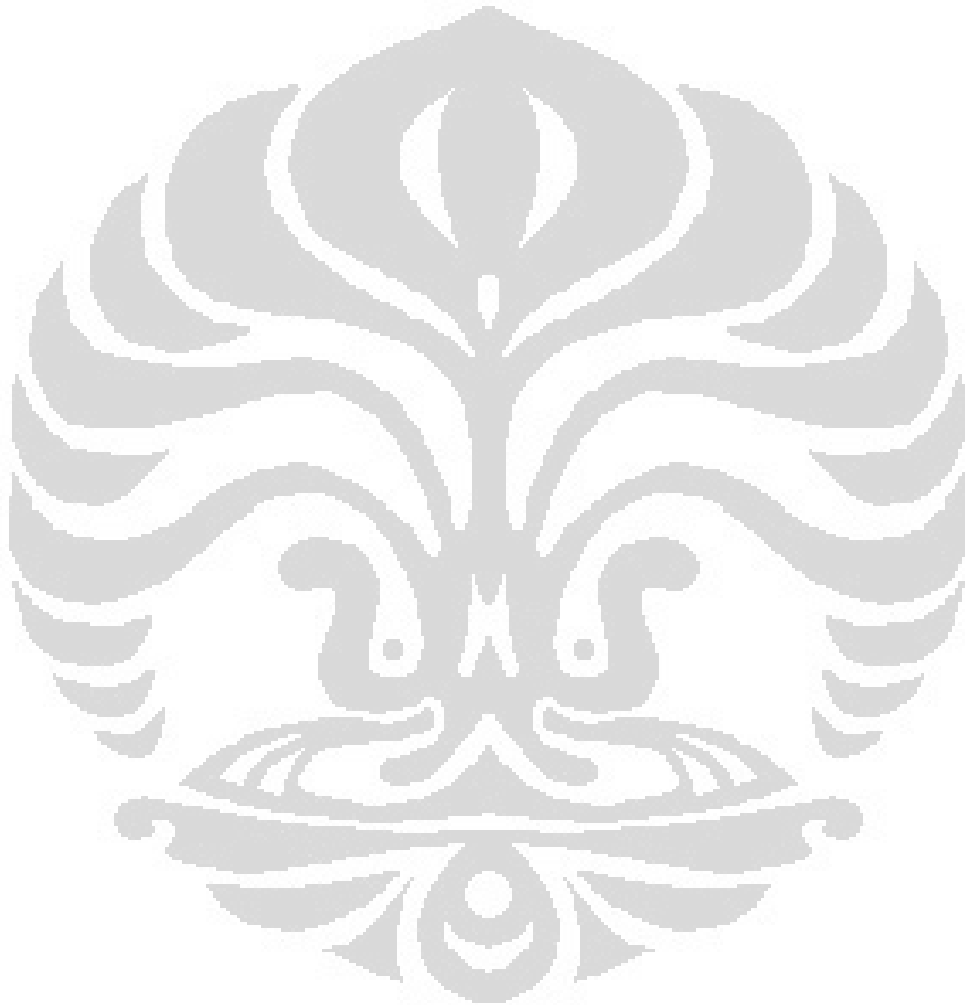
3.4 Contrast

Dalam setiap aplikasi dari metode *weight-of-evidence*, *contrast C* didefinisikan pada persamaan (3.27). *Contrast* digunakan untuk melihat apakah setiap kelas dari setiap faktor mempengaruhi terjadinya tanah longsor pada wilayah penelitian. Perbedaan antara *weight* positif W^+ dengan *weight* negatif W^- , yang dihitung untuk setiap kelas dari setiap faktor yang dianalisis, merupakan indikator yang bagus untuk melihat pengaruh terhadap tanah longsor.

$$C = W^+ - W^- \quad (3.26)$$

Nilai C positif berarti faktor yang terdapat pada wilayah penelitian mempengaruhi distribusi tanah longsor pada wilayah penelitian, sedangkan untuk

nilai C negatif berarti faktor tersebut tidak mempengaruhi distribusi tanah longsor pada wilayah penelitian.



Universitas Indonesia

BAB 4 APLIKASI

Contoh aplikasi untuk metode *weight-of-evidence* merujuk pada jurnal Barbieri G dan Cambuli P. Wilayah penelitian yang diteliti berlokasi di lembah Rio Pardu yang berada di timur dari Pulau Sardinia Italy yang luasnya 29 km². Lembah Rio Pardu adalah salah satu tempat yang paling berbahaya dalam hal bencana tanah longsor di Pulau Sardinia. Untuk itu dilakukan penelitian mengenai tanah longsor pada daerah ini agar dapat dibentuk peta kerentanan tanah longsor yang dapat memperlihatkan daerah-daerah yang sangat rentan akan terjadinya tanah longsor.

Untuk dapat menghitung kerentanan tanah longsor pada daerah ini dipilih tiga faktor yang mempengaruhi terjadinya tanah longsor, yaitu *Lithology*, *Land Use* dan *Slope*. Ketiga faktor tersebut memiliki masing-masing kelas yang telah ditentukan berdasarkan survey pada wilayah penelitian oleh peneliti.

Untuk mengaplikasikan metode *weight-of-evidence* peta lokasi tanah longsor dan faktor yang mempengaruhi tanah longsor dinyatakan dalam bentuk tipe data raster (raster terdiri dari matriks dari pixel-pixel yang diatur menjadi baris dan kolom, dimana setiap pixel berisi informasi penting seperti karakteristik batu, titik tanah longsor, kemiringan tanah) sehingga didapatkan peta tanah longsor dan peta yang bertema faktor *lithology*, *land use*, dan *slope*. Wilayah penelitian ini dibentuk menjadi 3997 pixel dan terdapat 65 pixel terjadinya tanah longsor dimana banyaknya pixel telah ditentukan oleh peneliti. Setelah ketiga faktor yang mempengaruhi tanah longsor dibentuk data rasternya, dihitung W^+ , W^- , dan *contrast* untuk setiap faktor yang mempengaruhi tanah longsor. Dirangkum dalam tabel 4.1, tabel 4.2, dan tabel 4.3.

Tabel 4. 1 Perhitungan *weight* untuk faktor *Lithology*

No	Kelas	Jumlah Pixel	Tanah Longsor(n)	W^+	W^-	Contrast
1	Alluvial deposit	76	0	0	0.0028	-0.0028

2	Limestones and dolomites	109	1	-0.5796	-0.0045	-0.5751
3	Metasandstone	2494	27	-0.4124	0.4071	-0.8195
4	Limestone talus	326	7	0.2832	-0.0472	0.3304
5	Porfiric dikes	4	1	3.0039	-0.0311	3.0351
6	Argilaceous talus	988	29	0.6039	-0.3329	0.9368

Analisis dari metode yang dipakai dapat dilihat berdasarkan tabel 4.1:

- Tidak adanya tanah longsor pada *Alluvial deposit* menjadi tidak mungkin untuk dapat menghitung *weight*-nya.
- Hanya adanya satu titik tanah longsor pada *Porfiric dikes* menandakan bahwa *weight* yang didapatkan terlalu tinggi, hal ini terjadi dikarenakan masalah penghitungan statistika dimana sangat kecilnya wilayah untuk *Porfiric dikes*.

Kedua keanehan yang terjadi pada faktor *Lithology* ini dikarenakan hanya memiliki wilayah yang kecil dibandingkan dengan total wilayah penelitian. Dengan melihat *weight* pada kelas yang lain terlihat bahwa *argilaceous* adalah faktor yang paling mempengaruhi terjadinya tanah longsor. *Limestones and dolomites* mendapatkan *weight* yang paling kecil, dikarenakan karakteristik batuan ini sangat solid. *Weight* untuk *metasandstone* hanya berbeda sedikit terhadap *limestones and dolomites*, kedua karakteristik batuan ini memiliki ciri geomekanikal yang berbeda yang dilihat dari sudut pandang patahan dan perubahannya yang seharusnya *metasandstone* memiliki karakteristik lebih bagus dibandingkan dengan *limestones and dolomites*. Analisis statistika tidak menjelaskannya secara tepat dan kurang bagus dalam pemberian *weight* untuk kedua karakteristik batuan tersebut.

Tabel 4. 2 Perhitungan *weight* untuk faktor *Land Use*

No	Kelas	Jumlah Pixel	Tanah Longsor(n)	W ⁺	W ⁻	Contrast
1	Shrubby areas	1656	29	0.0753	-0.0846	0.1599
2	Crops areas	187	0	0	0.0315	-0.0315

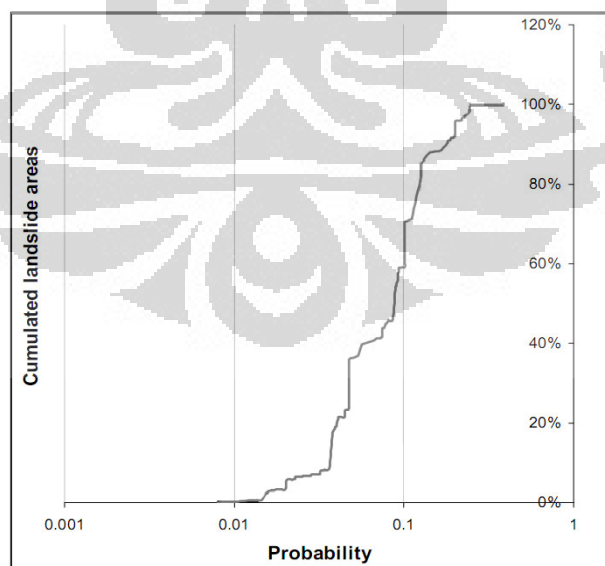
3	Heterogeneous agricultural areas	160	2	-0.2669	0.0073	-0.2596
4	Areas with rock outcrop	338	11	0.7105	-0.1164	0.8269
5	Forest	1587	22	-0.1621	0.0672	-0.2293
6	Urbanization	69	1	-0.1170	0.0147	-0.1023

Tabel 4. 3 Perhitungan *weight* untuk faktor *Slope*

No	Kelas	Jumlah Pixel	Tanah Longsor(n)	W^+	W^-	Contrast
1	0^0-10^0	218	1	-1.2779	0.0239	-1.3018
2	10^0-20^0	1220	10	-0.6938	0.1773	-0.8711
3	20^0-40^0	2307	44	0.1618	-0.3105	0.4723
4	40^0-60^0	226	9	0.9193	-0.1096	1.0289
5	60^0-90^0	24	1	0.9665	-0.0261	0.9926

Setelah *weight* ditentukan, maka peta tanah longsor dan ketiga peta faktor *lithology*, *land use*, dan *slope* dikombinasikan untuk mendapatkan *final probability* untuk setiap pixel yang ditampilkan pada Lampiran 9 .

Proses yang dilakukan setelah penghitungan *final probability* adalah diaplikasikannya *weight* untuk mendapatkan peta kerentanan tanah longsor. Kerentanan tanah longsor dibagi menjadi empat kelas berdasarkan gambar 4.1 berikut :



Gambar 4. 1 Cumulated landslide area

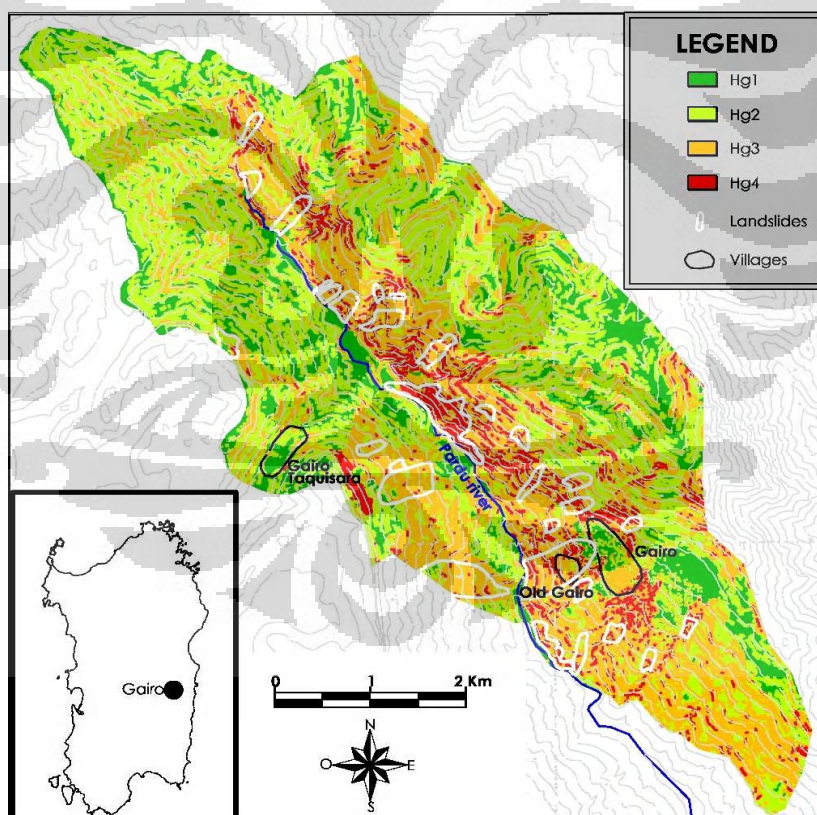
Universitas Indonesia

Terlihat pada gambar *cumulated landslide areas* diatas dimana terdapat kemiringan yang sangat curam dimana batasan kelas probabilitas dipilih, maka didapatkan empat kategori kerentanan tanah longsoryang ditunjukkan pada tabel 4.4.

Tabel 4. 4 kerentanan tanah longsor

Kelas	Nilai
Hg1	0 – 0.04
Hg2	0.04 – 0.09
Hg3	0.09 – 0.18
Hg4	0.18 – 1

Berdasarkan kelas dari kerentanan tanah longsor tersebut , maka didapat gambar 4.2.



Gambar 4. 2 Peta kerentanan tanah longsor Lembah Rio Pardu

Setelah peta terbentuk maka terlihat bahwa area yang stabil adalah area dengan kemiringan kurang dari 20° dan memiliki karakteristik batuan *metasandstones*, *limestones* dan *dolomites outcrop*. Area yang berada pada Hg2 terdiri dari daerah hutan dan terkonsentrasi pada bagian timur laut dari lembah Rio Pardu dan sebagian pada daerah utara dari desa Gairo. Area yang diklasifikasikan pada Hg3 dan Hg4 terkonsentrasi pada wilayah yang memiliki karakteristik batuan *limestone* dan *argillaceous talus outcrop* dan memiliki kemiringan tanah lebih besar dari 40° .



BAB 5 KESIMPULAN

Tanah longsor adalah salah satu dari bencana alam yang sangat merusak. Pemerintah dan para peneliti diseluruh dunia telah meneliti mengenai bahaya dan risiko yang ditimbulkan oleh bencana ini. Pada tugas akhir ini, metode *weight-of-evidence* digunakan dalam menaksir tingkat kerentanan tanah longsor. Hubungan antara tanah longsor dan faktor yang mempengaruhinya dianalisis untuk menentukan probabilitas kerentanan tanah longsor. Kelebihan dalam penggunaan metode ini adalah :

- Dapat menunjukan faktor yang mempengaruhi dan faktor yang tidak mempengaruhi tanah longsor dengan menggunakan *contrast*.
- *Weight* dihitung terpisah untuk setiap wilayah penelitian, sehingga didapatkan *weight* yang berbeda untuk faktor yang sama.
- *Weight* pada metode ini sangat objektif berdasarkan data tanah longsor dan faktor yang mempengaruhi tanah longsor.

Kekurangan dari metode ini adalah :

- Metode ini memerlukan informasi akurat dari tanah longsor yang telah terjadi sebelumnya.
- Nilai dari *weight* faktor dapat terlalu besar ataupun terlalu kecil dikarenakan proporsi wilayah penelitian yang sedikit.

Walaupun terdapat kekurangan dalam penggunaan metode *weight-of-evidence* untuk menaksir kerentanan tanah longsor, namun hal tersebut dapat ditutupi dengan kelebihan-kelebihan yang dimiliki oleh metode tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- (2006, march 2). Retrieved from www.webopedia.com:
http://www.webopedia.com/TERM/S/spasial_data.html
- Bostad, W. M. (2007). *Introduction to Bayesian Statistic*. New Jersey.
- D.M., C., & J, V. D. (1996). Landslide types and processes.
- Fernando, j. M., & Smith, A. F. (1994). *Bayesian Theory*. Hardback.
- G, B., & P, C. (2009). The weight of evidence statistical method in landslide susceptibility mapping of the Rio Pardu Valley (Sardinia, Italy).
- Hogg, R. V., & Craig, A. T. (1995). *Introduction to Mathematical Statistics: fifth edition*.
- Lee, S., Choi, J., & Min, K. (202). Landslide susceptibility analysis and verification using the bayesian probability model.
- Muhamad Sani, S. (1996, Oktober 15). Retrieved from bumiindonesia.wordpress.com:
<http://bumiindonesia.wordpress.com/category/tanah-longsor/>
- Phi, N. Q., & Bac, B. H. (2004). Landslide hazard mapping using bayessian approach in GIS – case study in Yangsan Area, Korea.
- Purcell, E. J., & Varberg, D. (2001). *Calculus : seventh edition*.
- Wang, H. (2002). Data integration using weight-of-evidence model: Applications in mapping mineral resource potentials.
- Westen, V. (2002). Use of weight-of-evidence modeling for landslide susceptibility mapping.

LAMPIRAN

Lampiran 1

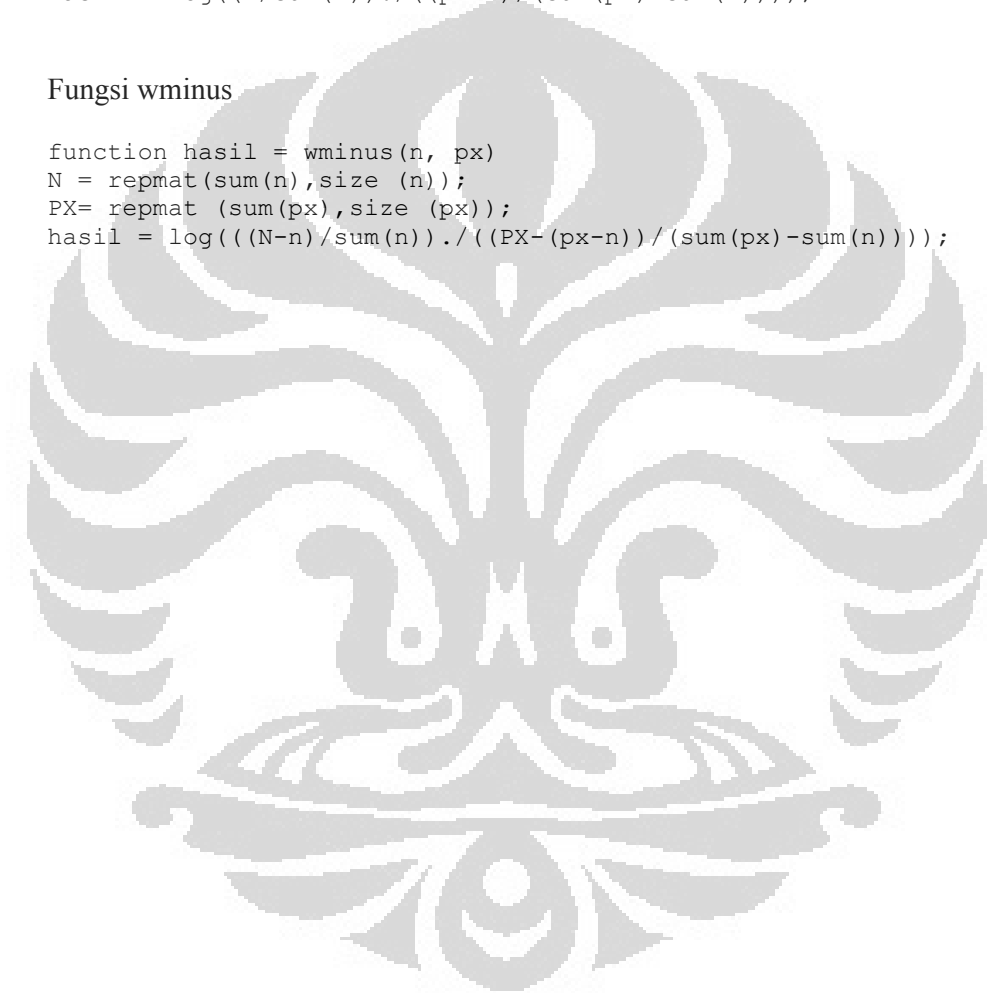
Fungsi wplus

```
function hasil = wplus(n, px)

hasil = log((n/sum(n))./((px-n)/(sum(px)-sum(n))));
```

Fungsi wminus

```
function hasil = wminus(n, px)
N = repmat(sum(n),size (n));
PX= repmat (sum(px),size (px));
hasil = log(((N-n)/sum(n))./((PX-(px-n))/(sum(px)-sum(n))));
```



Lampiran 2

Algoritma menu utama

```

function varargout = MenuUtama(varargin)
load data;
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',       mfilename, ...
                  'gui_Singleton',   gui_Singleton, ...
                  'gui_OpeningFcn',  @MenuUtama_OpeningFcn, ...
                  'gui_OutputFcn',   @MenuUtama_OutputFcn, ...
                  'gui_LayoutFcn',   [], ...
                  'gui_Callback',    []);
if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end

if nargout
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end

function MenuUtama_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles,
varargin)
handles.output = hObject;

guidata(hObject, handles);

function varargout = MenuUtama_OutputFcn(hObject, eventdata,
handles)
varargout{1} = handles.output;

function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
function pushbutton2_Callback(hObject, eventdata, handles)

TampilanData;

function pushbutton3_Callback(hObject, eventdata, handles)

FinalProbability;

function pushbutton4_Callback(hObject, eventdata, handles)
KerentananTanahlongsor;

function pushbutton5_Callback(hObject, eventdata, handles)

```

Lampiran 3

Algoritma tampilan data

```

function varargout = TampilanData(varargin)
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',       mfilename, ...
                  'gui_Singleton',   gui_Singleton, ...
                  'gui_OpeningFcn', @TampilanData_OpeningFcn, ...
                  'gui_OutputFcn',  @TampilanData_OutputFcn, ...
                  'gui_LayoutFcn',   [] , ...
                  'gui_Callback',    []);
if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end

if nargout
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end
function TampilanData_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles,
varargin)
handles.output = hObject;

guidata(hObject, handles);

function varargout = TampilanData_OutputFcn(hObject, eventdata,
handles)
varargout{1} = handles.output;

function edit1_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit1_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit4_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit4_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit5_Callback(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');

```

end

```
function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
```

```
dt1 = get(handles.uitabel1, 'Data');
wp1 = wplus(cell2mat (dt1(:,3)),cell2mat (dt1(:,2)));
wm1 = wminus(cell2mat (dt1(:,3)),cell2mat (dt1(:,2)));
i = find(isinf(wp1));
wp1(i) = zeros(length(i),1);
i = find(isinf(wm1));
wm1(i) = zeros(length(i),1);
dt1(:,4) = mat2cell(wp1,ones(1,length(wp1)),1);
dt1(:,5) = mat2cell(wm1,ones(1,length(wm1)),1);
dt1(:,6) = mat2cell(wp1-wm1,ones(1,length(wm1)),1);
set(handles.uitabel1,'Data',dt1);
```

```
dt2 = get(handles.uitabel2, 'Data');
wp2 = wplus(cell2mat (dt2(:,3)),cell2mat (dt2(:,2)));
wm2 = wminus(cell2mat (dt2(:,3)),cell2mat (dt2(:,2)));
i = find(isinf(wp2));
wp2(i) = zeros(length(i),1);
i = find(isinf(wm2));
wm2(i) = zeros(length(i),1);
dt2(:,4) = mat2cell(wp2,ones(1,length(wp2)),1);
dt2(:,5) = mat2cell(wm2,ones(1,length(wm2)),1);
dt2(:,6) = mat2cell(wp2-wm2,ones(1,length(wm2)),1);
set(handles.uitabel2,'Data',dt2);
```

```
dt3 = get(handles.uitabel3, 'Data');
wp3 = wplus(cell2mat (dt3(:,3)),cell2mat (dt3(:,2)));
wm3 = wminus(cell2mat (dt3(:,3)),cell2mat (dt3(:,2)));
i = find(isinf(wp3));
wp3(i) = zeros(length(i),1);
i = find(isinf(wm3));
wm3(i) = zeros(length(i),1);
dt3(:,4) = mat2cell(wp3,ones(1,length(wp3)),1);
dt3(:,5) = mat2cell(wm3,ones(1,length(wm3)),1);
dt3(:,6) = mat2cell(wp3-wm3,ones(1,length(wm3)),1);
set(handles.uitabel3,'Data',dt3);
```

```
save datahitung dt1 dt2 dt3;
```

```
function pushbutton2_Callback(hObject, eventdata, handles)
```

```
close;
```

Lampiran 4

Algoritma *final probability*

```

function varargout = FinalProbability(varargin)
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',       mfilename, ...
    'gui_Singleton',  gui_Singleton, ...
    'gui_OpeningFcn', @FinalProbability_OpeningFcn, ...
    'gui_OutputFcn',  @FinalProbability_OutputFcn, ...
    'gui_LayoutFcn',  [] , ...
    'gui_Callback',   []);
if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end

if nargout
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end

function FinalProbability_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles,
varargin)
handles.output = hObject;

guidata(hObject, handles);

load datahitung
[r1 temp] = size(dt1);
[r2 temp] = size(dt2);
[r3 temp] = size(dt3);

D = sum(cell2mat(dt1(:,3)))/sum(cell2mat(dt1(:,2)));
oddsD = D/(1-D);

for i=1:3997
    j = randi(r1);
    if ~isinf(dt1{j,1})
        data{i,1} = dt1{j,1};
    else
        data{i,1} = 0;
    end
    if ~isinf(dt1{j,4})
        data{i,2} = dt1{j,4};
    else
        data{i,2} = 0;
    end

    j = randi(r2);
    if ~isinf(dt2{j,1})
        data{i,3} = dt2{j,1};
    else
        data{i,3} = 0;
    end
    if ~isinf(dt2{j,4})

```

```

        data{i,4} = dt2{j,4};
    else
        data{i,4} = 0;
    end

    j = randi(r3);
    if ~isinf(dt3{j,1})
        data{i,5} = dt3{j,1};
    else
        data{i,5} = 0;
    end
    if ~isinf(dt3{j,4})
        data{i,6} = dt3{j,4};
    else
        data{i,6} = 0;
    end

    data{i,7} = data{i,2} + data{i,4} + data{i,4};
    data{i,8} = D;
end

sw = cell2mat(data(:,7));
P = exp(sw + log(oddsD))/(1 + exp(sw + log(oddsD)));
data(:,9) = mat2cell(P*ones(3997, 1),ones(1,3997),1);
Fp = data(:,9);
save F Fp;
set(handles.uitabell1, 'Data', data);

function varargout = FinalProbability_OutputFcn(hObject,
eventdata, handles)

varargout{1} = handles.output;

function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)

close;

```

Lampiran 5

Algoritma grafik kerentanan tanah longsor

```

function varargout = GrafikKerentananTanahlongsor(varargin)
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',       mfilename, ...
                  'gui_Singleton',  gui_Singleton, ...
                  'gui_OpeningFcn', @GrafikKerentananTanahlongsor_OpeningFcn, ...
                  'gui_OutputFcn',  @GrafikKerentananTanahlongsor_OutputFcn, ...
                  'gui_LayoutFcn',  [] , ...
                  'gui_Callback',   []);
if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end

if nargout
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end
function GrafikKerentananTanahlongsor_OpeningFcn(hObject,
eventdata, handles, varargin)
handles.output = hObject;
load F
FP = cell2mat(Fp);
hist(handles.axes1,FP);
title(handles.axes1,'Grafik Kerentanan Tanah longsor');
[n xout] = hist(FP);
axis(handles.axes1,[0 1 0 max(n)+10]);
xlabel(handles.axes1,'Probabilitas');
i = find(n);
pie(handles.axes2,n(i),xout(i));
legend(handles.axes2,'HG 1','HG 2','HG 3','HG 4');
tabel = [(1:length(i))' xout(i)'];
set(handles.uitabell1, 'Data', tabel);
guidata(hObject, handles);

function varargout =
GrafikKerentananTanahlongsor_OutputFcn(hObject, eventdata,
handles)
varargout{1} = handles.output;

function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
close;

```

Lampiran 6



TampilanData

Faktor Lhology

	Kelas	Jumlah Pixel	Tanah Longsor (n)	W(+)	W(-)	Contrast
1	Alluvial deposit	76	0	0	0.0028	-0.0028
2	Limestones and dolomites	109	1	-0.5796	-0.0045	-0.5751
3	Metasandstone	2494	27	-0.4124	0.4071	-0.8195
4	Limestone talus	326	7	0.2832	-0.0472	0.3304
5	Porfiric dikes	4	1	3.0039	-0.0311	3.0351
6	Argillaceous talus	988	29	0.6039	-0.3329	0.9368

Faktor Land Use

	Kelas	Jumlah Pixel	Tanah Longsor (n)	W(+)	W(-)	Contrast
1	Shrubby areas	1656	29	0.0753	-0.0846	0.1599
2	Crops areas	187	0	0	0.0315	-0.0315
3	Heterogeneous agricultural areas	160	2	-0.2669	-0.0073	-0.2596
4	Areas with rock outcrop	338	11	0.7105	-0.1164	0.8269
5	Forest	1587	22	-0.1621	0.0672	-0.2293
6	Urbanization	69	1	-0.1170	-0.0147	-0.1023

Faktor Slope

	Kelas	Jumlah Pixel	Tanah Longsor (n)	W(+)	W(-)	Contrast
1	0-10	218	1	-1.2779	0.0239	-1.3018
2	10-20	1220	10	-0.6938	0.1773	-0.8711
3	20-40	2307	44	0.1618	-0.3105	0.4723
4	40-60	226	9	0.9193	-0.1096	1.0289
5	60-90	24	1	0.9665	-0.0261	0.9926

Hitung! Menu Utama

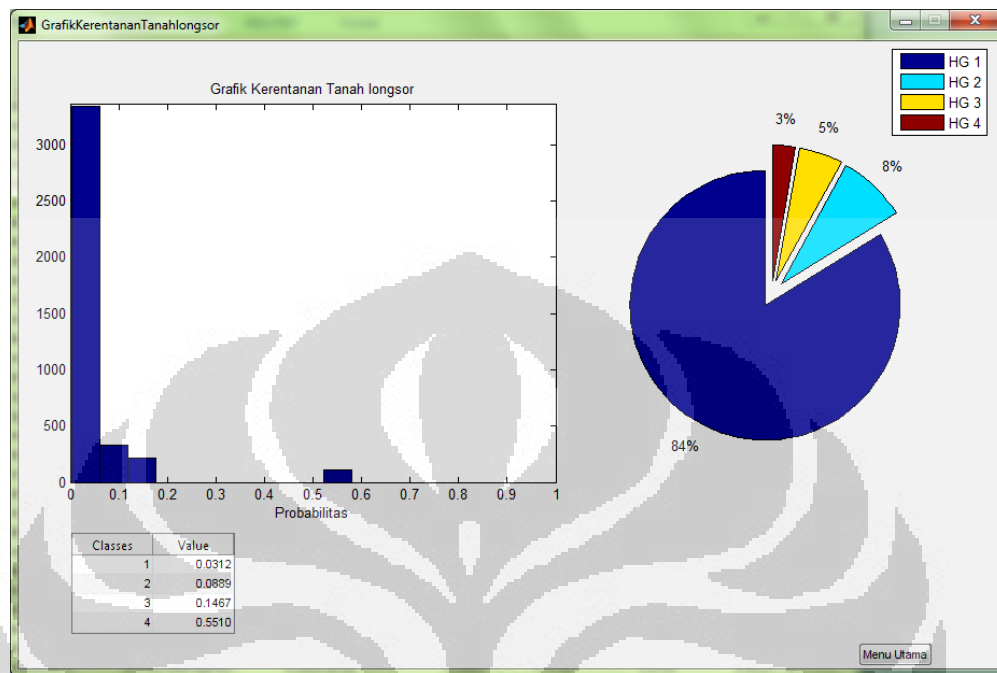
Lampiran 7

FinalProbability

	Lithology	W(+)	Land Use	W(+)	Slope	W(+)	Sum of Weight	Prior Probability	Final Probability
1	Argillaceous ...	0.6039	Shrubby areas	0.0753	40-60	0.9193	0.7546	0.0163	0.0148
2	Limestone tal...	0.2832	Urbanization	-0.1170	20-40	0.1618	0.0493	0.0163	0.0073
3	Argillaceous ...	0.6039	Shrubby areas	0.0753	60-90	0.9665	0.7546	0.0163	0.0148
4	Limestone tal...	0.2832	Forest	-0.1621	40-60	0.9193	-0.0409	0.0163	0.0067
5	Alluvial deposit	0	Areas with r...	0.7105	0-10	-1.2779	1.4209	0.0163	0.0288
6	Argillaceous ...	0.6039	Urbanization	-0.1170	10-20	-0.6938	0.3699	0.0163	0.0101
7	Limestones a...	-0.5796	Urbanization	-0.1170	20-40	0.1618	-0.8136	0.0163	0.0031
8	Limestones a...	-0.5796	Areas with r...	0.7105	60-90	0.9665	0.8413	0.0163	0.0161
9	Porfiric dikes	3.0039	Crops areas	0	10-20	-0.6938	3.0039	0.0163	0.1400
10	Porfiric dikes	3.0039	Forest	-0.1621	40-60	0.9193	2.6797	0.0163	0.1013
11	Limestone tal...	0.2832	Heterogeneo...	-0.2669	0-10	-1.2779	-0.2506	0.0163	0.0054
12	Metasandsto...	-0.4124	Forest	-0.1621	0-10	-1.2779	-0.7366	0.0163	0.0033
13	Limestones a...	-0.5796	Urbanization	-0.1170	40-60	0.9193	-0.8136	0.0163	0.0031
14	Limestones a...	-0.5796	Shrubby areas	0.0753	0-10	-1.2779	-0.4290	0.0163	0.0045
15	Limestone tal...	0.2832	Shrubby areas	0.0753	60-90	0.9665	0.4339	0.0163	0.0107
16	Limestone tal...	0.2832	Heterogeneo...	-0.2669	10-20	-0.6938	-0.2506	0.0163	0.0054
17	Porfiric dikes	3.0039	Forest	-0.1621	0-10	-1.2779	2.6797	0.0163	0.1013
18	Metasandsto...	-0.4124	Heterogeneo...	-0.2669	0-10	-1.2779	-0.9463	0.0163	0.0027
19	Alluvial deposit	0	Forest	-0.1621	20-40	0.1618	-0.3242	0.0163	0.0050
20	Argillaceous ...	0.6039	Areas with r...	0.7105	40-60	0.9193	2.0248	0.0163	0.0526
21	Argillaceous ...	0.6039	Heterogeneo...	-0.2669	40-60	0.9193	0.0701	0.0163	0.0074
22	Alluvial deposit	0	Shrubby areas	0.0753	0-10	-1.2779	0.1506	0.0163	0.0081
23	Metasandsto...	-0.4124	Urbanization	-0.1170	40-60	0.9193	-0.6464	0.0163	0.0036
24	Limestones a...	-0.5796	Crops areas	0	40-60	0.9193	-0.5796	0.0163	0.0039
25	Metasandsto...	-0.4124	Areas with r...	0.7105	40-60	0.9193	1.0085	0.0163	0.0190
26	Porfiric dikes	3.0039	Forest	-0.1621	0-10	-1.2779	2.6797	0.0163	0.1013
27	Metasandsto...	-0.4124	Heterogeneo...	-0.2669	20-40	0.1618	-0.9463	0.0163	0.0027
28	Porfiric dikes	3.0039	Heterogeneo...	-0.2669	10-20	-0.6938	2.4700	0.0163	0.0821
29	Limestone tal...	0.2832	Shrubby areas	0.0753	10-20	-0.6938	0.4339	0.0163	0.0107
30	Limestone tal...	0.2832	Heterogeneo...	-0.2669	0-10	-1.2779	-0.2506	0.0163	0.0054
31	Metasandsto...	-0.4124	Crops areas	0	20-40	0.1618	-0.4124	0.0163	0.0046
32	Limestone tal...	0.2832	Urbanization	-0.1170	40-60	0.9193	0.0493	0.0163	0.0073
33	Porfiric dikes	3.0039	Areas with r...	0.7105	20-40	0.1618	4.4248	0.0163	0.5799
34	Limestone tal...	0.2832	Urbanization	-0.1170	60-90	0.9665	0.0493	0.0163	0.0073
35	Limestones a...	-0.5796	Heterogeneo...	-0.2669	60-90	0.9665	-1.1135	0.0163	0.0023
36	Alluvial deposit	0	Areas with r...	0.7105	20-40	0.1618	1.4209	0.0163	0.0288
37	Argillaceous ...	0.6039	Forest	-0.1621	10-20	-0.6938	0.2798	0.0163	0.0092
38	Argillaceous ...	0.6039	Urbanization	-0.1170	40-60	0.9193	0.3699	0.0163	0.0101
39	Metasandsto...	-0.4124	Heterogeneo...	-0.2669	0-10	-1.2779	-0.9463	0.0163	0.0027
40	Porfiric dikes	3.0039	Shrubby areas	0.0753	10-20	-0.6938	3.1545	0.0163	0.1628
41	Porfiric dikes	3.0039	Crops areas	0	20-40	0.1618	3.0039	0.0163	0.1400
42	Argillaceous ...	0.6039	Shrubby areas	0.0753	60-90	0.9665	0.7546	0.0163	0.0148
43	Porfiric dikes	3.0039	Forest	-0.1621	20-40	0.1618	2.6797	0.0163	0.1013

Menu Utama

Lampiran 8



Lampiran 9

Lithology	W(+)	Land use	W(+)	Slope	W(+)	sumW (+)	Prior prb	F.Prob
Limestone talus	0.28 3235	Forest	- 0.1620 8	40-60	0.9193 35	- 0.0409 3	0.01 6262	0.006666
Argillaceous talus	0.60 3921	Crops areas	0	20-40	0.6937 8	- 0.6039 21	0.01 6262	0.012704
Alluvial deposit	0	Crops areas	0	20-40	0.6937 8	- 0	0.01 6262	0.006945
Limestones and dolomites	- 0.57 962	Areas with rock outcrops	0.7104 5	20-40	0.1617 5	- 0.8412 88	0.01 6262	0.016108
Limestones and dolomites	- 0.57 962	Crops areas	0	20-40	0.1617 5	- 0.5796 2	0.01 6262	0.00389
Alluvial deposit	0	Heterogeneous agricultural areas	- 0.2669 3	40-60	0.9193 35	- 0.5338 6	0.01 6262	0.004072
Limestones and dolomites	- 0.57 962	Urbanization	- 0.1169 9	20-40	0.1617 5	- 0.8136	0.01 6262	0.003078
Argillaceous talus	0.60 3921	Forest	- 0.1620 8	60-90	0.9665 13	- 0.2797 56	0.01 6262	0.009187
Argillaceous talus	0.60 3921	Crops areas	0	20-40	0.6937 8	- 0.6039 21	0.01 6262	0.012704
Porfirc dikes	3.00 3904	Forest	- 0.1620 8	0-10	1.2778 9	- 2.6797 39	0.01 6262	0.101267
Limestones and dolomites	- 0.57 962	Shrubby areas	0.0753 2	20-40	0.6937 8	- 0.4289 8	0.01 6262	0.004522
Limestones and dolomites	- 0.57 962	Urbanization	- 0.1169 9	0-10	1.2778 9	- 0.8136	0.01 6262	0.003078
Porfirc	3.00	Forest	-	20-40	-	2.6797	0.01	0.101267

Universitas Indonesia

dikes	3904		0.16208		0.69378	39	6262	
Metasandstone	- 0.41241	Heterogeneous agricultural areas	- 0.26693	60-90	- 0.966513	- 0.94627	0.016262	0.002696
Limestone talus	0.283235	Shrubby areas	0.07532	60-90	0.966513	0.433873	0.016262	0.010718
Argillaceous talus	0.603921	Shrubby areas	0.07532	0-10	- 1.27789	0.754559	0.016262	0.01477
Porphyric dikes	3.003904	Shrubby areas	0.07532	20-40	- 0.69378	3.154542	0.016262	0.162806
Limestones and dolomites	- 0.57962	Heterogeneous agricultural areas	- 0.26693	60-90	- 0.966513	- 1.11348	0.016262	0.002281
Limestone talus	0.283235	Forest	0.16208	40-60	0.919335	0.04093	0.016262	0.006666
Alluvial deposit	0	Crops areas	0	60-90	0.966513	0	0.016262	0.006945
Porphyric dikes	3.003904	Urbanization	0.11699	0-10	- 1.27789	2.769921	0.016262	0.110824
Limestones and dolomites	- 0.57962	Crops areas	- 0	20-40	- 0.16175	- 0.57962	0.016262	0.00389
Limestones and dolomites	- 0.57962	Shrubby areas	- 0.07532	60-90	- 0.966513	- 0.42898	0.016262	0.004522
Metasandstone	0.41241	Urbanization	0.11699	60-90	0.966513	0.64639	0.016262	0.003639
Limestones and dolomites	- 0.57962	Heterogeneous agricultural areas	- 0.26693	60-90	- 0.966513	- 1.11348	0.016262	0.002281
Limestones and dolomites	- 0.57962	Forest	- 0.16208	20-40	- 0.69378	- 0.90378	0.016262	0.002813
Porphyric dikes	3.003904	Heterogeneous agricultural	- 0.26693	40-60	- 0.919335	2.470041	0.016262	0.08211

		al areas						
Alluvial deposit	0	Areas with rock outcrop	0.71045	20-40	0.16175	1.420903	0.016262	0.028758
Limestone talus	0.283235	Forest	0.16208	60-90	0.966513	0.04093	0.016262	0.006666
Metasandstone	0.41241	Areas with rock outcrop	0.71045	20-40	0.69378	1.008498	0.016262	0.01904
Metasandstone	0.41241	Crops areas	0	40-60	0.919335	0.41241	0.016262	0.004598
Limestone talus	0.283235	Areas with rock outcrop	0.71045	20-40	0.16175	1.704138	0.016262	0.038174
Metasandstone	0.41241	Heterogeneous agricultural areas	0.26693	60-90	0.966513	0.94627	0.016262	0.002696
Argillaceous talus	0.603921	Crops areas	0	40-60	0.919335	0.603921	0.016262	0.012704
Argillaceous talus	0.603921	Crops areas	0	60-90	0.966513	0.603921	0.016262	0.012704
Porphyric dikes	3.003904	Areas with rock outcrop	0.71045	40-60	0.919335	4.424807	0.016262	0.579882
Alluvial deposit	0	Shrubby areas	0.07532	60-90	0.966513	0.150638	0.016262	0.008074
Limestone talus	0.283235	Urbanization	0.11699	0-10	1.27789	0.049252	0.016262	0.007296
Alluvial deposit	0	Crops areas	0	20-40	0.69378	0	0.016262	0.006945
Limestone talus	0.283235	Urbanization	0.11699	0-10	1.27789	0.049252	0.016262	0.007296
Limestones and dolomites	0.57962	Areas with rock outcrop	0.71045	20-40	0.16175	0.841288	0.016262	0.016108
Argillaceous talus	0.603921	Urbanization	0.11699	20-40	0.69378	0.369938	0.016262	0.010054
Limestones and dolomite	0.57962	Crops areas	0	40-60	0.919335	0.57962	0.016262	0.00389

s								
Limestones and dolomites	- 0.57 962	Heterogeneous agricultural areas	- 0.2669 3	20-40	- 0.6937 8	- 1.1134 8	0.01 6262	0.002281
Alluvial deposit	0	Heterogeneous agricultural areas	- 0.2669 3	40-60	- 0.9193 35	- 0.5338 6	0.01 6262	0.004072
Limestone talus	0.28 3235	Crops areas	- 0	40-60	- 0.9193 35	- 0.2832 35	0.01 6262	0.009219
Limestones and dolomites	- 0.57 962	Heterogeneous agricultural areas	- 0.2669 3	0-10	- 1.2778 9	- 1.1134 8	0.01 6262	0.002281
Metasandstone	- 0.41 241	Urbanization	- 0.1169 9	20-40	- 0.6937 8	- 0.6463 9	0.01 6262	0.003639
Metasandstone	- 0.41 241	Areas with rock outcrop	- 0.7104 5	20-40	- 0.1617 5	- 1.0084 98	0.01 6262	0.01904
Limestones and dolomites	- 0.57 962	Urbanization	- 0.1169 9	20-40	- 0.1617 5	- 0.8136	0.01 6262	0.003078
Argillaceous talus	0.60 3921	Urbanization	- 0.1169 9	0-10	- 1.2778 9	- 0.3699 38	0.01 6262	0.010054
Limestone talus	0.28 3235	Urbanization	- 0.1169 9	60-90	- 0.9665 13	- 0.0492 52	0.01 6262	0.007296
Metasandstone	0.41 241	Crops areas	- 0	0-10	- 1.2778 9	- 0.4124 1	0.01 6262	0.004598
Limestones and dolomites	- 0.57 962	Forest	- 0.1620 8	20-40	- 0.6937 8	- 0.9037 8	0.01 6262	0.002813
Alluvial deposit	0	Heterogeneous agricultural areas	- 0.2669 3	20-40	- 0.6937 8	- 0.5338 6	0.01 6262	0.004072
Limestone talus	0.28 3235	Urbanization	- 0.1169 9	20-40	- 0.1617 5	- 0.0492 52	0.01 6262	0.007296
Porphyric dikes	3.00 3904	Shrubby areas	- 0.0753 2	0-10	- 1.2778 9	- 3.1545 42	0.01 6262	0.162806

Alluvial deposit	0	Urbanization	- 0.1169	40-60	0.9193 35	- 0.2339	0.01 6262	0.005496
Limestones and dolomites	- 0.57 962	Forest	- 0.1620	40-60	0.9193 35	- 0.9037	0.01 6262	0.002813
Alluvial deposit	0	Areas with rock outcrop	0.7104 5	40-60	0.9193 35	1.4209 03	0.01 6262	0.028758
Porfirc dikes	3.00 3904	Areas with rock outcrop	0.7104 5	0-10	- 1.2778 9	4.4248 07	0.01 6262	0.579882
Metasandstone	- 0.41 241	Areas with rock outcrop	0.7104 5	20-40	- 0.6937 8	1.0084 98	0.01 6262	0.01904
Porfirc dikes	3.00 3904	Urbanization	- 0.1169	60-90	0.9665 13	2.7699 21	0.01 6262	0.110824
Porfirc dikes	3.00 3904	Areas with rock outcrop	0.7104 5	0-10	- 1.2778 9	4.4248 07	0.01 6262	0.579882
Argillaceous talus	0.60 3921	Areas with rock outcrop	0.7104 5	60-90	0.9665 13	2.0248 24	0.01 6262	0.052607
Argillaceous talus	0.60 3921	Crops areas	0	60-90	0.9665 13	0.6039 21	0.01 6262	0.012704
Argillaceous talus	0.60 3921	Crops areas	0	20-40	0.1617 5	0.6039 21	0.01 6262	0.012704
Porfirc dikes	3.00 3904	Crops areas	0	40-60	0.9193 35	3.0039 04	0.01 6262	0.140039
Alluvial deposit	0	Shrubby areas	0.0753 2	20-40	0.1617 5	0.1506 38	0.01 6262	0.008074
Porfirc dikes	3.00 3904	Forest	- 0.1620	0-10	- 1.2778 9	2.6797 39	0.01 6262	0.101267
Metasandstone	- 0.41 241	Forest	- 0.1620	40-60	0.9193 35	- 0.7365 7	0.01 6262	0.003325
Limestones and dolomites	- 0.57 962	Urbanization	- 0.1169	0-10	- 1.2778 9	- 0.8136	0.01 6262	0.003078
Limestones and dolomites	- 0.57 962	Shrubby areas	0.0753 2	60-90	0.9665 13	0.4289 8	0.01 6262	0.004522
Metasandstone	-	Urbanization	-	20-40	0.1617	-	0.01	0.003639

dstone	0.41 241	ion	0.1169 9		5	0.6463 9	6262	
Limestone talus	0.28 3235	Crops areas	0	60-90	0.9665 13	0.2832 35	0.01 6262	0.009219
Alluvial deposit	0	Forest	0.1620 8	20-40	0.1617 5	0.3241 6	0.01 6262	0.005022
Limestones and dolomites	- 0.57 962	Crops areas	0	40-60	0.9193 35	- 0.5796 2	0.01 6262	0.00389
Metasandstone	- 0.41 241	Forest	0.1620 8	60-90	0.9665 13	- 0.7365 7	0.01 6262	0.003325
Limestone talus	0.28 3235	Areas with rock outcrop	0.7104 5	40-60	0.9193 35	1.7041 38	0.01 6262	0.038174
Limestones and dolomites	- 0.57 962	Shrubby areas	0.0753 2	60-90	0.9665 13	- 0.4289 8	0.01 6262	0.004522
Alluvial deposit	0	Crops areas	0	60-90	0.9665 13	0	0.01 6262	0.006945
Porphyric dikes	3.00 3904	Urbanization	0.1169 9	40-60	0.9193 35	2.7699 21	0.01 6262	0.110824
Limestone talus	0.28 3235	Urbanization	0.1169 9	20-40	0.6937 8	0.0492 52	0.01 6262	0.007296
Porphyric dikes	3.00 3904	Areas with rock outcrop	0.7104 5	0-10	1.2778 9	4.4248 07	0.01 6262	0.579882
Argillaceous talus	0.60 3921	Heterogeneous agricultural areas	0.2669 3	20-40	0.6937 8	- 0.0700 58	0.01 6262	0.007449
Metasandstone	- 0.41 241	Urbanization	0.1169 9	60-90	0.9665 13	- 0.6463 9	0.01 6262	0.003639
Limestones and dolomites	- 0.57 962	Urbanization	0.1169 9	40-60	0.9193 35	- 0.8136	0.01 6262	0.003078
Limestone talus	0.28 3235	Shrubby areas	0.0753 2	40-60	0.9193 35	0.4338 73	0.01 6262	0.010718

Argillaceous talus	0.60 3921	Shrubby areas	0.0753 2	40-60	0.9193 35	0.7545 59	0.01 6262	0.01477
Alluvial deposit	0	Urbanization	0.1169 9	20-40	0.1617 5	0.2339 8	0.01 6262	0.005496
Alluvial deposit	0	Forest	0.1620 8	0-10	1.2778 9	0.3241 6	0.01 6262	0.005022
Argillaceous talus	0.60 3921	Urbanization	0.1169 9	20-40	0.6937 8	0.3699 38	0.01 6262	0.010054
Limestones and dolomites	0.57 962	Urbanization	0.1169 9	0-10	1.2778 9	0.8136	0.01 6262	0.003078
Porfiric dikes	3.00 3904	Heterogeneous agricultural areas	0.2669 3	20-40	0.6937 8	2.4700 41	0.01 6262	0.08211
Alluvial deposit	0	Shrubby areas	0.0753 2	0-10	1.2778 9	0.1506 38	0.01 6262	0.008074
Metasandstone	0.41 241	Shrubby areas	0.0753 2	20-40	0.6937 8	0.2617 7	0.01 6262	0.005345
Argillaceous talus	0.60 3921	Urbanization	0.1169 9	20-40	0.1617 5	0.3699 38	0.01 6262	0.010054
Argillaceous talus	0.60 3921	Areas with rock outcrop	0.7104 5	40-60	0.9193 35	2.0248 24	0.01 6262	0.052607
Argillaceous talus	0.60 3921	Shrubby areas	0.0753 2	20-40	0.6937 8	0.7545 59	0.01 6262	0.01477
Argillaceous talus	0.60 3921	Crops areas	0	40-60	0.9193 35	0.6039 21	0.01 6262	0.012704
Argillaceous talus	0.60 3921	Crops areas	0	20-40	0.6937 8	0.6039 21	0.01 6262	0.012704
Metasandstone	0.41 241	Urbanization	0.1169 9	0-10	1.2778 9	0.6463 9	0.01 6262	0.003639
Limestone talus	0.28 3235	Forest	0.1620 8	20-40	0.6937 8	0.0409 3	0.01 6262	0.006666
Limestones and dolomites	0.57 962	Urbanization	0.1169 9	60-90	0.9665 13	0.8136	0.01 6262	0.003078

Limestonees and dolomites	- 0.57 962	Heterogeneous agricultural areas	- 0.2669 3	20-40	0.1617 5	- 1.1134 8	0.01 6262	0.002281
Alluvial deposit	0	Areas with rock outcrop	0.7104 5	20-40	0.1617 5	1.4209 03	0.01 6262	0.028758
Porfiric dikes	3.00 3904	Areas with rock outcrop	0.7104 5	40-60	0.9193 35	4.4248 07	0.01 6262	0.579882
Argillaceous talus	0.60 3921	Forest	- 0.1620 8	40-60	0.9193 35	0.2797 56	0.01 6262	0.009187
Limestonees and dolomites	- 0.57 962	Shrubby areas	0.0753 2	0-10	1.2778 9	- 0.4289 8	0.01 6262	0.004522
Limestone talus	0.28 3235	Areas with rock outcrop	0.7104 5	20-40	- 0.6937 8	1.7041 38	0.01 6262	0.038174

