



**PENGARUH FAKTOR ANTROPOGENIK, GEOMORFOLOGI DAN
HIDROLOGI TERHADAP TINGKAT KERENTANAN TANAH
LONGSOR DI WILAYAH GUNUNG PASANG
KABUPATEN JEMBER**

SKRIPSI

Oleh
Liya Kholida
NIM 101810201027

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2015**



**PENGARUH FAKTOR ANTROPOGENIK, GEOMORFOLOGI
DAN HIDROLOGI TERHADAP TINGKAT KERENTANAN
TANAH LONGSOR DI WILAYAH GUNUNG PASANG
KABUPATEN JEMBER**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Ilmu Fisika (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Sains

Oleh
Liya Kholida
NIM 101810201027

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2015**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan dengan penuh rasa cinta, syukur dan terima kasih yang sebesar-besarnya untuk:

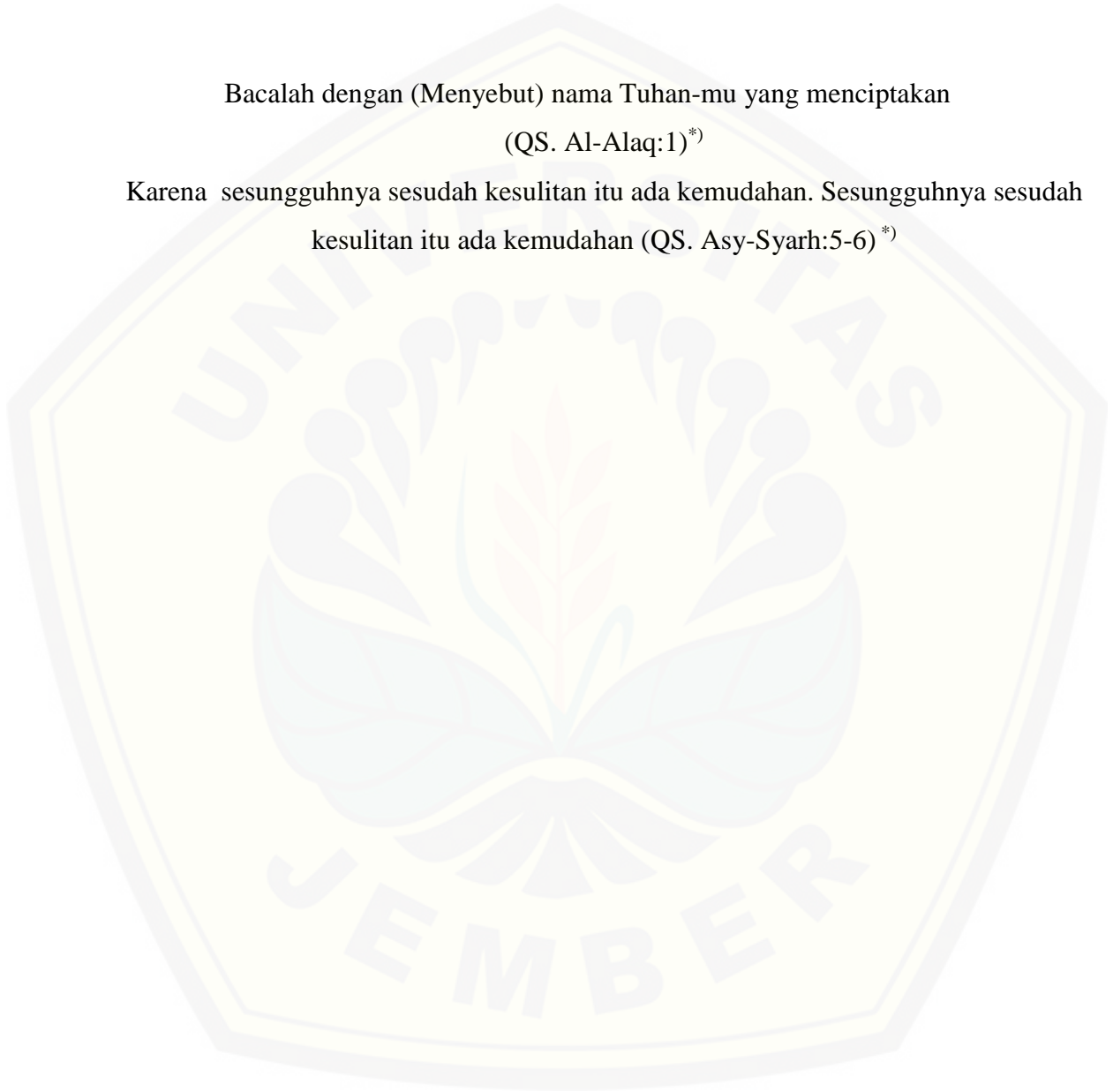
1. Ayahanda H. Abdul Kholiq dan Ibunda Hj. Khusnul Lailiyah yang mendoakan dan memberi kasih sayang serta pengorbanan selama ini;
2. para pahlawan tanpa tanda jasa yang sejak taman kanak-kanak hingga perguruan tinggi telah mendidik dengan penuh perhatian dan kesabaran;
3. seluruh keluarga besar PP. Al-azhar yang telah memberikan dukungan, motivasi dan nasehat yang sangat berguna;
4. seluruh keluarga besar Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

MOTTO

Bacalah dengan (Menyebut) nama Tuhan-mu yang menciptakan

(QS. Al-Alaq:1)^{*)}

Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Sesungguhnya sesudah
kesulitan itu ada kemudahan (QS. Asy-Syarah:5-6)^{*)}



^{*)} Departemen Agama Republik Indonesia. 2004. *Al-Jumanatul Ali: Al Qur'an dan Terjemah* . Jakarta: J-Art.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Liya Kholida

NIM : 101810201027

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul: “Pengaruh Faktor Antropogenik, Geomorfologi dan Hidrologi Terhadap Tingkat Kerentanan Tanah Longsor di Wilayah Gunung Pasang Kabupaten Jember” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, April 2015

Yang menyatakan,

Liya Kholida

NIM 101810201027

SKRIPSI

**PENGARUH FAKTOR ANTROPOGENIK, GEOMORFOLOGI
DAN HIDROLOGI TERHADAP TINGKAT KERENTANAN
TANAH LONGSOR DI WILAYAH GUNUNG PASANG
KABUPATEN JEMBER**

Oleh

Liya Kholida
NIM 101810201027

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama : Puguh Hiskiawan S.Si, M.Si
Dosen Pembimbing Anggota : Nurul Priyantari S.Si, M.Si.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Pengaruh Faktor Antropogenik, Geomorfologi dan Hidrologi Terhadap Tingkat Kerentanan Tanah Longsor di Wilayah Gunung Pasang Kabupaten Jember” telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal :

tempat :

Tim Penguji

Ketua

Puguh Hiskiawan S.Si, M.Si
NIP. 197412152002121001

Anggota I

Supriyadi S.Si, M.Si
NIP. 198204242006041003

Sekretaris

Nurul Priyantari S.Si, M.Si.
NIP.197003271997022001

Anggota II

Dra. Arry Yuariatun Nurhayati
NIP. 196109091986012001

Mengesahkan
Dekan,

Prof. Drs. Kusno, DEA., Ph.D.
NIP 196101081986021001

RINGKASAN

Pengaruh Faktor Antropogenik, Geomorfologi dan Hidrologi Terhadap Tingkat Kerentanan Tanah Longsor di Wilayah Gunung Pasang Kabupaten Jember; Liya Kholida, 101810201006; 2015: 81 halaman; Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Tanah longsor merupakan salah satu bentuk dari gerak massa tanah, batuan dan runtuhannya yang terjadi secara seketika bergerak menuju lereng bawah yang dikendalikan oleh gaya gravitasi dan meluncur di atas lapisan tanah. Tanah longsor merupakan salah satu bencana yang sering terjadi, terutama selama musim penghujan di kawasan perbukitan serta pegunungan seperti yang terjadi di pegunungan Argopuro wilayah Gunung Pasang Desa Suci Kecamatan Panti Kabupaten Jember.

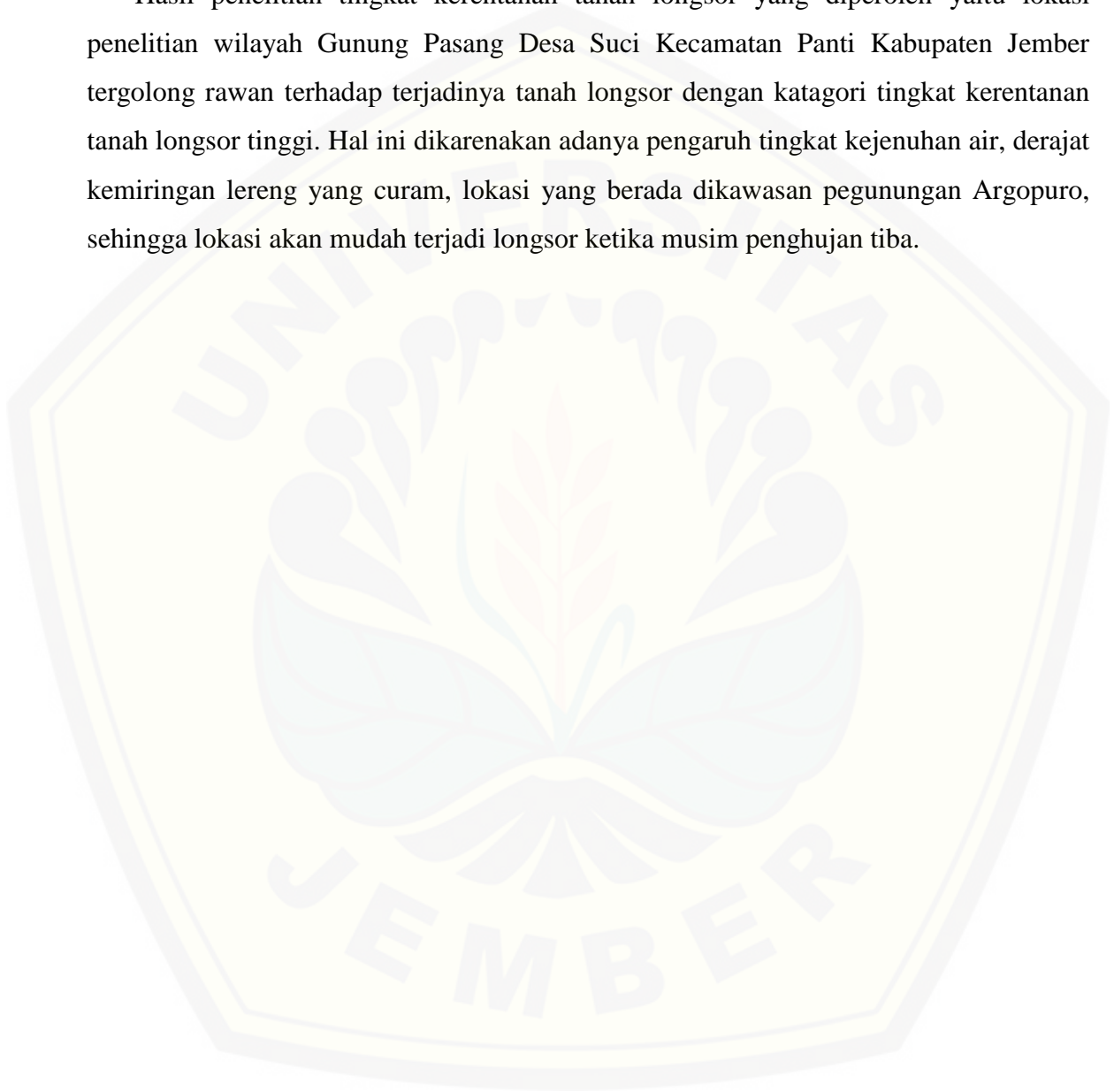
Kecamatan Panti berdasarkan Dinas ESDM Jatim (2012) merupakan daerah rawan bencana longsor tingkat menengah hingga tinggi. Untuk menguatkan hal tersebut, maka dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mendeskripsikan tingkat kerentanan tanah longsor di salah satu daerah Kecamatan Panti yaitu wilayah lereng Gunung Pasang Kecamatan Suci.

Penentuan kerentanan tanah longsor ini dapat dilakukan dengan metode skoring dengan melakukan pengharkatan dan pembobotan terhadap faktor pemicu longsor yaitu faktor antropogenik, geomorfologi dan hidrologi untuk menentukan tingkat bahaya tanah longsornya.

Berdasarkan analisa tingkat kerentanan tanah longsor yang dilakukan dengan metode skoring menunjukkan bahwa wilayah lereng barat daya Gunung Pasang memiliki tingkat kerentanan tanah longsor tinggi dengan nilai *hazard score* 4,02. Faktor terbesar dan terendah yang mempengaruhi kerentanan tingkat tanah longsor tersebut yaitu faktor

geomorfologi dan hidrologi. Tingkat kerentanann tanah longsor tinggi ini mengindikasikan bahwa lokasi dapat terjadi tanah longsor.

Hasil penelitian tingkat kerentanan tanah longsor yang diperoleh yaitu lokasi penelitian wilayah Gunung Pasang Desa Suci Kecamatan Panti Kabupaten Jember tergolong rawan terhadap terjadinya tanah longsor dengan katagori tingkat kerentanan tanah longsor tinggi. Hal ini dikarenakan adanya pengaruh tingkat kejenuhan air, derajat kemiringan lereng yang curam, lokasi yang berada dikawasan pegunungan Argopuro, sehingga lokasi akan mudah terjadi longsor ketika musim penghujan tiba.



PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah Yang Maha Esa atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga peneliti dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengaruh Faktor Antropogenik, Geomorfologi dan Hidrologi Terhadap Tingkat Kerentanan Tanah Longsor di Wilayah Gunung Pasang Kabupaten Jember”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember. Penyusunan Karya Tulis Ilmiah ini telah mendapatkan bimbingan, pengarahan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Puguh Hiskiawan S.Si, M.Si., selaku Dosen Pembimbing Utama dan Nurul Priyantari S.Si, M.Si, selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
2. Supriyadi S.Si, M.Si., selaku Dosen Penguji Utama dan Dra. Arry Yuariatun Nurhayati, selaku Dosen Penguji Anggota yang telah meluangkan waktu untuk menguji dan memberikan masukan demi kesempurnaan skripsi ini;
3. teman-teman fisika angkatan 2010 yang telah memberikan dorongan dan semangat;
4. teman-teman PPM At-Thoyibah yang telah memberi motivasi dan dukungan;
5. semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Peneliti menyadari bahwa penyusunan skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh sebab itu, saran dan kritik yang membangun dari pembaca sangat peneliti harapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, Mei 2015

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HAALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PEMBIMBING	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB 1. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan	5
1.5 Manfaat Penelitian	5
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Studi Area	5
2.2 Tanah Longsor	5
2.3 Kemiringan Lereng	7
2.4 Aspek (Arah Lereng)	9
2.5 Interval Sungai	10

2.6 Interval Jalan	11
2.7 Tataguna Lahan	12
2.8 <i>Analytical Hierarchy Process (AHP)</i>	13
2.9 <i>Total Station</i>	14
BAB 3. METODE PENELITIAN	15
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	16
3.1.1 Waktu Penelitian	16
3.1.2 Tempat Penelitian	17
3.2 Peralatan Penelitian	18
3.3 Diagram Kerja Penelitian	20
3.4 Pengambilan Data	20
3.5 Metode Analisis	24
3.5.1 Metode <i>Analytical Hierarchy Process</i>	24
3.5.2 Penentuan Koordinat 3D	29
3.5.3 Metode Poligon	32
3.6 Pengolahan Data	34
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	38
4.1 Hasil Penelitian	38
4.1.1 Faktor Antropogenik	38
4.1.2 Faktor Geomorfologi	39
4.1.3 Faktor Hidrologi	41
4.1.6 Hasil Skoring	41
4.2 Pembahasan	42
BAB 5 PENUTUP	45
4.1 Kesimpulan	45
4.2 Saran	46
DAFTAR PUSTAKA	47
LAMPIRAN	51

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Bobot 12 parameter penyebab kerentanan tanah longsor.....	6
2.2 Deskripsi kemiringan lereng	8
2.3 Klasifikasi harkat aspek terhadap kerentanan tanah longsor	10
2.4 Klasifikasi harkat interval sungai terhadap kerentanan tanah longsor	11
2.5 Klasifikasi harkat interval jalan terhadap kerentanan tanah longsor..	12
2.6 Klasifikasi harkat tatguna lahan terhadap kerentanan tanah longsor	13
3.1 Katagori Arah mata angin lereng	21
3.2 Matriks <i>pairwise comparison</i>	25
3.3 Skala Saaty	25
3.4 Nilai bobot tiap parameter	25
3.5 <i>Index Random</i>	29
3.6 Analisa skor pengaharkatan dan pembobotan	34
3.7 Rangkuman pengharkatan tiap parameter	35
3.8 Tingkat kerentanan tanah longsor	36
4.1 Harkat dan bobot faktor antropogenik	38
4.2 Hasil pengukuran kemiringan	40
4.3 Harkat dan pembobotan faktor geomorfologi	41
4.4 Harkat dan pembobotan faktor hidrologi	41
4.5 Hasil skoring terhadap kerentanan tanah longsor	42

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Faktor kerentanan tanah longsor.....	7
2.2 Skema pengukuran menggunakan <i>total station</i>	15
3.1 Peta lokasi daerah penelitian	16
3.2 Lokasi penelitian lereng di Dusun Gunung Pasang	17
3.3 Peta lokasi penelitian	17
3.4 Alat – Alat Penelitian.....	19
3.5 Diagram kerja penelitian.....	20
3.6 Skema <i>set-up total station</i>	22
3.7 Perhitungan elevasi pada <i>total station</i>	30
3.8 Perhitungan koordinat timur dan utara terhadap reflektor	31
3.9 Sketsa pengukuran poligon terbuka	33
4.1 Kontur pengukuran kemiringan menggunakan <i>total station</i>	49
4.2 Hasil kontur GPS	40

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A. DIGITASI LOKASI PENELITIAN.....	51
B. HASIL PERHITUNGAN <i>TOTAL STATION</i>	52
C. DATA GPS	66
D. ARAH MATA ANGIN LERENG.....	78
E. DOKUMENTASI PENELITIAN	79

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Gerakan tanah adalah perpindahan material pembentuk lereng, berupa bahan timbunan, batuan, tanah atau material campuran yang bergerak, kearah bawah dan keluar lereng (Varnes, 1978). Bencana gerakan tanah dapat mengakibatkan korban jiwa, kehancuran lahan dan infrastruktur (Indrayana, 2011). Indonesia merupakan negara yang beriklim tropis dengan curah hujan yang cukup tinggi, ditambah dengan keadaan geologi serta tingginya tingkat pelapukan telah menjadi sebab utama terjadinya gerakan tanah. Hal tersebut juga dipengaruhi dengan budaya penebangan hutan yang tidak terkendali serta perlakuan lahan yang tidak ramah lingkungan (Sukandarrumidi, 2010). Terjadinya gerakan tanah menyebabkan bencana tanah longsor (Balai Bangunan Hidraulik dan Geoteknik keairan, 2003).

Tanah longsor merupakan salah satu bentuk dari gerak massa tanah, batuan dan runtunan yang terjadi secara seketika bergerak menuju lereng bawah yang dikendalikan oleh gaya gravitasi dan meluncur di atas lapisan tanah (bidang luncur) (Kristianto, 2014). Tanah longsor merupakan salah satu bencana yang sering terjadi di Indonesia, terutama selama musim penghujan di kawasan perbukitan serta pegunungan. Bencana tersebut tidak hanya menghancurkan lingkungan hidup, sarana dan prasarana namun umumnya juga menimbulkan korban jiwa (Abidin, 2006).

Kabupaten Jember merupakan salah satu daerah di Jawa Timur yang memiliki kerentanan terhadap tanah longsor. Kecamatan Panti Kabupaten Jember termasuk daerah yang berpotensi mengalami tanah longsor dengan intensitas menengah-tinggi (Dinas ESDM Jatim, 2012). Pada tahun 2006, Kecamatan Panti mengalami bencana longsor dan banjir bandang di lereng Gunung Argopuro. Kawasan yang terkena

bencana meliputi Desa Kemiri, Desa Suci dan Desa Serut. Desa Serut dan Desa Suci merupakan areal terparah (BAPPEKAB, 2006).

Menurut Fathoni (2009), kronologis terjadinya bencana longsor dan banjir bandang di lereng pegunungan Argopuro tersebut disebabkan kawasan hutan yang umumnya telah rusak, pengalihan fungsi hutan yang semula hutan lindung menjadi hutan produksi. Tanah yang menutupi lahan ini berupa hamparan lahan lapukan tipis dan batuan vulkanik berupa tanah andosol dan regolith yang mempunyai tekstur kasar, porositas dan permeabilitas rendah. Kondisi sebagian kawasan hutan yang gundul menyebabkan sebagian besar air hujan menjadi aliran permukaan. Kemiringan lereng Argopuro yang besar serta curam menjadikan air mengalir cepat dengan energi yang tinggi menyebabkan terjadinya longsor.

Pegunungan Argopuro termasuk zona kerentanan longsor menengah sampai tinggi. Karena labilnya daerah tersebut kondisi kelerengan bisa berubah-ubah yang menyebabkan terjadinya gerakan tanah (Naryanto *et al*, 2007). Menurut Pourghasemi *et al* (2012) penyebab terjadinya longsor dapat dipengaruhi oleh faktor hidrologi, antropogenik, dan geomorfologi. Faktor hidrologi diantaranya dipengaruhi oleh interval jarak lokasi bencana terhadap sungai. Menurut Naryanto *et al* (2007) morfologi sungai di bagian hulu lereng Argopuro mempunyai lereng sangat terjal, berbentuk huruf V, cenderung lurus, sementara semakin ke arah hilir (selatan), sungai relatif datar dan berkelok-kelok. Morfologi tebing atau alur sungai sangat curam pada lokasi bencana dengan ketinggian lebih dari 500 m. Faktor antropogenik diantaranya dipengaruhi oleh tataguna lahan dan interval jarak lokasi bencana terhadap penggunaan jalan (Pourghasemi *et al*, 2012). Daerah Pegunungan Argopuro merupakan daerah yang memiliki topografi curam. Pada bagian tengah pegunungan sudah mulai banyak ditanam perkebunan kopi, teh dan juga perkebunan rakyat, sehingga kurang bisa mendukung dalam menstabilkan tanah. Pohon dengan akar yang dangkal masih kurang mampu untuk menahan tanah tersebut supaya tidak bergerak, sehingga mudah longsor dan erosi bila terkena curah hujan tinggi (Naryanto *et al*, 2007). Faktor geomorfologi dipengaruhi oleh kemiringan dan aspek (arah lereng) (Pourghasemi *et al*, 2012).

Topografi lereng di daerah hulu Pegunungan Argopuro sebagai pusat longsor sangat curam serta tingkat kemiringan daerah tersebut lebih dari 60° , sehingga sangat rawan terhadap gerakan tanah (Naryanto *et al*, 2007). Aspek berkaitan dengan penyinaran matahari terhadap arah lereng. Hal tersebut akan mempengaruhi struktur batuan, kandungan organik dan vegetasi pada areal lereng (Pourghasemi *et al*, 2012).

Berdasarkan tiga faktor hidrologi, antropogenik dan geomorfologi maka dapat dilakukan identifikasi tingkat kerentanan tanah longsor dengan menggunakan metode skoring. Metode skoring berkaitan dengan pembobotan dan pengharkatan pada parameter penyebab longsor. Penentuan nilai bobot menggunakan metode *analytical herarcy process* (AHP). AHP adalah teori umum tentang pengukuran yang digunakan untuk menemukan skala rasio dari perbandingan berpasangan (Suyatno *et al*, 2011).

Pada penelitian ini, akan dilakukan penentuan tingkat kerentanan tanah longsor di Desa Suci Kecamatan Panti dengan menggunakan metode skoring berdasarkan faktor hidrologi, antropogenik dan geomorfologi. Metode skoring ini pernah digunakan oleh Feryandi di Gianyar untuk menentukan penaksiran kerentanan tanah longsor. Sedangkan penelitian yang berkaitan dengan tanah longsor di Kecamatan Panti sudah pernah dilakukan oleh Fatoni (2009) yang hasilnya menunjukkan nilai stabilitas lereng dan pola bidang kelongsoran yang terjadi di Desa Suci. Berdasarkan hal tersebut, peneliti ingin mengidentifikasi tingkat kerentanan tanah longsor dengan menggunakan metode skoring dengan lima parameter yaitu parameter interval sungai (Faktor hidrologi), parameter tataguna lahan dan interval jalan (Faktor antropogenik), parameter kemiringan dan aspek (Faktor geomorfologi) di Desa Suci Kecamatan Panti. Diharapkan dari penelitian ini dapat diketahui tingkat kerentanan tanah longsor Desa Suci di Kecamatan Panti, dengan demikian dapat dilakukan mitigasi bencana tanah longsor yang lebih tepat dan efektif.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana tingkat kerentanan tanah longsor di Desa Suci Kecamatan Panti Kabupaten Jember ?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penentuan tingkat kerentanan tanah longsor menggunakan metode skoring terhadap 3 faktor dengan menggunakan lima parameter yaitu parameter interval sungai (Faktor hidrologi), parameter tataguna lahan dan interval jalan (Faktor antropogenik), parameter kelerengan lereng dan aspek (Faktor geomorfologi).
2. Daerah yang diteliti adalah wilayah Gunung Pasang Dusun Gunung Pasang Desa Suci Kecamatan Panti Kabupaten Jember.

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi tingkat kerentanan tanah longsor di wilayah Gunung Pasang Desa Suci Kecamatan Panti Kabupaten Jember.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat untuk memberi informasi adanya kecendrungan tanah longsor di Desa Suci, yang dapat digunakan untuk melakukan upaya mitigasi bencana. Selain itu Penelitian ini dapat dijadikan referensi untuk penelitian selanjutnya.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Studi Area

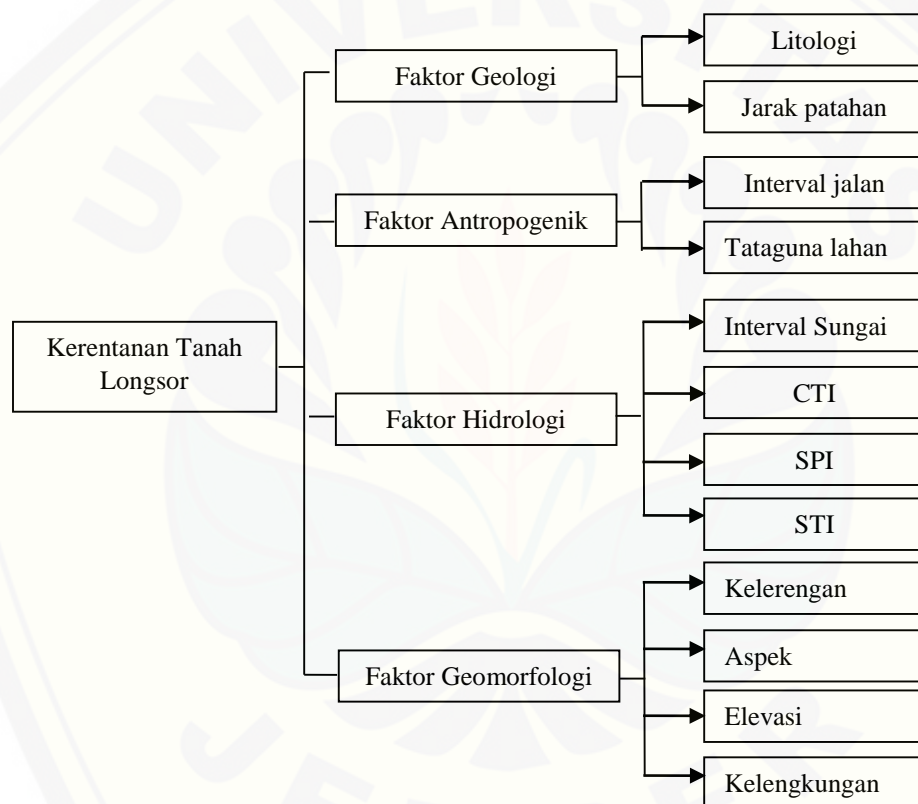
Kabupaten Jember merupakan daerah yang memiliki kerentanan terhadap bencana tanah longsor. Kecamatan Panti Kabupaten Jember termasuk daerah yang berpotensi mengalami tanah longsor dengan intensitas menengah-tinggi (Dinas ESDM Jatim, 2012). Kecamatan Panti pernah mengalami banjir bandang pada tahun 2006 dan desa yang terparah terkena banjir bandang adalah Desa Suci. Menurut Priyantari *et al* (2009), peristiwa banjir bandang tersebut disebabkan oleh kerusakan hutan di Gunung Argopuro yang terletak di bagian utara Jember. Desa Suci memiliki elevasi topografi berkisar 50 meter - 2220 meter di atas permukaan laut, sedangkan kepadatan permukiman warga berada pada elevasi ketinggian 50 meter - 690 meter di atas permukaan laut. Berdasarkan hasil studi oleh Cahyono dan Sulistiarto (2010), Desa Suci memiliki jenis tanah latosol dan andosol.

2.2 Tanah Longsor

Tanah Longsor adalah perpindahan material pembentuk lereng berupa batuan, bahan rombakan, tanah, atau material, yang bergerak ke bawah atau keluar lereng. Secara geologi tanah longsor merupakan suatu peristiwa geologi dimana terjadi pergerakan tanah seperti jatuhnya batuan atau gumpalan besar tanah. Pada prinsipnya tanah longsor terjadi jika gaya pendorong pada lereng lebih besar dari pada gaya penahan. Gaya penahan umumnya dipengaruhi oleh besarnya sudut lereng, air, beban serta berat jenis tanah batuan (Nandi, 2007). Proses terjadinya tanah longsor dapat diterangkan sebagai berikut: air yang meresap ke dalam tanah akan menambah bobot tanah. Jika air tersebut menembus sampai tanah kedap air yang berperan sebagai bidang

gelincir maka tanah menjadi licin dan tanah pelapukan di atasnya akan bergerak mengikuti lereng dan luar lereng sehingga terjadi tanah longsor (Nandi, 2007).

Gejala umum tanah longsor ditandai dengan munculnya retakan-retakan di lereng yang sejajar dengan arah tebing dan muncul mata air baru secara tiba-tiba yang biasanya terjadi setelah hujan (Nandi, 2007). Menurut Pourghasemi *et al* (2012a), faktor kerentanan tanah longsor dibagi menjadi 4 faktor yaitu faktor geomorfologi, geologi, hidrologi dan antropogenik (Gambar 2.10).



Gambar 2.1 Faktor kerentanan longsor (Sumber: Pourghasemi *et al*, 2012a)

Gambar 2.1 menunjukkan skema faktor penyebab kerentanan tanah longsor beserta parameter tiap faktor. Faktor geologi dipengaruhi oleh parameter jarak patahan (*Distance to fault*) dan litologi. Faktor antropogenik dipengaruhi oleh parameter interval jalan (*Distance to road*) dan tataguna lahan. Faktor antropogenik dipengaruhi oleh parameter interval jarak sungai, *wetness index* (CTI), *stream power index* (SPI),

dan *stream transport index* (STI). Faktor geomorfologi dipengaruhi oleh parameter kelerengan, aspek, elevasi dan kelengkungan (*curvature*). Parameter pada tiap faktor tersebut memiliki besar pengaruh yang berbeda-beda terhadap kerentanan tanah longsor. Tabel 2.1 menunjukkan besar pengaruh tiap parameter yang ditunjukkan berdasarkan nilai bobotnya. Nilai dengan bobot yang tertinggi menunjukkan parameter tersebut mempengaruhi kerentanan longsor lebih besar dibandingkan dengan parameter lain nya.

Tabel 2.1 Bobot 12 parameter penyebab kerentanan tanah longsor

No	Parameter	Bobot
1	Kemiringan	0,1684
2	Aspek	0,0358
3	Elevasi	0,0255
4	Kelengkungan	0,1738
5	Litologi	0,2309
6	Tataguna lahan	0,0520
7	Interval sungai	0,0264
8	Interval jalan	0,1137
9	Jarak patahan	0,0200
10	TWI	0,0742
11	SPI	0,0339
12	LSI	0,0454

Sumber: Pourghasemi *et al* (2012b)

2.3 Kemiringan lereng

Sebagian besar wilayah di Indonesia merupakan wilayah perbukitan dan pegunungan, sehingga banyak dijumpai lahan yang miring. Lereng atau lahan yang miring ini berpotensi untuk mengalami gerakan tanah. Semakin besar kemiringan suatu lereng dapat mengakibatkan semakin besarnya gaya penggerak massa tanah atau

batuan penyusun lereng (Indrayana, 2011). Lereng yang semakin curam, makin besar pula volume dan kecepatan aliran permukaan yang berpotensi menyebabkan erosi. Selain kecuraman, panjang lereng juga menentukan besarnya longsor dan erosi. Makin panjang lereng, erosi yang terjadi makin besar. Pada lereng >40% longsor sering terjadi, terutama disebabkan oleh pengaruh gaya gravitasi (Kementrian pertanian, 2006).

Kemiringan dan panjang lereng adalah dua unsur topografi yang paling berpengaruh terhadap tanah longsor karena unsur tersebut sangat erat kaitanya dengan gaya gravitasi dan gaya geser sepanjang lereng. Kemiringan lereng dinyatakan dalam derajat ($^{\circ}$) atau persen (%), lereng dinyatakan mempunyai kemiringan 10% jika perbandingan panjang kaki dan tinggi adalah 10:1. Kemiringan lereng berpengaruh terhadap gaya tarik bumi serta gaya geser sepanjang lereng. Semakin datar lereng, gaya gravitasi tidak dapat bekerja sepenuhnya, sehingga material lapuk lepas tidak akan terjadi pergeseran horizontal, akan tetapi pada lereng yang miring hingga terjal akan terjadi resultan gaya akibat adanya dua gaya yakni gaya gravitasi dan gaya geser. Kemiringan lereng juga berpengaruh terhadap kelembaban tanah akibat perbedaan tingkat kelulusan air, dan gerakan air tanah yang berbeda. Dengan material lapuk pada lereng datar gerakan air tanah lebih lambat, dibanding lereng yang miring. Dengan demikian tanah longsor akan sangat efektif pada lereng miring hingga terjal dibanding lereng datar (Sugiharyanto *et al*, 2009).

Terjadinya longsor akan meningkat seiring dengan semakin meningkatnya kemiringan lereng. Kemiringan lereng akan mempengaruhi kecepatan aliran air permukaan. Pada lahan yang datar atau landai, kecepatan aliran air lebih kecil dibandingkan dengan tanah yang miring (Curam) (Dwi, 2010). Tabel 2.2 menunjukkan harkat kemiringan menurut Kementrian Kehutanan (2011), harkat terbesar menunjukkan pengaruh terhadap longsor lebih besar.

Tabel 2.2 Deskripsi kemiringan lereng

Harkat	Kemiringan (%)	Deskripsi
1	0 – 7	Datar
2	8 – 14	Landai
3	15 – 24	Agak Curam
4	25 – 45	Curam
5	> 45	Sangat Curam

Sumber: Parmin *et al* (2011)

2.4 Aspek (Arah Lereng)

Aspek berkaitan dengan arah lereng yang disinari oleh matahari. Aspek /arah lereng memberikan pengaruh secara tidak langsung terhadap besaran erosi. Aspek akan menentukan besarnya jumlah penyinaran matahari yang akan mempengaruhi proses pedogenesis tanah (pelapukan dan pembentukan tanah) (Miardini dan Harjadi, 2011). Potensi terjadinya gerakan tanah pada lereng tergantung pada kondisi tanah dan batuan penyusunnya. Pelapukan batuan merupakan salah satu proses geologi yang menjadi penyebab utama terjadinya gerakan tanah. Proses pelapukan batuan yang sangat intensif banyak dijumpai di negara-negara yang memiliki iklim tropis seperti Indonesia. Tingginya intensitas curah hujan dan penyinaran matahari menjadikan proses pelapukan batuan lebih intensif sehingga dapat menyebabkan tanah longsor (Suranto, 2008). Menurut Feryandi (2011), arah lereng yang menghadap ke selatan memiliki potensi pelapukan yang sangat tinggi sehingga memiliki harkat 5, sedangkan arah lereng yang menghadap ke utara, barat, barat laut memiliki potensi pelapukan tanah lebih rendah. Tabel 2.3 merupakan tabel klasifikasi harkat pada aspek.

Tabel 2.3 Klasifikasi harkat aspek terhadap kerentanan tanah longsor

Jenis variabel	Subtansi	Harkat
Aspek	Utara , barat, barat laut	1
	Timur laut	2
	Timur , barat daya	3
	Tenggara	4
	Selatan	5

Sumber: Feryandi (2011)

2.5 Interval Sungai

Kondisi faktor hidrologis dapat mempengaruhi gerakan massa batuan atau tanah yang berkaitan dengan ketersediaan mata air atau jalur rembesan. Air dalam penghantar umumnya bergerak perlahan-lahan menuju ke permukaan air bebas yang terdekat seperti sungai, tetapi jika ada satu lapisan kedap air yang menghalangi sebuah penghantar dan lapisan itu tersingkap di permukaan, maka air tanah dapat muncul di permukaan pada jalur rembesan atau sebagai mata air. Pemusatan mata air berpengaruh terhadap kerentanan tanah longsor (Sugiharyanto *et al*, 2009). Menurut Hirnawan (1993) daerah yang dekat dekat seungai dapat mengakibatkan naiknya muka air tanah yang dapat menurunkan sifat fisik dan mekanika tanah. Kenaikan muka air tanah meningkatkan tekanan pori yang mempengaruhi ketahanan geser mengecil dari massa lereng terutama dalam material tanah. Di waktu musim penghujan muka air sungai akan naik yang juga mempengaruhi naiknya muka air tanah. Menurut Feryandi (2011), suatu daerah bila terletak dekat sungai maka akan menyebabkan bahaya tanah longsor akan, dikarenakan semakin banyak mata air atau rembesan, berarti menunjukkan banyaknya retakan atau rekahan batuan. Perlapisan batuan yang satu dengan yang lain memiliki perbedaan. Hal ini berpengaruh terhadap rembesan air pada retakan batuan untuk meloloskan air sampai ke dalam (Sugiharyanto *et al*, 2009). Menurut Nandi (2007) rembesan air yang meresap ke dalam tanah akan menambah bobot tanah, jika air tersebut menembus sampai tanah kedap air yang berperan sebagai bidang gelincir

maka tanah menjadi licin dan tanah pelapukan di atasnya akan bergerak mengikuti lereng dan luar lereng sehingga terjadi tanah longsor. Pada tabel 2.4 menunjukkan pengaruh interval sungai terhadap kerentanan tanah longsor, jika suatu daerah memiliki jarak interval sungai ≥ 50 m maka daerah tersebut memiliki potensi bahaya kerentanan tanah longsor lebih besar. Semakin besar nilai harkat pada interval sungai maka kerentanan bahaya tanah longsor semakin besar.

Tabel 2.4 Klasifikasi harkat interval sungai terhadap kerentanan tanah longsor

Jenis variabel	Subtansi	harkat
Interval sungai	> 200 m	1
	> 150 – 200 m	2
	> 100 – 150 m	3
	> 50 – 100 m	4
	0 – 50 m	5

Sumber: Feryandi (2011)

2.6 Interval Jalan

Menurut Pourghasemi *et al* (2012a), interval jalan termasuk dalam faktor antropogenik yang menyebabkan bahaya tanah longsor. Interval jalan berkaitan dengan jarak jalan terhadap daerah bahaya longsor. Semakin dekat jarak jalan terhadap daerah bahaya longsor, maka kerentanan bahaya longsor akan semakin besar. Salah satu penyebab longsor yaitu pemotongan lereng untuk jalan yang dapat mengakibatkan hilangnya peneguh lereng dari arah lateral (Nursaban, 2008). Hal ini selanjutnya mengakibatkan kekuatan geser lereng untuk melawan pergerakan massa tanah terlampaui oleh tegangan penggerak massa tanah, akhirnya tanah longsor pada lereng akan terjadi (Sugiharyanto *et al*, 2009). Tidak hanya itu getaran yang disebabkan oleh kendaraan juga memicu terjadinya longsor (Rahayu, 2009). Getaran kendaraan dapat menekan dan membuat lereng retak (Nandi, 2010). Getaran memicu longsor dengan cara melemahkan atau memutuskan hubungan antar butir partikel-partikel penyusun tanah/batuan pada lereng. Jadi getaran berperan dalam menambah gaya penggerak dan sekaligus mengurangi gaya penahan (Indrayana, 2011). Menurut Feryandi (2011)

daerah yang dekat jalan dapat berpengaruh terhadap tingkat kerentanan tanah longsor, yang kategorinya klasifikasikan berdasarkan jaraknya dari jalan seperti yang ada pada tabel 2.5

Tabel 2.5 Klasifikasi harkat interval jalan terhadap kerentanan tanah longsor

Jenis variabel	Subtansi	Harkat
Interval jalan	0 > 1000 m	1
	> 600 – 1000 m	2
	> 300 – 600 m	3
	> 100 – 300 m	4
	0 – 100 m	5

Sumber: Feryandi (2011)

2.7 Tataguna Lahan

Pemanfaatan lahan atau tata guna lahan (*Land use*) adalah pengaturan penggunaan lahan. Tata guna lahan terdiri dari dua unsur yaitu: tataguna yang berarti penataan atau pengaturan penggunaan dan lahan yang berarti ruang (Jayadinata, 1999). Tataguna lahan merupakan wujud tutupan bumi yang baik merupakan bentuk alami buatan manusia (Dwi, 2010). Tataguna lahan merupakan bentuk campur tangan manusia, didalam memanfaatkan sumberdaya alam. Jenis penggunaan lahan juga ber peran penting dalam memicu terjadinya tanah longsor sebab kejadian longsor sering kali berhubungan dengan pengguna lahan yang tidak tepat (Sugiharyanto, 2009).

Tataguna lahan merupakan bagian dari aktivitas manusia, secara umum yang dapat menyebabkan longsor adalah yang berhubungan dengan pembangunan infrastruktur seperti pemotongan lereng yang merubah kelerengan, hal ini juga akan merubah aliran air permukaan dan muka air tanah. Penggundulan hutan maupun penggunaan lahan yang tidak memperhatikan ekosistem dapat pula memicu terjadinya gerakan tanah dan erosi (Suranto, 2008). Tabel 2.6 merupakan table klasifikasi harkat tata guna lahan terhadap kerentanan tanah longsor, harkat 5 menunjukkan pengaruh

interval jalan terhadap kerentanan bahaya longsor paling besar sedangkan harkat 1 menunjukkan kerentanan tanah longsor paling kecil (Parmin *et al*, 2011).

Tabel 2.6 Klasifikasi harkat tata guna lahan terhadap kerentanan tanah longsor

Jenis variabel	Subtansi	Harkat
Tataguna lahan	Hutan alam	1
	Semak / belukar / Rumput	2
	Hutan/ Perkebunan	3
	Tegalan/ pekarangan	4
	Sawah / Permukiman	5

Sumber: Parmin *et al* (2011)

2.8 Analytic Hierarchy Process (AHP)

Metode *Analytic Hierarchy Process* (AHP) dikembangkan oleh Prof. Thomas Lorie Saaty dari *Wharston Business school* untuk mencari ranking atau urutan prioritas dari berbagai alternatif dalam pemecahan suatu permasalahan. (Purba, 2010). Disini diperlukan penentuan prioritas dan uji konsistensi terhadap pilihan-pilihan yang telah dilakukan. Menurut Suyatno *et al* (2011) metode tahapan AHP dalam buku Thomas L. Saaty yang berjudul *Analytic Hierarchy Process* yang diringkas sebagai berikut:

- a. Mengalikan matriks dengan proritas bersesuaian.
- b. Menjumlahkan hasil perkalian per baris.
- c. Hasil penjumlahan tiap baris dibagi prioritas bersangkutan dan hasilnya dijumlahkan.
- d. Hasil c dibagi jumlah elemen, akan didapat λ maks.
- e. *Consistensi Index (CI)*
- f. *Consistency Ratio* = CI/RI , di mana *RI* adalah indeks random maks konsistensi. Jika rasio konsistensi (CR) ≤ 0.1 , hasil perhitungan dapat dibenarkan.
- g. Menghitung nilai lambda (λ) dan *Consistency Index (CI)* dan *Consistency Ratio (CR)* dengan rumus :

$$\lambda = \frac{\sum CV}{\sum n} \quad (2.1)$$

$$CI = \frac{\lambda - n}{n - 1} \quad (2.2)$$

$$CR = \frac{CI}{IR} \quad (2.3)$$

Keterangan:

λ = Nilai rata-rata *vector consistency*

CV = *Consistency Vector*

n = Jumlah faktor yang sedang dibandingkan

CI = *Consistency Index*

RI = *Random Index*

CR = *Consistency Ratio*

2.9 Total Station

Total station adalah kombinasi dari teodolit elektronik dan meter jarak elektronik (EDM). Kombinasi tersebut memungkinkan untuk menentukan koordinat reflektor sekaligus mengukur sudut vertikal dan horizontal, dan jarak kemiringan. Sebuah mikro-prosesor di dalam instrument *total station* melakukan perekaman, pembacaan dan perhitungan yang diperlukan. Data tersebut mudah ditransfer ke komputer di tempat yang dapat digunakan untuk menghasilkan peta (Punmia *et al*, 2005).

Pengukuran menggunakan *total station* didasarkan pada sudut dan jarak bidikan reflektor. *Total station* terintegrasi dengan theodolite dan EDM (*Electronic distance measurment*). Theodolite berfungsi mengukur sudut optis dan EDM mengukur jarak (Roy, 2010). Theodolite didasarkan pada pengukuran optik (Teleskop optik) yang menghasilkan sudut horisontal dan sudut vertikal (Brinker, 2003).. Pengukuran dasar *total station* mengukur 3 parameter yaitu:

1. Sudut optik rotasi alat dari kedudukan utara alat adalah sudut horisontal (dalam bidang horisontal) adalah sudut horisontal (*Horizontal Angel*).
2. Inklinasi dari sudut optik dari daerah vertikal adalah sudut sudut vertikal (*Vertical Angle*).

3. Jarak antara alat (*Total station*) dan target merupakan jarak miring (*Slope distance* / S_D) (Punmia *et al*, 2005).

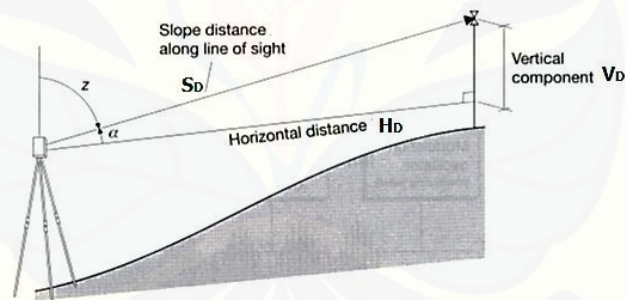
Sudut vertikal dalam total station merupakan sudut zenit seperti yang digambarkan pada gambar 2.2, sedangkan α merupakan sudut miring atau inklinasi. Hubungan keduanya adalah sebagai berikut:

1. Untuk metode langsung (Searah dengan jarum jam) maka, $\alpha = 90^\circ - z$
2. Untuk metode kebelakang (Berlawanan dengan jarum jam) maka, $\alpha = z - 270^\circ$ (Basak, 2014).

Penentuan *vertical component* / jarak vertikal (V_D) dan *horizontal distance* / jarak horisontal (H_D) pada gambar 2.2 dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan 2.2 dan 2.3 (Broderick, 2014).

$$V_D = S_D \cos \alpha = S_D \sin z \quad (2.2)$$

$$H_D = S_D \sin \alpha = S_D \cos z \quad (2.3)$$



Gambar 2.2 Skema pengukuran menggunakan *total station* (Sumber: Broderick, 2014)

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

3.1.1 Waktu Penelitian

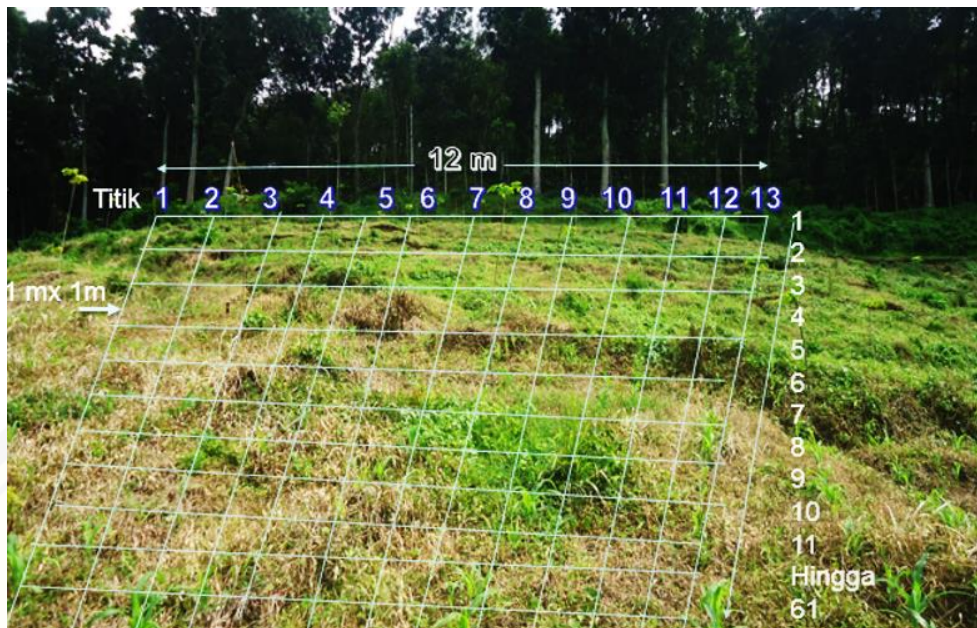
Penelitian dilaksanakan pada 24 Oktober 2014 – 4 Januari 2015.

3.1.2 Tempat Penelitian

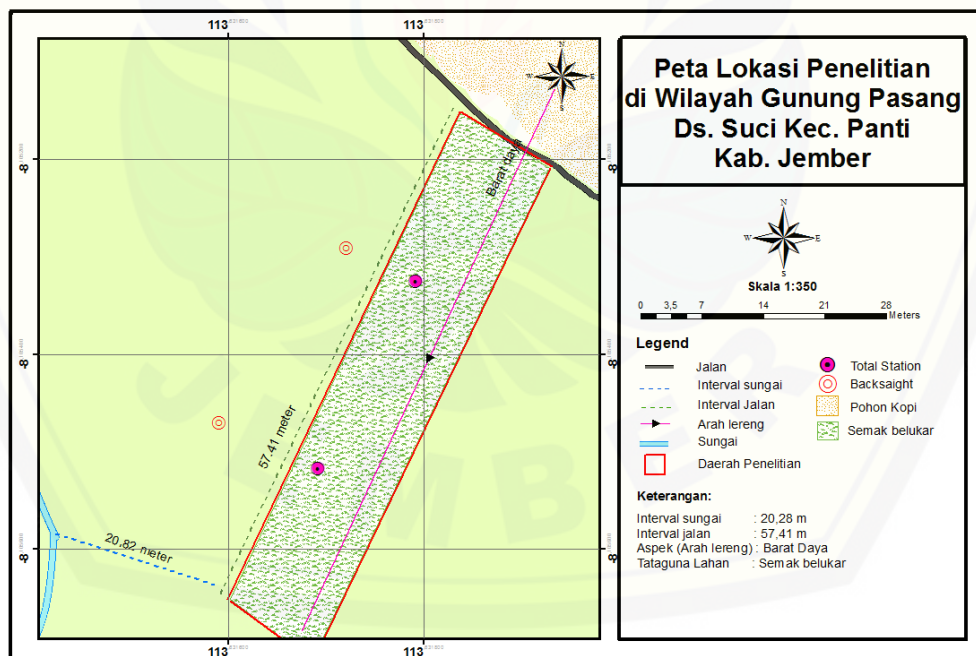
Penelitian dilakukan di salah satu lereng di Dusun Gunung Pasang Desa Suci Kecamatan Panti Kabupaten Jember yang terletak dibawah kaki Pegunungan Argopuro bagian selatan (Gambar 3.1). Gambar 3.2 dan Gambar 3.3 merupakan lokasi lereng dan peta penelitian.



Gambar 3.1 Peta lokasi daerah penelitian (Sumber: maps.google.com, 2014)



Gambar 3.2 Lokasi penelitian di wilayah Gunung Pasang Desa Suci Kecamatan Panti



Gambar 3.3 Peta lokasi penelitian

3.2. Peralatan dan *Software* Penelitian

Peralatan yang dipergunakan dalam penelitian kerentanan tanah longsor ini adalah sebagai berikut:

a. Peralatan

1. *Total Station Nikon DTM 322 series*

Untuk mengukur beda tinggi lereng

2. Prisma Poligon

Sebagai reflektor untuk titik acuan poligon awal

3. Prisma Detail

Sebagai reflektor pada target pengukuran *total Station*

4. Tripod

Penyangga prisma poligon dan *total station*

5. Pita ukur

Untuk mengukur jarak dan tinggi *total station*

6. Kompas

Untuk menentukan arah mata angin dan azimuth

7. GPS Garmin 76x

Untuk menentukan posisi penelitian, *gridding* dan *tracking* area penelitain



(a) Total Station; (b) Prisma Poligon; (c) Prisma detail; (e) GPS

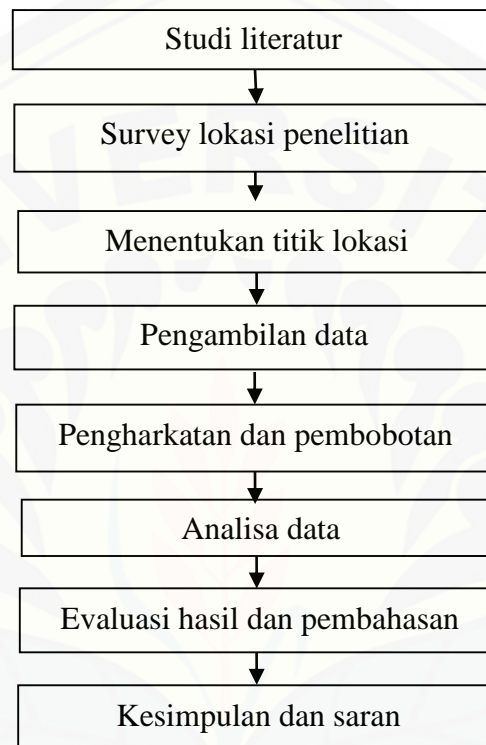
Gambar 3.4 Peralatan penelitian (Sumber: Nikon (2010) dan Lesmana (2010))

b. Software

1. AutoCAD Land Dekstop
2. Surfer 9
3. ArcGIS Explorer Desktop 2012
4. MapSource
5. TransIT

3.3 Diagram Kerja Penelitian

Berikut ini merupakan diagram kerja untuk mempermudah prosedur kerja dalam penelitian yang digambarkan dalam diagram alir pada gambar 3.5.



Gambar 3.5 Diagram kerja penelitian

3.4 Pengambilan Data

Dalam melakukan survei kerentanan tanah longsor, ada lima data yang diperoleh untuk parameter aspek, interval sungai, interval jalan, tataguna lahan dan kelerengan serta data pendukung seperti *gridding* dan *digitasi* lokasi penelitian.

a. Aspek

Aspek berkaitan dengan arah lereng yang bisa diukur dengan kompas. Data yang diperoleh yaitu arah mata angin lereng. Arah mata angin lereng diukur menggunakan kompas. Pengukuran arah mata angin lereng dilakukan di atas puncak lereng penelitian menuju arah kaki lereng. Pengukuran dilakukan setiap satu meter pada daerah lereng

yang lebarnya 12 meter sehingga terdapat 13 data. Pengukuran dilakukan 2 kali. Data yang diperoleh dirata-rata yang kemudian dicari arah mata angin dengan menggunakan tabel pada 3.1.

Tabel 3.1 Katagori arah mata angin lereng

No	Arah mata angina	Nilai
1	Utara	337,5°-360,0° / 0°-22,5°
2	Timur Laut	22,5° - 67,5°
3	Timur	67,5°-112,5°
4	Tenggara	112,5°-157,5°
5	Selatan	157,5°-202,5°
6	Barat Daya	202,5°-247,5°
7	Barat	247,5°-292,5°
8	Barat Laut	292,5°-337,5°

Sumber: Proghasemi *et al* (2012a)

b. Interval sungai

Interval sungai berkaitan dengan jarak sungai terhadap lereng (titik penelitian) yang diukur menggunakan meteran. Titik acuan pengukuran yaitu pada daerah lereng penelitian yang jaraknya paling dekat dengan sungai. Titik yang paling terdekat dengan sungai yaitu bagian barat kaki lereng penelitian.

c. Interval jalan

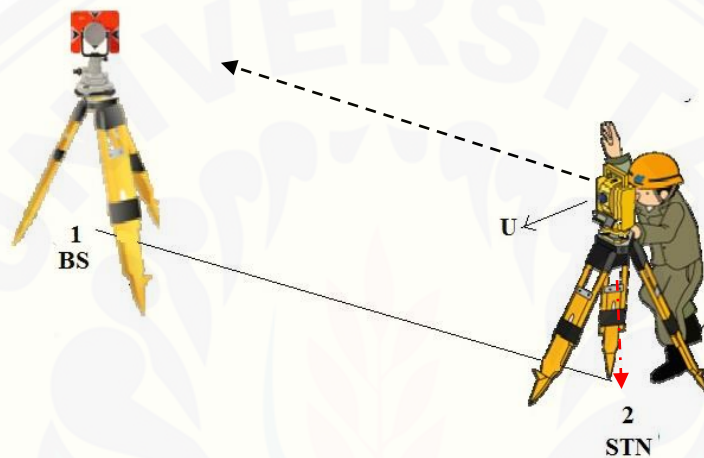
Interval jalan berkaitan dengan jarak jalan dengan lereng yang dapat diukur dengan meteran. Acuan titik pengukuran yaitu dari titik jalan hingga sepanjang daerah lereng penelitian.

d. Tataguna Lahan

Tataguna lahan berkaitan tentang tutupan lahan tersebut. Pengambilan data berupa data pengamatan tutupan lahan lereng. Katagori dari tutupan lahan tersebut yaitu berupa hutan alam, semak / belukar, rumput, hutan, perkebunan, tegalan, pekarangan, sawah/permukiman.

e. Kemiringan

Berikut merupakan cara melakukan pemetaan menggunakan *total station* yang bertujuan mencari nilai tinggi lereng dan panjang kaki lereng yang berfungsi untuk mengetahui nilai kemiringan lereng. sebelum alat diletakan pada lokasi penelitian maka dilakukan pemberian tanda titik yang akan dipetakan dengan menggunakan patok. Berikut cara penggunaan *total station* :



Gambar 3.6 Skema *set-up total station*

1. Set-up Alat

- a. *Total station* didirikan di titik STN (titik tempat berdiri alat, misal titik 2) dan kemudian dilakukan *centering* dengan mengatur nivo kotak dan nivo tabung sampai seimbang (Gambar 3.6).
- b. Prisma poligon diletakkan pada titik satu (untuk *backsight* = BS) kemudian lakukan *centering*. Langkah *centering* sama dengan waktu *centering* dengan alat *Total station* (Gambar 3.6).
- c. *Total station* siap digunakan untuk melakukan pengukuran

2. Membuat *Job*

Job merupakan istilah dari nama tiap pengambilan data pengukuran yang dilaksanakan. Setiap pengukuran dinamai sesuai yang diinginkan. Pada penelitian

ini pengukuran pertama dinamai dengan *Job* satu, pengukuran ke dua dan ke tiga yaitu *Job* dua dan *job* tiga.

3. Mencari sudut azimuth
 - a. *Total station* diputar secara horizontal (ke kanan atau ke kiri) sehingga teropong menghadap ke arah “Utara” yang disesuaikan dengan arah utara pada kompas, kemudian kunci alat.
 - b. Bacaan sudut horizontal di alat dibuat menjadi nol dengan cara menekan tombol “ANG” kemudian dipilih 0 set.
 - c. Setelah bacaan sudut horizontal menjadi nol, teropong diputar ke arah *backsight* serta *backsight* dibidik, kemudian kunci alat. Maka bacaan horizontal yang ditampilkan di alat tersebut itu adalah sudut azimuthnya, kemudian bacaan sudutnya tersebut dicatat.
4. Memasukkan Koordinat Tempat berdiri Alat
 - a. Untuk memulai pengukuran, tinggi alat dan koordinat tempat berdiri alat di-*entry* ke dalam alat.
 - b. Memasukkan nomer titik dan koordinat STN (koordinat X,Y,Z) tempat berdiri alat, serta kode-nya. Koordinat awal X,Y,Z (2000,2000,200).
5. Memasukkan *Backsight* (BS)
 - a. Memasukkan sudut azimuth yang telah dicatat sebelumnya.
 - b. Membidik *Backsight* kemudian menekan MSR yang ada pada *total station*.
 - c. Memasukan titik *backsight*, tinggi prisma poligon dan kode titik.
6. Pindah Alat ke titik selanjutnya (titik 3 dan seterusnya)

Pada langkah ini maka dimulai pemetaan lokasi yang ingin dipetakan dengan membidik titik menggunakan prisma detail.

Hasil dari pengukuran total station diolah menggunakan *software* AutoCAD yang berfungsi menampilkan hasil titik tiap bidikan lokasi dengan koordinat dasar X,Y,Z adalah (2000,2000,200). Besar kemiringan lereng dapat ditentukan yaitu dengan mengetahui perbandingan tinggi lereng dengan panjang lereng yang dikemudian dikalikan dengan 100%.

f. *Gridding*

Gridding dilakukan bertujuan mengetahui nilai bujur, lintang dan elevasi daerah penelitian. *Gridding* menggunakan GPS dengan menyimpan data *waypoint* tiap titik lokasi dengan jarak X dan Y masing-masing 1 meter. Pada penelitian titik X memiliki panjang 12 meter sedangkan Y panjangnya 60 meter. Sehingga total *waypoint* pada lokasi berjumlah 793 titik. *Gridding* menggunakan GPS ini akan menghasilkan informasi tentang bujur, lintang, elevasi yang nantinya diolah menggunakan surfer untuk menampilkan informasi lokasi penelitian berupa data 2D dan 3D.

g. Digitasi lokasi penelitian

Digitasi lokasi penelitian merupakan upaya untuk menampilkan lokasi penelitian secara digital menggunakan *software ArcGIS* agar bisa dilihat lokasi jalan, sungai terhadap lokasi penelitian. Caranya yaitu dengan menggunakan GPS. GPS digunakan untuk *tracking* sungai dan jalan serta menyimpan data *waypoint* titik-titik *total station* dan prisma poligon. Dari data tersebut diolah menggunakan *Mapsource* dan *ArcGIS* untuk menghasilkan peta lokasi penelitian.

3.5 Metode Analisis

3.5.1 Metode *Analytical Herarcy Process*

Metode AHP merupakan metode semi kualitatif dengan menggunakan matrik yang didasari perbandingan berpasangan (*Pair-wise comparation*) faktor yang berbeda untuk kelongsoran (Pourghasemi *et al*, 2012a). Tabel 3.2 merupakan tabel *pair-wise comparation* dengan menggunakan lima faktor penyebab longsor. Penilaian perbandingan tabel 3.2 pada tiap parameter menggunakan skala saaty seperti yang di tunjukkan pada tabel 3.3. Penentuan nilai tingkat kepentingan pada tabel 3.2 diperoleh berdasarkan *hazard Assasment*. *Hazard Assasment* mengevaluasi dan mengklasifikasikan potensi bahaya sesuai tingkatnya dengan frekuensi dan intensitas terjadinya longsor yang telah terjadi (Pourghasemi *et al*, 2012b).

Tabel 3.2 Matriks *pairwise comparison*

Parameter	Kemiringan	Aspek	Tataguna Lahan	Interval sungai	Interval Jalan
Kemiringan	1	6	3	6	3
Aspek		1	1/2	2	1/5
Tataguna Lahan			1	2	1/3
Interval Sungai				1	1/5
Interval Jalan					1

Sumber : Pourghasemi *et al*, (2012b)

Tabel 3.3 Skala Saaty

Tingkat kepentingan	Definisi
1	Sama pentingnya dibanding yang lain
3	Moderat (cukup) pentingnya dibanding yang lain
5	Kuat pentingnya dibanding yang lain
7	Sangat kuat pentingnya dibanding yang lain
9	Ekstrim pentingnya dibanding yang lain
2,4,6,8	Nilai diantara dua nilai yang berdekatan

Sumber : Saaty (1980)

Penentuan besar bobot ditentukan dengan mencari nilai vektor eigen dari tabel 3.3 diubah menjadi matrik *pairwise comparatiao*n seperti persamaan 3.1. Langkah awal yaitu dengan mengkuadratkan matrik *pairwise* seperti pada persamaan 3.2. Hasil dari pengkuadratan dicari nilai eigennya seperti pada persamaan 3.3.

$$M = \begin{bmatrix} 1 & 6 & 3 & 6 & 3 \\ \frac{1}{6} & 1 & \frac{1}{2} & 2 & \frac{1}{5} \\ \frac{1}{3} & 2 & 1 & 2 & \frac{1}{3} \\ \frac{1}{6} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & 1 & \frac{1}{5} \\ \frac{1}{3} & 5 & 3 & 3 & 1 \end{bmatrix} \quad (3.1)$$

$$M^2 = \begin{bmatrix} 5 & 36 & 21 & 45 & 9,40 \\ 0,9 & 5 & 3,1 & 7 & 1,47 \\ 1,44 & 8,67 & 5 & 11,67 & 2,47 \\ 0,65 & 21,75 & 4 & 5 & 1,17 \\ 3,33 & 20,5 & 12 & 28 & 5 \end{bmatrix} \quad (3.2)$$

Dari persamaan 3.3 dicari nilai vektor eigennya dengan cara seperti persamaan 3.4. Vektor eigen diperoleh dari nilai penjumlahan tiap kolom dibagi dengan penjumlahan hasil tiap kolom keseluruhan yaitu 245,11.

$$\begin{bmatrix} 5 & 36 & 21 & 45 & 9,40 \\ 0,9 & 5 & 3,1 & 7 & 1,47 \\ 1,44 & 8,67 & 5 & 11,67 & 2,47 \\ 0,65 & 21,75 & 4 & 5 & 1,17 \\ 3,33 & 20,5 & 12 & 18 & 5 \end{bmatrix} = \begin{matrix} 116,40 \\ 17,47 \\ 29,24 \\ 13,17 \\ 68,83 \end{matrix} \begin{bmatrix} \text{Bobot} \\ 0,48 \\ 0,07 \\ 0,12 \\ 0,05 \\ 0,28 \end{bmatrix} \quad (3.3)$$

SUM 245,11 1

Dengan menggunakan AHP maka dapat diketahui nilai bobot dari lima parameter yaitu aspek, interval lereng, interval jalan, tataguna lahan dan kelerengan. Tabel 3.4 menunjukkan nilai bobot tiap parameter. Kelerengan memiliki bobot terbesar yaitu 0,48, sedangkan tataguna lahan 0,12, Parameter interval jalan dan interval sungai yaitu 0,05 dan 0,28. Parameter aspek memiliki nilai bobot yaitu 0,07. Nilai bobot menunjukkan seberapa besar parameter tersebut mempengaruhi tanah longsor. Dari 5 parameter yang dibandingkan.

Tabel 3.4 Nilai bobot tiap parameter

No	Parameter	Bobot	Prosentase (%)
1	Slope	0,48	48
2	Aspek	0,07	7
3	Tataguna Lahan	0,12	12
4	Interval Sungai	0,05	5
5	Interval Jalan	0,28	28

Untuk menentukan apakah nilai bobot tabel 3.4 memenuhi syarat AHP maka yang harus dilakukan yaitu dengan mencari nilai CR (*Consistency rasio*), bobot akan memenuhi syarat bila $CR \leq 0.1$. Berikut merupakan cara menentukan nilai CR yaitu:

- a. Menentukan vektor tertimbang atau *weighted sum vector* (WSV)

WSV ditentukan dengan cara mengalikan skala saaty pada tabel 3.3 dengan nilai eigen vektor pada persamaan 3.4 seperti pada persamaan 3.5. Nilai WSV terdapat pada persamaan 3.10.

$$WSV = \begin{bmatrix} 1 \times 0,48 & 6 \times 0,07 & 3 \times 0,12 & 6 \times 0,05 & 3 \times 0,28 \\ \frac{1}{6} \times 0,48 & 1 \times 0,07 & \frac{1}{2} \times 0,12 & 2 \times 0,05 & \frac{1}{5} \times 0,28 \\ \frac{1}{3} \times 0,48 & 2 \times 0,07 & 1 \times 0,12 & 2 \times 0,05 & \frac{1}{3} \times 0,28 \\ \frac{1}{6} \times 0,48 & \frac{1}{2} \times 0,07 & \frac{1}{2} \times 0,12 & 1 \times 0,05 & \frac{1}{5} \times 0,28 \\ \frac{1}{3} \times 0,48 & 5 \times 0,07 & 3 \times 0,12 & 3 \times 0,05 & 1 \times 0,28 \end{bmatrix} \quad (3.4)$$

$$WSV = \begin{bmatrix} 2,42 \\ 0,37 \\ 0,62 \\ 0,28 \\ 1,42 \end{bmatrix} \quad (3.5)$$

b. Menghitung *consistency* (CV)

Nilai CV dapat ditentukan dengan membagi vector eigen dengan nilai WSV seperti pada persamaan 3.6.

$$CV = \begin{bmatrix} 0,47/2,42 \\ 0,07/0,37 \\ 0,12/0,62 \\ 0,05/0,28 \\ 0,28/1,42 \end{bmatrix} \quad (3.6)$$

$$CV = \begin{bmatrix} 5,10 \\ 5,24 \\ 5,21 \\ 5,29 \\ 5,06 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \\ d \\ e \end{bmatrix} \quad (3.7)$$

c. Menghitung λ dari indeks konsistensi

Dari persamaan 3.8 maka,

$$\lambda = \frac{a + b + c + d + e}{n}$$

$$\lambda = \frac{5,10 + 5,24 + 5,21 + 5,29 + 5,06}{5}$$

$$\lambda = 5,18 \quad (3.8)$$

Untuk n adalah jumlah faktor yang sedang dibandingkan. Dalam hal ini n = 5.

Hasil kalkulasi CI adalah sebagai berikut:

$$CI = \frac{\lambda - n}{n - 1}$$

$$CI = \frac{5,18 - 5}{5 - 1} = 0,046 \quad (3.9)$$

d. Menghitung *consistency ratio* (CR)

Random Index adalah fungsi langsung dari jumlah alternative atau sistem yang sedang diperbandingkan. *Index Random* disajikan pada tabel 3.5

Tabel 3.5 *Index Random*

Ukuran matrik	IR
1	0
2	0
3	0,58
4	1,12
5	1,24
6	1.32
7	1.41
8	1,45
9	1,49

Sumber: Saaty (1980)

Jumlah kriteria random adalah 5, maka RI 1,12, sehingga kensistensi rasio (CR) dapat ditentukan seperti persamaan 3.10.

$$CR = \frac{CI}{IR}$$

$$CR = \frac{0,046}{1,12} = 0,041 \quad (3.10)$$

Dari hasil persamaan 3.10 diperoleh consistency rasio (CR) 0,046, sehingga dapat disimpulkan eigen vektor yang diperoleh memenuhi syarat karena $CR \leq 0,1$

3.5.2 Penentuan Koordinat 3D

a. *Trigonometrical Heighting*

Semua data yang terukur dalam *total station* adalah sudut horisontal, sudut zenit, dan jarak miring (*Slope distance*). Semuanya terkonversi ke dalam koordinat tiga dimensi (Uren dan Price, 2010). *Trigonometrical heighting* merupakan pengukuran vertikal pada *total station* yang bertujuan untuk menentukan elevasi pada titik reflektor (Gambar 3.7). Pada gambar 3.7 terdapat 2 jarak vertikal yaitu *elevation difference* / beda elevasi (dZ) dan *Vertical difference* / beda vertikal (V_d). Untuk mengetahui beda elevasi maka nilai I_H (Tinggi instrumen) dan R_H (Tinggi reflektor) harus diketahui

seperti persamaan 2.2. persamaan V_D (persamaan 2.1) disubstitusi pada persamaan 3.11. sehingga di peroleh persamaan 3.12 (Punmia dan *et al*, 2005).

$$dZ = V_D + (I_H - R_H) \quad 3.11$$

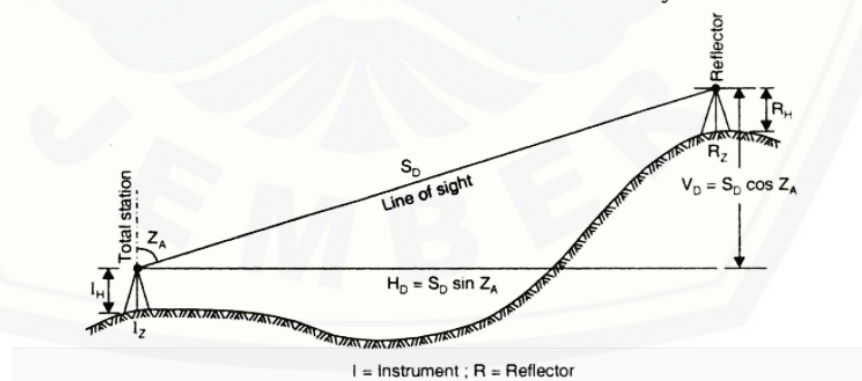
$$dZ = S_D \cos z + (I_H - R_H) \quad 3.12$$

Dimana dZ merupakan elevasi tepat dibawah *total station*. Namun dalam perhitungan menggunakan *total station* harus memasukkan titik elevasi dasar/awal. Jika elevasinya tidak diketahui, maka boleh dimisalkan I_z , sehingga elevasi tepat pada berdirinya reflektor dapat diketahui (Persamaan 3.13). R_z merupakan elevasi pada titik reflektor (Punmia dan *et al*, 2005).

$$R_z = I_z + S_D \cos z + (I_H - R_H) \quad 3.13$$

Keterangan:

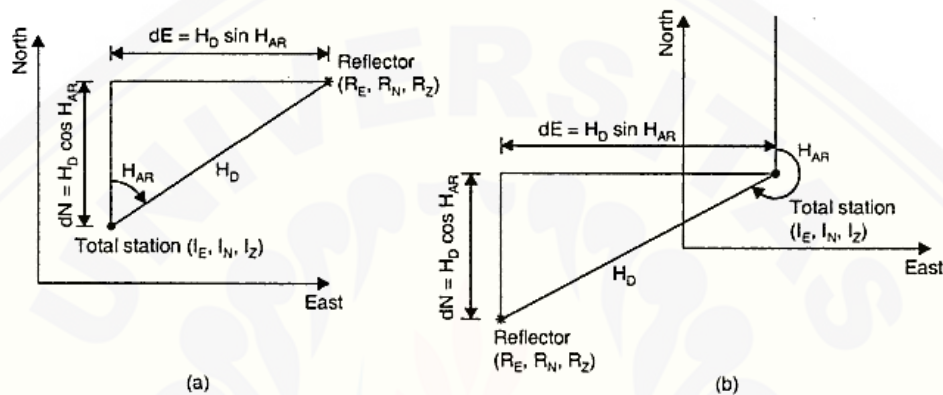
- R_z = elevasi dititik reflektor (meter)
- I_H = elevasi dititik *total station* (meter)
- S_D = *slope distance* / jarak miring (meter)
- I_z = elevasi dititik *total station* (meter)
- z = sudut zenit ($^\circ$)
- I_H = tinggi *total station* (meter)
- I_R = tinggi reflektor (meter)



Gambar 3.7 Perhitungan elevasi pada *total station* (Sumber: Punmia *et al*, 2005)

b. Penentuan Koordinat

Penentuan koordinat pada *total station* dapat digambarkan pada gambar 3.7. Pada *total station* arah utara (*North*) sebagai acuan koordinat sumbu Y sedangkan arah timur (*East*) sebagai acuan sumbu X. Pada gambar 3.8 (a) menunjukkan arah positif sedangkan (b) arah negatif terhadap titik acuan koordinat Utara dan Timur.



(a) arah positif ; (b) Arah Negatif

Gambar 3.8 Perhitungan koordinat timur dan utara terhadap reflektor
(Sumber: Punmia *et al*, 2005)

Berdasarkan gambar 3.8 menunjukkan koordinat letaknya relatif terhadap reflektor sehingga:

$$dE = H_D \sin H_{AR} \quad (3.14)$$

$$dN = H_D \cos H_{AR} \quad (3.15)$$

Dimana dE dan dN merupakan perubahan pada arah timur dan utara, sedangkan H_D dan H_{AR} adalah jarak horisontal (Meter) dan sudut horisontal (Derajat) yang serah dengan arah jarum jam dengan acuan arah utara. Dengan mensubstitusi H_D dari persamaan 2.2 maka :

$$dE = S_D \sin z \sin H_{AR} \quad (3.16)$$

$$dN = S_D \sin z \cos H_{AR} \quad (3.17)$$

Jika koordinat utara dan timur diketahui maka koordinat tersebut dapat di tambahkan dalam alat. Dari persamaan-persamaan di atas maka diperoleh:

$$R_E = I_E + S_D \sin z \sin H_{AR} \quad (3.18)$$

$$R_N = I_E + S_D \sin z \cos H_{AR} \quad (3.19)$$

$$R_Z = I_z + S_D \cos z + (I_H - R_H) \quad (3.20)$$

Keterangan:

R_E = koordinat titik reflektor sebagai sumbu x (meter)

R = koordinat titik reflektor sebagai sumbu y (meter)

R_z = elevasi titik reflektor sebagai sumbu z (meter)

I_E = koordinat titik *total station* sebagai sumbu x (meter)

I_N = koordinat titik *total station* sebagai sumbu y (meter)

I_z = elevasi titik *total station* sebagai sumbu z (meter)

S_D = *slope distance*/ jarak miring (meter)

z = sudut zenit ($^\circ$)

H_{AR} = sudut horisontal ($^\circ$)

I_H = tinggi *total station* (meter)

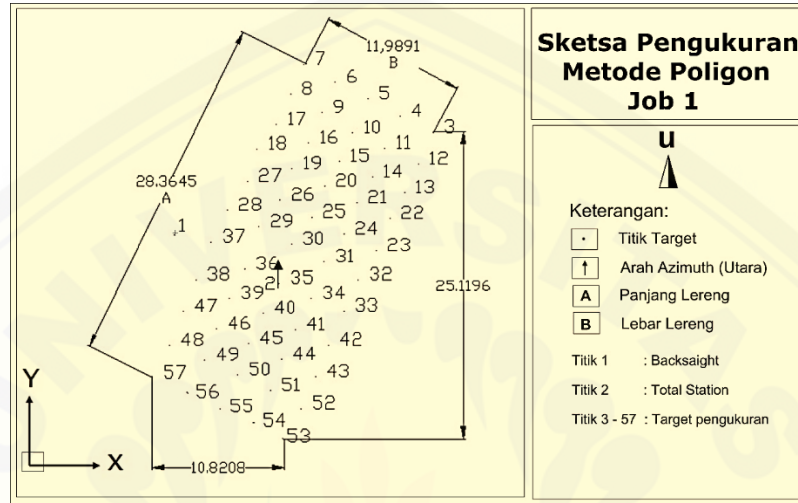
R_H = tinggi reflektor (meter)

3.2.3 Metode Poligon

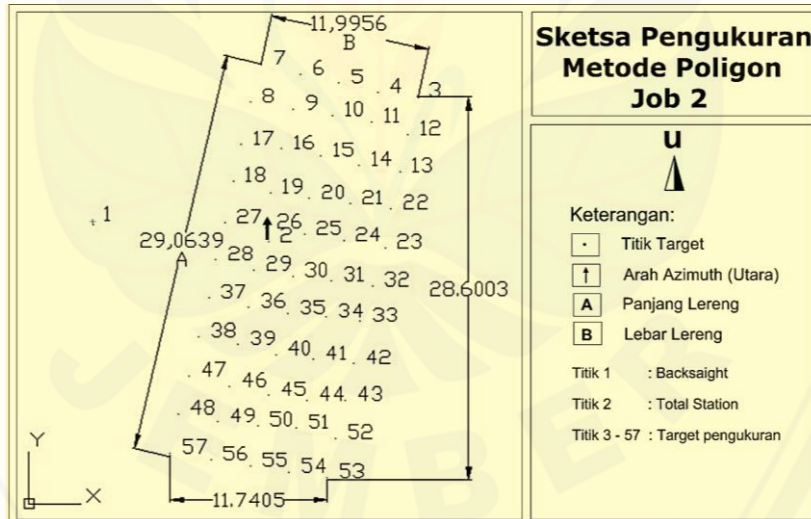
Pengukuran metode poligon yaitu pengukuran sudut dan jarak terhadap titik-titik pada suatu areal tertentu. Untuk penentuan titik pada suatu areal tertentu dapat dilakukan pengukuran sudut dan jarak antara titik-titik atau detail yang telah ditentukan posisinya dengan menggunakan *total station*. Pengukuran poligon dibagi menjadi dua, yaitu pengukuran poligon terbuka dan pengukuran poligon tertutup (Direktorat pengukuran dasar, 2011). Pada penelitian ini menggunakan pengukuran poligon terbuka.

Poligon terbuka terdiri atas serangkaian garis yang berhubungan tetapi tidak kembali ke titik awal atau terikat pada sebuah titik dengan ketelitian sama atau lebih tinggi ordenya. Titik awal pengukuran tidak sama dengan titik terakhir pengukuran. Pengukuran poligon yang digunakan yaitu pengukuran poligon terbuka dengan titik

awal terikat oleh azimuth dan titik akhir terikat dengan koordinat (Muda,2008). Gambar 3.9 merupakan sketsa pengukuran metode poligon yang dibagi menjadi dua bagian yaitu job 1 dan job 2. Jumlah titik detail tiap job yaitu 51 titik.



(a)



(b)

Gambar 3.9 Data sketsa pengukuran poligon terbuka (a) pengukuran poligon *job 1* (b) pengukuran poligon *job 2*

3.6 Pengolahan data

Dalam penelitian ini ada 5 data parameter yang digunakan untuk acuan menganalisis tingkat kerentanan tanah longsor yaitu data parameter kemiringan, penggunaan lahan, aspek, interval sungai, dan interval jalan. Lima parameter tersebut dapat diidentifikasi untuk menentukan tingkat kerentanan tanah longsor dari klasifikasi data tabel 3.8 dengan menggunakan analisa tabuler. Metode yang digunakan analisa tabuler adalah metode skoring. Metode skoring berkaitan dengan pengharkatan dan pembobotan pada parameter yang digunakan. Dalam penelitian Syahroni (2008) setiap parameter diberi skor tertentu (Tabel 3.6), kemudian setiap unit analisa skor tersebut dijumlahkan. Hasil penjumlahan skor selanjutnya diklasifikasikan untuk menentukan tingkat kerawanan longsor. Pada tabel 3.6 menunjukkan analisa skor untuk lima parameter. Dimana nilai 1 pada hasil penjumlahan harkat \times bobot untuk 5 parameter menunjukkan skor terendah atau nilai minimum. Sedangkan skor tertinggi atau nilai maksimum adalah 5. Setelah ditentukan nilai maksimum dan minimum maka untuk mengidentifikasi tingkat kerentanan tanah longsor dilakukan pengklasifikasian tingkat kerentanan tanah longsor dengan menggunakan persamaan 3.5. Nilai pembobotan telah disajikan pada tabel 2.8 dengan menggunakan metode AHP.

Tabel 3.6 Analisa skor pengharkatan dan pembobotan

No	Faktor jenis	Parameter	Bobot (B)	Harkat		Harkat \times Bobot	
				Min	Maks	Min	Maks
1	Faktor hidrologi	Interval sungai	0,05	1	5	0,05	0,25
2	Faktor geomorfologi	Kmiringan	0,48	1	5	0,48	2,4
3		Aspect	0,07	1	5	0,07	0,35
4	Faktor antropogenik	Tataguna lahan	0,12	1	5	0,12	0,6
5		Interval jalan	0,28	1	5	0,28	1,4
Total						1	5

Pemberian harkat pada masing-masing parameter diklasifikasikan ke dalam lima kelas. Harkat yang paling tinggi adalah 5 menunjukkan pengaruhnya yang paling besar terhadap terjadinya longsor. Harkat yang paling rendah adalah 1. Pada tabel 3.7 disajikan rangkuman pengharkatan penyebab kerentanan tanah longsor berdasarkan Feryandi (2011).

Tabel 3.7 Rangkuman pengharkatan tiap parameter

No	Jenis variable	Subtansi	harkat
1	Kemiringan	0 – 7 %	1
		8 – 14 %	2
		15 – 29 %	3
		30% - 44%	4
		45%	5
2	Aspek	Utara , barat, barat laut	1
		Timur laut	2
		Timur , barat daya	3
		Tenggara	4
		Selatan	5
3	Tataguna lahan	Hutan alam	1
		Semak / belukar / Rumput	2
		Hutan/ Perkebunan	3
		Tegalan/ pekarangan	4
		Sawah / Permukiman	5
4	Interval jalan	0 > 1000 m	1
		> 600 – 1000 m	2
		> 300 – 600 m	3
		> 100 – 300 m	4
		0 – 100 m	5
5	Interval sungai	> 200 m	1
		> 150 – 200 m	2
		> 100 – 150 m	3
		> 50 – 100 m	4
		0 – 50 m	5

Sumber: Feryandi (2011), Kementerian kehutanan (2013) dan Parmin *et al* (2011)

Menurut Mayangsunda *et al* (2011) untuk menentukan klasifikasi data tingkat bahaya tanah longsor, maka harus dicari kelas intervalnya. Klasifikasi data merupakan

tindakan menggolongkan atau mengelompokan atas kriteria tertentu. Kalsifikasi tingkat kerentanan dibagi menjadi lima. Berdasarkan hasil perhitungan table 3.6, hasil harkat \times bobot minimal 1 dan maksimal 5 dibagi menjadi 5 kelas interval dengan menggunakan persamaan 3.6, sehingga hasilnya dapat dilihat pada tabel 3.3.

$$Ki = \frac{Xt - Xr}{K} = \frac{5 - 1}{5} = 0.8 \quad (3.21)$$

Keterangan:

- Ki = interval kelas tanah longsor
 Xt = jumlah, nilai tertinggi dari harkat (5)
 Xr = jumlah nilai terendah dari harkat (1)
 K = Jumlah kelas bahaya tanah logsor (5)

Sehingga kelas intervalnya adalah 0.8

Tabel 3.8 Tingkat kerentanan longsor tanah

NO	Tingkat bahaya longsor	Skor Total
1	Sangat rendah	1,0 – 1,8
2	Rendah	1,9 – 2,6
3	Sedang	2,7 – 3,4
4	Tinggi	3,5 – 4,2
5	Sangat tinggi	4,3 – 5,0

Berdasarkan table 3.6 dapat disimpulkan rumus kerentanan tanah longsor yang disebut *hazard score* seperti ditunjukkan pada persamaan 3.22. Nilai *hazard score* dapat mengidentifikasi tingkat kerentanan tanah longsor yang hasilnya di bandingkan berdasarkan tabel 3.6. Berdasarkan tabel 3.6 klasifikasi tingkat kerentanan tanah longsor dibagi menjadi lima yaitu tingkat kerentanan tanah longsor sangat rendah, rendah, menengah, tinggi, dan sangat tinggi.

$$Hazard\ score\ (H) = (0,48S) + (0,12L) + (0,28Ro) + (0,05Ri) + (0,07A) \quad (3.22)$$

Keterangan:

- A = Harkat aspek

S = Harkat kemiringan lereng

R_o = Harkat interval jalan

R_i = Harkat interval sungai

L = Harkat tataguna lahan

