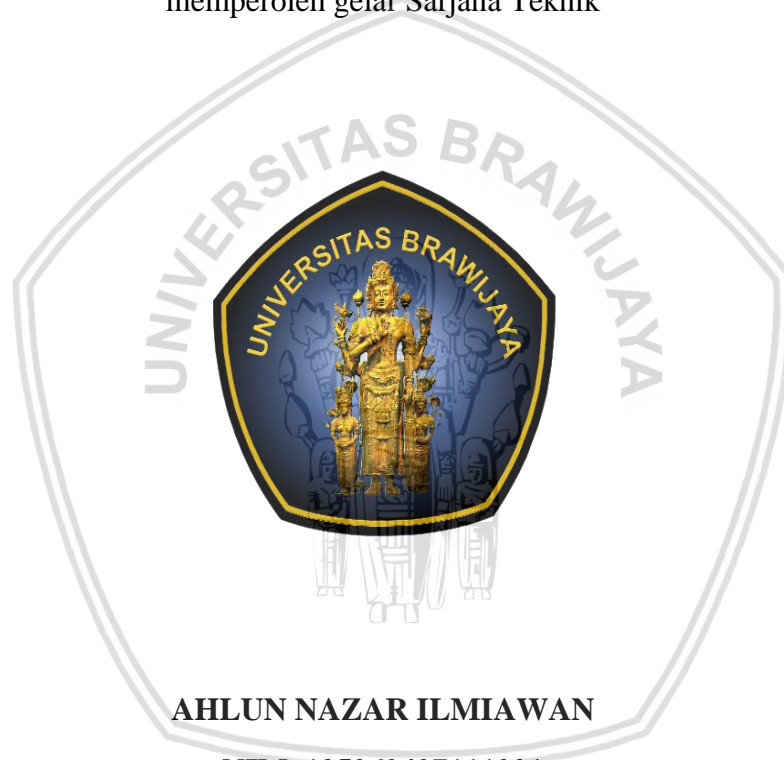


**ANALISA SEBARAN RAWAN LONGSOR DI SUBDAS BANGO
KABUPATEN MALANG DENGAN SISTEM INFORMASI
GEOGRAFIS (SIG)**

SKRIPSI

**TEKNIK PENGAIRAN KONSENTRASI SISTEM INFORMASI
SUMBER DAYA AIR**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



AHLUN NAZAR ILMIAWAN

NIM. 125060407111001

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

MALANG

2018

LEMBAR PENGESAHAN
ANALISA SEBARAN RAWAN LONGSOR DI SUBDAS BANGO
KABUPATEN MALANG DENGAN SISTEM INFORMASI
GEOGRAFIS (SIG)

SKRIPSI
TEKNIK PENGAIRAN KONSENTRASI SISTEM INFORMASI
SUMBER DAYA AIR

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



AHLUN NAZAR ILMIAWAN
NIM. 125060407111001

Telah diperiksa dan disetujui oleh dosen pembimbing
pada tanggal 26 September 2018

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Dr. Runi Asmaranto, ST., MT.
NIP. 19710830 200012 1 001

Dr. Very Dermawan, ST., MT.
NIP. 19730217 199903 1 001

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Pengairan

Dr. Ir. Ussy Andawayanti, MS.
NIP. 19610131 198609 2 001



TURNITIN



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM SARJANA**



SERTIFIKAT BEBAS PLAGIASI

Nomor : 113/UN10.F07.14.11/TU/2018

Sertifikat ini diberikan kepada :

AHLUN NAZAR ILMIAWAN

Dengan Judul Skripsi :

**ANALISA SEBARAN RAWAN LONGSOR DI SUBDAS BANGO KABUPATEN MALANG DENGAN
SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS (SIG)**

Telah dideteksi tingkat plagiasinya dengan kriteria toleransi $\leq 20\%$, dan dinyatakan Bebas dari Plagiasi pada tanggal 19 OKTOBER 2018



Ketua Jurusan Teknik Pengajaran

Jessy Andawayanti
Dr. Ir. Jessy Andawayanti, MS
NIP. 19810131 198609 2 001

Ketua Program Studi S1 Teknik Pengajaran

Dr. Very Dermawan, ST.,MT
NIP. 19730217 199903 1001

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah swt yang telah melimpahkan rahmat, berkah, dan hidayah-Nya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Analisa Sebaran Rawan Longsor Di SubDAS Bango Kabupaten Malang Dengan Sistem Informasi Geografis (SIG)”.

Skripsi ini diajukan untuk memenuhi persyaratan dalam memperoleh gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya. Pada kesempatan ini penyusun mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu proses penyelesaian skripsi ini, antara lain:

1. Bapak Dr. Runi Asmaranto, ST., MT. dan Bapak Dr. Very Dermawan, ST., MT., selaku dosen pembimbing yang senantiasa memberi bimbingan kepada saya dalam proses pengerjaan skripsi ini.
2. Bapak Dr. Eng. Andre Primantyo H, ST., MT., dan Ibu Rahma Dara Lufira, ST., MT., selaku dosen penguji yang senantiasa memberikan saran dan masukan untuk penyempurnaan skripsi ini.
3. Bapak Ir. Suwardianto dan Ibu Endah Hidayati Robiyah yang telah memberikan semangat dalam proses pengerjaan skripsi ini.
4. Dwi Annisa Purnamasari dan Hadziq Abyan Sarfaraz Ilmiawan yang telah memberikan dukungan dan semangat dalam proses pengerjaan skripsi ini.
5. Teknik Pengairan angkatan 2012, yang telah memberikan wadah untuk berbagi sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.
6. Semua pihak baik secara langsung maupun tidak langsung yang telah membantu dalam proses pengerjaan skripsi ini.

Akhirnya penyusun menyadari bahwa dalam pembuatan laporan ini masih terdapat banyak kekurangan. Demikian hal itu, penyusun mengharapkan masukan berupa kritik dan saran demi kesempurnaan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat berguna bagi semua orang.

Malang, 26 September 2018

Penyusun

Ahlun Nazar Ilmiawan



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	xi
RINGKASAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	1
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Rumusan Masalah	2
1.5 Tujuan dan Manfaat	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tanah Longsor	5
2.1.1 Definisi Tanah Longsor	5
2.1.2 Jenis Tanah Longsor	5
2.1.3 Kawasan Rawan Tanah Longsor	7
2.1.4 Parameter Penyebab Longsor	8
2.1.4.1 Aspek Fisik Alami	9
2.1.4.2 Aspek Aktivitas Manusia	17
2.2 Sistem Informasi Geografis (SIG)	18
2.2.1 Definisi SIG	18
2.2.2 Subsistem SIG	18
2.2.3 Komponen SIG	19
2.2.4 Struktur Data	20
2.2.5 Cara Kerja SIG	21
2.2.6 Pengolahan Data	21
2.2.6.1 Pemasukan Data (Input)	22
2.2.6.2 Keluaran Data (Output)	22
2.2.6.3 Analisa Tumpang Susun (Overlay)	22
2.3 Penilaian Tingkat Rawan Longsor	23
2.3.1 Tipologi Kawasan Rawan Longsor Berdasarkan Penetapan Zona ...	23



2.3.1.1	Zona Berpotensi Longsor Tipe A	24
2.3.1.2	Zona Berpotensi Longsor Tipe B	25
2.3.1.3	Zona Berpotensi Longsor Tipe C	26
2.3.2	Penetapan Kelas Masing-Masing Tipe Zona Berpotensi Longsor Berdasarkan Kriteria dan Indikator	27
BAB III METODOLOGI STUDI		29
3.1	Lokasi Studi	29
3.2	Data Yang Diperlukan	29
3.2.1.	Data Primer	29
3.2.2.	Data Sekunder	30
3.3	Tahapan Pengerjaan Studi	30
3.4	Tahapan Pembuatan Atribut Skoring <i>Poligon Thiessen</i>	31
3.5	Skoring Indikator Masing-Masing Zona	32
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		35
4.1	Analisa Data Hujan	35
4.2.1	Uji Konsistensi Data	36
4.2.2	Uji <i>Inlier-Outlier</i>	40
4.2	Penetapan Daerah Rawan Longsor	42
4.2.1	Aspek Fisik Alami	42
4.2.1.1	<i>Poligon Thiessen</i>	42
4.2.1.2	Kemiringan Lereng	44
4.2.1.3	Geologi	46
4.2.1.4	Jenis Tanah	48
4.2.1.5	Tata Air Lereng	50
4.2.1.6	Vegetasi	50
4.2.1.7	Sejarah Gempa	50
4.2.2	Aspek Aktivitas Manusia	51
4.3	Skoring Sebaran Daerah Rawan Longsor	51
4.3.1	Skoring Zona A	52
4.3.2	Skoring Zona B	52
4.3.3	Skoring Zona C	53
4.4	Hasil Peta Sebaran Rawan Longsor	55
4.5	Peta Sebaran Longsor Aspek Fisik Alami	56
4.6	Peta Sebaran Longsor Aspek Aktivitas Manusia	58

4.7 Peta Sebaran Longsor SubDAS Bango 60

4.8 Usaha Mitigasi Bencana Tanah Longsor 61

BAB V PENUTUP 65

5.1. Kesimpulan 65

5.2. Saran..... 66

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN





(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Kelas Curah Hujan	9
Tabel 2.2	Nilai Kn	12
Tabel 2.3	Kelas Kemiringan Lereng	15
Tabel 3.1	Alur Pengerjaan Skripsi	30
Tabel 4.1	Daftar Stasiun Hujan SubDAS Bango	35
Tabel 4.2	Data Curah Hujan Rerata Tahunan.....	36
Tabel 4.3	Uji Konsistensi Stasiun Hujan Karangploso	37
Tabel 4.4	Uji Konsistensi Stasiun Hujan Singosari	38
Tabel 4.5	Uji Konsistensi Stasiun Hujan Blimbing	39
Tabel 4.6	Uji <i>Inlier-Outlier</i> Stasiun Hujan Karangploso	41
Tabel 4.7	Luas Stasiun Hujan Pengamatan	44
Tabel 4.8	Kemiringan Lereng SubDAS Bango	44
Tabel 4.9	Sebaran Luas Kemiringan Lereng SubDAS Bango	46
Tabel 4.10	Sebaran Luas Geologi SubDAS Bango	48
Tabel 4.11	Sebaran Luas Jenis Tanah SubDAS Bango	50
Tabel 4.12	Data Sejarah Gempa Kabupaten Malang Tahun 2013	51
Tabel 4.13	Skoring Zona A Kemiringan Lereng >40%	52
Tabel 4.14	Skoring Zona B Kemiringan Lereng 30% - 40%	53
Tabel 4.15	Skoring Zona B Kemiringan Lereng 15% - 30%	53
Tabel 4.16	Skoring Zona C Kemiringan Lereng 8% - 15%	54
Tabel 4.17	Skoring Zona C Kemiringan Lereng 3% - 8%	54
Tabel 4.18	Skoring Zona C Kemiringan Lereng 0% - 3%	55
Tabel 4.19	Sebaran Luas Aspek Fisik Alami SubDAS Bango	57
Tabel 4.20	Sebaran Luas Aspek Aktivitas Manusia SubDAS Bango	59
Tabel 4.21	Sebaran Luas Tingkat Rawan Longsor SubDAS Bango	61





(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Ilustrasi Longsoran Translasi	6
Gambar 2.2	Ilustrasi Pergerakan Blok	6
Gambar 2.3	Ilustrasi Runtuhan Batu	6
Gambar 2.4	Ilustrasi Rayapan Tanah	7
Gambar 2.5	Ilustrasi Aliran Bahan Rombakan	7
Gambar 2.6	Lengkung Massa Ganda	11
Gambar 2.7	Contoh Penggambaran Metode <i>Thiessen</i>	14
Gambar 2.8	Subsistem-subsistem SIG	19
Gambar 2.9	Tipologi Zona Berpotensi Longsor Berdasarkan Hasil Kajian Hidrometeorologi	23
Gambar 3.1	Peta Lokasi Studi	29
Gambar 3.2	Tampilan <i>XY Data ArcGIS</i>	31
Gambar 3.3	Tampilan <i>XY Data ArcGIS</i>	31
Gambar 3.4	Tampilan <i>Export Data</i>	31
Gambar 3.5	Hasil <i>Poligon Thiessen</i>	32
Gambar 3.6	Hasil <i>Poligon Thiessen</i> Setelah di <i>Overlay</i>	32
Gambar 3.7	Diagram Alir Penelitian	33
Gambar 3.8	Diagram Alir Skoring Peta Longsor	34
Gambar 4.1	Tampilan SubDAS Bango di <i>Google Earth</i>	35
Gambar 4.2	Lokasi Stasiun Hujan Pengamatan SubDAS Bango	36
Gambar 4.3	Kurva Massa Ganda Stasiun Hujan Karangploso	38
Gambar 4.4	Kurva Massa Ganda Stasiun Hujan Singosari	39
Gambar 4.5	Kurva Massa Ganda Stasiun Hujan Blimbing	40
Gambar 4.6	<i>Poligon Thiessen</i> SubDAS Bango	43
Gambar 4.7	Peta Kemiringan Lereng SubDAS Bango	45
Gambar 4.8	Peta Geologi SubDAS Bango	47
Gambar 4.9	Peta Jenis Tanah SubDAS Bango	49
Gambar 4.10	Peta Sebaran Aspek Fisik Alami	56
Gambar 4.11	Peta Sebaran Aspek Aktivitas Manusia	58
Gambar 4.12	Peta Sebaran Rawan Longsor SubDAS Bango	60
Gambar 4.13	Mitigasi Bencana Tanah Longsor Menurut BNPB (Badan Nasional Penanggulangan Bencana)	63





(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 22 Tahun 2007	67
Lampiran 2	Uji <i>Inlier-Outlier</i>	85
Lampiran 3	Analisa <i>ArcGIS</i>	87





(Halaman ini sengaja dikosongkan)

RINGKASAN

AHLUN NAZAR ILMIAWAN. 125060407111001. Jurusan Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, September 2018, *Analisa Sebaran Rawan Longsor Di SubDAS Bango Kabupaten Malang Dengan Sistem Informasi Geografis (SIG)*, Dosen Pembimbing: Dr. Runi Asmaranto, ST., MT dan Dr. Very Dermawan, ST., MT.

Tanah longsor merupakan suatu bencana yang sering terjadi di suatu Daerah Aliran Sungai (DAS). Untuk memudahkan penanganan bencana longsor dan meminimalisir korban yang terjadi akibat bencana tanah longsor, maka perlu adanya pemetaan daerah-daerah yang berpotensi terjadi bencana tanah longsor. Teknologi Sistem Informasi Geografis (SIG) merupakan salah satu alternatif yang dapat membantu memetakan daerah yang berpotensi terjadi bencana tanah longsor.

Penetapan tingkat rawan longsor di SubDAS Bango Kabupaten Malang dilakukan berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 22 Tahun 2007 (Permen PU No. 22 Thn 2007) tentang Pedoman Penataan Ruang Kawasan Rawan Bencana Longsor. Dalam Permen PU No. 22 Thn 2007 terdapat 2 (dua) aspek penyebab terjadi bencana longsor, yaitu: aspek fisik alami dan aspek aktivitas manusia. Aspek fisik alami terdiri dari 7 (tujuh) faktor, yaitu: kemiringan lereng, kondisi tanah, geologi, curah hujan, tata air lereng, gempa, dan vegetasi. Aspek aktivitas manusia terdiri dari 7 (tujuh) faktor, yaitu: pola tanam, penggalian dan pemotongan lereng, pencetakan kolam, drainase, pembangunan konstruksi, kepadatan penduduk, usaha mitigasi. Dari beberapa indikator dalam 2 (dua) aspek tersebut dicari skor masing-masing menggunakan aplikasi ArcGIS 10.1 yang menghasilkan skor total untuk menentukan kelas tingkat rawan longsor.

Tingkat sebaran rawan longsor di SubDAS Bango Kabupaten Malang terbagi menjadi 2 (dua) kelas: tingkat rawan longsor rendah dengan luas sebesar 39,405 km² (10,938%) meliputi beberapa desa di Kecamatan Blimbing, Dau, Lowokwaru, Pakis, Singosari. Tingkat sebaran rawan longsor sedang dengan luas sebesar 320,839 km² (89,062%) juga meliputi beberapa desa di Kecamatan Blimbing, Bumiaji, Dau, Jabung, Junrejo, Kedungkandang, Klojen, Lawang, Lowokwaru, Pakis, Singosari.

Kata Kunci: Sebaran rawan longsor, SubDAS Bango, Sistem Informasi Geografis (SIG)

SUMMARY

AHLUN NAZAR ILMIAWAN. 125060407111001. *Department of Water Resources Engineering, Faculty of Engineering, University of Brawijaya, September 2018, Analysis of Landslide-Prone on Bango Sub-Basin in Malang District using Geographical Information System (GIS), Academic Supervisor: Dr. Runi Asmaranto, ST., MT and Dr. Very Dermawan, ST., MT.*

Landslides is a disaster that take place in a watershed. To facilitate handling and minimizing casualties that occur due to landslides, it is necessary to map areas that have the potential of landslides. Geographic Information System Technology (GIS) is one alternative that can help to map an area that it has potential of landslide disaster.

Determination of the level of landslide-prone in the Bango Sub-Basin of Malang Regency is based on the Minister of Public Works Regulation No. 22 of 2007. There are 2 aspects that cause landslide disasters, first physical natural aspects (7 indicators: slope, soil conditions, geology, rainfall, slope water system, earthquake and vegetation) and second human activity (7 indicators: planting patterns, excavation and slope cutting, making the pool, drainage, construction, population density and mitigation). Some indicators in these two aspects sought a score each use application ArcGIS 10.1 a score total every aspect. A score end of every aspect of this is going to be combined and get a score to determine the class of landslide-prone levels.

The level of landslide-prone distribution in Bango Sub-watershed of Malang Regency is divided into 2 classes: low landslide-prone level with an area of 39,405 km² (10,938%) covering several villages in Blimbing, Dau, Lowokwaru, Pakis, Singosari Districts. The level of distribution of moderate landslides is 320.839 km² (89.062%) covering several villages in Blimbing, Bumiaji, Dau, Jabung, Junrejo, Kedungkandang, Klojen, Lawang, Lowokwaru, Pakis, Singosari Districts.

Keywords : Distribution of landslide-prone, Bango Sub-Basin, Geographic Information System Technology (GIS)

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Secara umum Daerah Aliran Sungai (DAS) didefinisikan sebagai suatu wilayah yang dibatasi oleh alam, seperti punggung bukit-bukit atau gunung, maupun batas buatan seperti jalan atau tanggul, dimana air hujan yang turun di wilayah tersebut memberikan kontribusi aliran ke satu titik kontrol (*outlet*). Daerah aliran sungai juga dapat dianggap sebagai suatu ekosistem, yang di dalamnya terjadi interaksi antara faktor biotik, non biotik, dan manusia. Sebagai suatu kesatuan ekosistem maka setiap ada masukan (*input*) ke dalamnya dapat dievaluasi berdasarkan keluaran (*output*) dari ekosistem tersebut. (Kamaruddin, 2005, p.1).

Tanah longsor merupakan bencana yang sering terjadi di suatu DAS. Untuk memudahkan penanganan bencana longsor dan meminimalisir korban yang terjadi akibat tanah longsor, maka perlu adanya pemetaan daerah-daerah yang tingkat rawan terjadi longsor. Mengingat begitu kompleksnya ekosistem DAS, maka teknologi Sistem Informasi Geografis (SIG) merupakan alternatif yang sangat membantu dalam usaha manajemen DAS.

Sistem informasi geografis merupakan suatu teknologi yang mampu menggabungkan data, mengolah dan menyajikannya dalam bentuk peta, yang dilengkapi dengan informasi berupa teks atau data tabular dan berbasis komputer dalam penyajiannya, sehingga proses manajemen data dapat dilakukan dengan mudah, cepat dan akurat. Dengan menggunakan teknologi SIG, parameter tanah longsor yang terjadi pada DAS yang kompleks mengenai curah hujan, jenis tanah, kemiringan lereng, dan tata guna lahan, dan lain-lain bisa disimpan dan dikelola dengan baik dalam sistem *database*.

Untuk mengetahui tingkat tingkat rawan longsor yang terjadi di sub Daerah Aliran Sungai Bango, maka dilakukan studi tentang Analisa Sebaran Rawan Longsor Di SubDAS Bango Kabupaten Malang Dengan Sistem Informasi Geografis (SIG).

1.2 Identifikasi Masalah

Daerah Aliran Sungai Bango merupakan salah satu SubDAS di bagian Sungai Brantas yang memberikan kontribusi debit air cukup besar yang berada di Kabupaten Malang. Sumber SubDAS Bango berada di lereng Gunung Tunggangan. Sebagian peristiwa longsor

terjadi di daerah yang memiliki kemiringan lereng yang curam dan curah hujan yang tinggi.

SubDAS Bango merupakan daerah yang berpotensi rawan terjadi bencana longsor. Hal tersebut terlihat di hulu dan tengah SubDAS Bango banyak terdapat lereng yang curam, sedangkan di bagian hilir banyak terdapat sedimentasi bertemu dengan Sungai Brantas dan Lesti menuju Waduk Sengguruh. Hal tersebut dapat mengindikasikan bahwa banyak terdapat erosi dan longsor di hulu SubDAS Bango.

Dari permasalahan yang ada, maka diperlukan pemetaan daerah tingkat rawan longsor di SubDAS Bango untuk menginformasikan kepada masyarakat yang tinggal di sekitar SubDAS Bango agar bisa mengetahui jika daerah yang mereka tempati merupakan kawasan yang rawan terjadi bencana longsor dan bisa datang sewaktu-waktu. Selain itu, dari permasalahan yang ada, dari pihak yang berkepentingan bisa melakukan tindakan antisipatif guna mencegah terjadinya tanah longsor.

1.3 Batasan Masalah

Untuk mencegah agar tidak keluar dari pokok permasalahan, maka dalam studi ini diambil batasan-batasan masalah sebagai berikut:

1. Parameter penyebab longsor berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 22 Tahun 2007, yaitu:
 - a. Aspek Fisik Alami.
 - b. Aspek Aktivitas Manusia.
2. Lokasi daerah studi di SubDAS Bango (beberapa kecamatan di Kota dan Kabupaten Malang).
3. Tidak membahas masalah sedimentasi akibat longsor.
4. Tidak membahas jenis tanah dan kandungannya pada daerah studi.

1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan dengan tinjauan latar belakang, identifikasi dan batasan-batasan masalah yang telah dijelaskan sebelumnya, maka dapat diberikan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Apa faktor dominan penyebab rawan longsor di SubDAS Bango?
2. Bagaimana sebaran rawan longsor di SubDAS Bango?

1.5 Tujuan dan Manfaat

Dengan memperhatikan rumusan masalah, maka tujuan dari studi ini dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui indikator-indikator yang dominan penyebab terjadinya tanah longsor di SubDAS Bango.
2. Untuk mengetahui daerah dan lokasi di SubDAS Bango yang termasuk daerah dengan tingkat rawan longsor terendah sampai tertinggi.

Adapun manfaat yang akan didapat dari studi ini adalah:

1. Dapat dijadikan masukan bagi semua pihak untuk meminimalisir terjadinya kerugian dan korban akibat bencana tanah longsor.
2. Meningkatkan wawasan keilmuan bagi para mahasiswa terkait bencana tanah longsor.





(Halaman ini sengaja dikosongkan)



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanah longsor

2.1.1 Definisi Tanah Longsor

Tanah longsor adalah suatu peristiwa geologi yang terjadi karena pergerakan massa batuan atau tanah yang bergerak ke bawah atau keluar lereng. Proses terjadinya tanah longsor diawali oleh air yang meresap ke dalam tanah akan menambah bobot tanah. Jika air tersebut menembus sampai ke lapisan tanah kedap air yang berfungsi sebagai bidang gelincir, maka tanah menjadi licin dan tanah yang lapuk di atasnya akan bergerak mengikuti lereng dan keluar dari lereng.

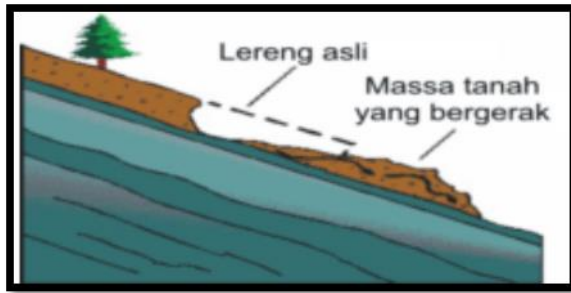
Tanah longsor (*landslide*) merupakan suatu bentuk erosi yang pengangkutannya atau pemindahan tanahnya terjadi pada suatu saat yang relatif pendek dalam volume (jumlah) yang sangat besar. Berbeda halnya dengan bentuk-bentuk erosi lainnya (erosi lembar, erosi alur, erosi parit) pada longsor pengangkutan tanah terjadi sekaligus dalam periode yang sangat pendek (Sitorus dalam Noorwantoro, 2014). Sumber lain juga mengartikan tanah longsor sebagai suatu jenis gerakan tanah, umumnya gerakan tanah yang terjadi adalah longornya bahan rombakan (*debris avalanches*) dan nendatan (*Slumps/rotational slide*). Gaya-gaya gravitasi dan rembesan (*seepage*) yang merupakan penyebab utama ketidakstabilan (*instability*) pada lereng alami maupun lereng yang di bentuk dengan cara penggalian atau penimbunan.

2.1.2 Jenis Tanah Longsor

Longsoran merupakan salah satu jenis gerakan massa tanah atau batuan, ataupun pencampuran keduanya, menuruni atau keluar lereng akibat dari terganggunya kestabilan tanah atau batuan penyusun lereng. Menurut Subowo (2003) ada 5 jenis tanah longsor di Indonesia diantaranya:

1. Longsoran Translasi

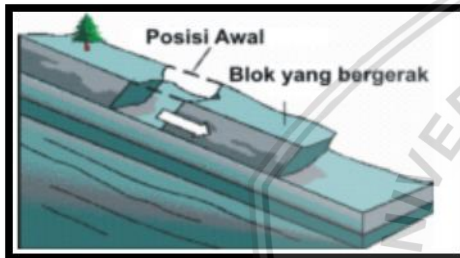
Longsoran translasi adalah Bergeraknya massa tanah dan batuan pada bidang miring berbentuk rata atau menggelombang landai. Gambar 2.1 memberikan ilustrasi proses longsoran translasi.



Gambar 2.1 Ilustrasi Longsoran Translasi
Sumber: Anonim, 2005

2. Pergerakan Blok

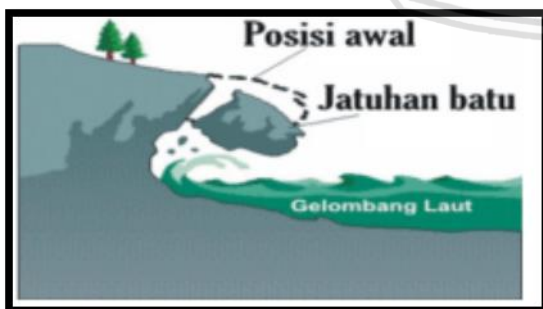
Pergerakan blok adalah perpindahan batuan yang bergerak pada bidang gelincir berbentuk rata. Longsoran ini disebut longsoran translasi blok batu. Gambar 2.2 memberikan ilustrasi proses pergerakan blok.



Gambar 2.2 Ilustrasi Pergerakan Blok
Sumber: Anonim, 2005

3. Runtuhan Batu

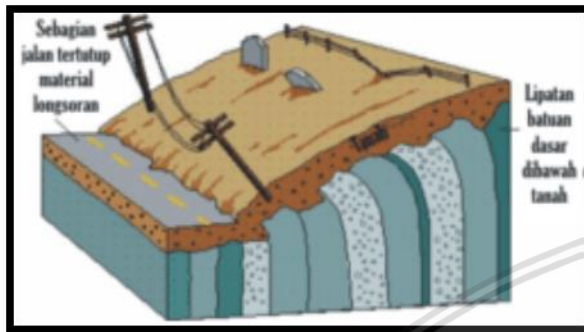
Runtuhan batu terjadi ketika sejumlah besar batuan atau material lain bergerak ke bawah dengan cara jatuh bebas. Umumnya terjadi pada lereng yang terjal hingga menggantung, terutama di daerah pantai. Batu-batu besar yang jatuh dapat menyebabkan kerusakan yang parah.



Gambar 2.3 Ilustrasi Runtuhan Batu
Sumber: Anonim, 2005

4. Rayapan Tanah

Rayapan tanah adalah jenis tanah longsor yang bergerak lambat. Jenis tanahnya berupa butiran kasar dan halus. Jenis tanah longsor ini hampir tidak dapat dikenali. Setelah waktu yang cukup lama longsor jenis rayapan ini bisa menyebabkan tiang-tiang telepon, pohon atau rumah miring ke bawah.

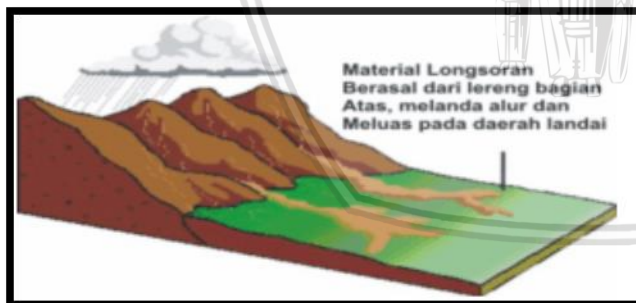


Gambar 2.4 Ilustrasi Rayapan Tanah

Sumber: Anonim, 2005

5. Aliran Bahan Rombakan

Jenis tanah longsor ini terjadi ketika massa tanah bergerak karena didorong oleh air. Kecepatan aliran tergantung pada kemiringan lereng, volume dan tekanan air, dan jenis materialnya. Gerakannya terjadi di sepanjang lembah dan mampu mencapai ratusan meter jauhnya. Di beberapa tempat bisa sampai ribuan meter seperti di daerah aliran sungai di sekitar gunung api. Aliran tanah ini dapat menelan korban cukup banyak.



Gambar 2.5 Ilustrasi Aliran Bahan Rombakan

Sumber: Anonim, 2005

2.1.3 Kawasan Rawan Tanah Longsor

Kawasan rawan bencana longsor adalah kawasan lindung atau kawasan budidaya yang meliputi zona-zona berpotensi longsor (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 22 Tahun 2007). Pada dasarnya kawasan rawan bencana tanah longsor merupakan kawasan dengan curah hujan rata-rata yang tinggi (lebih dari 2500 mm/tahun), kemiringan lereng yang curam (lebih dari 40%), dan/atau kawasan rawan gempa. Pada kawasan ini sering dijumpai

alur air dan mata air yang umumnya berada di lembah-lembah yang subur dekat sungai. Di samping kawasan dengan karakteristik tersebut, kawasan lain yang dapat dikategorikan sebagai kawasan rawan bencana longsor yaitu:

1. Lereng-lereng pada kelokan sungai, sebagai akibat proses erosi atau penggerusan oleh aliran sungai pada bagian kaki lereng.
2. Daerah teluk lereng, yakni peralihan antara lereng curam dengan lereng landai yang di dalamnya terdapat permukiman. Lokasi seperti ini merupakan zona akumulasi air yang meresap dari bagian lereng yang lebih curam. Akibatnya daerah teluk lereng sangat sensitif mengalami peningkatan tekanan air pori yang akhirnya melemahkan ikatan antar butir-butir partikel tanah dan memicu terjadinya longsor.
3. Daerah yang dilalui struktur patahan/sesar yang umumnya terdapat hunian. Dicitrakan dengan adanya lembah dengan lereng yang curam (diatas 30%), tersusun dari batuan yang terkekarkan (retakan) secara rapat, dan munculnya mata air di lembah tersebut. Retakan batuan dapat mengakibatkan menurunnya kestabilan lereng, sehingga dapat terjadi jatuhnya atau luncuran batuan apabila air hujan meresap ke dalam retakan atau saat terjadi getaran pada lereng.

Dengan mengidentifikasi sifat, karakteristik dan kondisi unsur-unsur iklim dan hidrogeomorfologi suatu kawasan dapat diantisipasi kemungkinan terjadinya longsor. Terhadap kawasan yang mempunyai kemungkinan terjadinya longsor atau rawan terjadi bencana longsor ini diperlukan penataan ruang berbasis mitigasi bencana longsor yang prosesnya diawali dengan penetapan kawasan rawan bencana longsor.

2.1.4 Parameter Penyebab Longsor

Terjadinya longsor ditandai dengan Bergeraknya sejumlah massa tanah secara bersama-sama dan terjadi sebagai akibat meluncurnya satu volume tanah diatas satu lapisan agak kedap air yang jenuh air. Lapisan yang terdiri dari tanah liat atau mengandung kadar tanah liat tinggi setelah jenuh air akan bertindak sebagai peluncuran (Arsyad, 1989, p.1).

Pada prinsipnya tanah longsor terjadi apabila gaya pendorong pada lereng lebih besar daripada gaya penahan. Gaya penahan pada umumnya dipengaruhi oleh kekuatan batuan dan kepadatan tanah sedangkan gaya pendorong dipengaruhi oleh besarnya sudut lereng, air, beban serta berat jenis tanah batuan.

Penyebab longsor dapat diakibatkan oleh dua faktor, yaitu faktor alami dan faktor manusia.

2.1.4.1 Aspek Fisik Alami

Beberapa parameter aspek alami penyebab longsor antara lain:

1. Curah Hujan

Curah hujan adalah banyaknya air hujan yang jatuh ke bumi persatuan luas permukaan pada suatu jangka waktu tertentu. Besar kecilnya curah hujan dapat dinyatakan sebagai volume air hujan yang jatuh pada suatu areal tertentu dalam jangka waktu relatif lama, oleh karena itu besarnya curah hujan dapat dinyatakan dalam m^3 /satuan luas, secara umum dinyatakan dalam tinggi air (mm). Curah hujan 10 mm berarti tinggi hujan yang jatuh pada areal seluas $1 m^2$ adalah 10 liter.

Salah satu penyebab terjadinya bencana tanah longsor adalah air hujan. Air hujan yang telah meresap ke dalam tanah lempung pada lereng akan tertahan oleh batuan yang lebih kompak dan lebih kedap air. Derasnya hujan mengakibatkan air yang tertahan semakin meningkatkan debit dan volumenya dan akibatnya air dalam lereng ini semakin menekan butiran-butiran tanah dan mendorong tanah lempung pasiran untuk bergerak longsor (Noorwantoro, 2014, p.9).

Terjadinya hujan adalah salah satu faktor penyebab terjadinya tanah longsor. Besarnya air hujan yang jatuh ke permukaan bumi setiap satuan luas dan waktu adalah definisi dari curah hujan, sehingga semakin besar curah hujan maka semakin besar pula tingkat rawan longsor yang terjadi dan sebaliknya. Selain itu juga terdapat beberapa faktor pendukung lainnya seperti kemiringan lereng, geologi batuan, dan tata guna lahan.

Tabel 2.1 Kelas Curah Hujan

Kelas	Intensitas Curah Hujan
1	Curah Hujan < 1000 mm/tahun
2	Curah Hujan 1000 - 1500 mm/tahun
3	Curah Hujan 1500 - 2000 mm/tahun
4	Curah Hujan 2000 - 2500 mm/tahun
5	Curah Hujan > 2500 mm/tahun

Sumber: Taufik dkk, 2008, p.30

A. Uji Konsistensi Data Curah Hujan Dengan Metode Lengkung Massa Ganda (*Double Mass Curve*)

Ketelitian hasil perhitungan dalam ilmu hidrologi sangat diperlukan, yang tergantung dari konsistensi data itu sendiri. Dalam suatu rangkaian data pengamatan hujan, dapat timbul ketidakkonsistenan, yang dapat mengakibatkan penyimpangan dalam perhitungan.

Data hujan yang diambil dari berbagai stasiun hujan diuji untuk mengetahui apakah data tersebut konsisten atau tidak. Uji konsistensi merupakan uji kebenaran data lapangan

yang menggambarkan keadaan sebenarnya. Data yang tidak konsisten dapat disebabkan oleh berbagai faktor, antara lain:

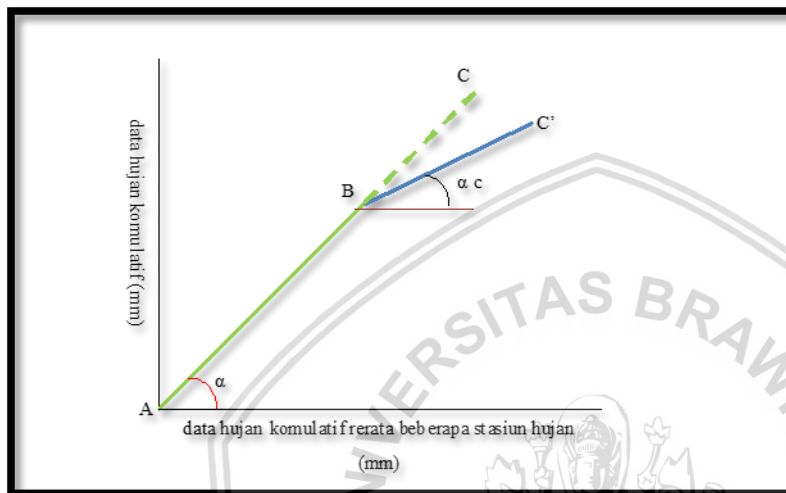
1. Perubahan mendadak pada sistem lingkungan hidrologis, antara lain adanya pembangunan gedung baru, tumbuhnya pohon-pohon, gempa bumi, gunung meletus dan lain-lain.
2. Pemindahan alat pengukur hujan.
3. Perubahan cara pengukuran, misal berhubungan dengan adanya alat atau metode baru.
4. Perubahan iklim.
5. Perubahan letak stasiun.

Uji konsistensi berarti menguji kebenaran data lapangan yang tidak dipengaruhi oleh kesalahan pada saat pengiriman atau pengukuran, data tersebut harus benar-benar menggambarkan fenomena hidrologi seperti keadaan sebenarnya di lapangan. Dengan kata lain data hidrologi disebut tidak konsisten apabila terdapat perbedaan antara nilai pengukuran dan nilai sebenarnya. Kurva massa ganda adalah salah satu metode grafis untuk alat identifikasi atau untuk menguji konsistensi dan kesamaan jenis data hidrologi dari suatu pos hidrologi (Soewarno, 1995, p.23).

Salah satu cara untuk menguji data dengan menggunakan kurva massa ganda (*double mass curve*). Dengan metode ini dapat dilakukan koreksi untuk data hujan yang tidak konsisten. Langkah yang dilakukan adalah membandingkan harga akumulasi curah hujan tahunan pada stasiun yang diuji dengan akumulasi curah hujan tahunan rerata dari suatu jaringan dasar stasiun hujan yang berkesesuaian, kemudian diplotkan pada kurva. Jaringan ini dipilih dari stasiun-stasiun hujan yang berdekatan dengan yang diuji dan memiliki kondisi meteorologi yang sama dengan stasiun yang diuji (Subarkah, 1980, p.28).

Uji konsistensi ini dapat diselidiki dengan cara membandingkan curah hujan tahunan kumulatif dari stasiun yang diteliti dengan harga kumulatif curah hujan rata-rata dari suatu jaringan stasiun dasar yang bersesuaian. Pada umumnya, metode ini di susun dengan urutan kronologis mundur dan di mulai dari tahun yang terakhir atau data yang terbaru hingga data terakhir.

Jika data hujan tidak konsisten karena perubahan atau gangguan lingkungan di sekitar tempat penakar hujan dipasang, misalnya penakar hujan terlindung oleh pohon, terletak berdekatan dengan gedung tinggi, perubahan penakaran dan pencatatan, pemindahan letak penakar dan sebagainya, memungkinkan terjadi penyimpangan terhadap *trend* semula. Hal ini dapat diselidiki dengan menggunakan lengkung massa ganda seperti terlihat pada Gambar 2.6 dibawah ini.



Gambar 2.6 Lengkung Massa Ganda
Sumber: Soemarto, 1986, p.110

Ketika tidak ada perubahan pada lingkungan maka akan diperoleh garis A,B, dan C berupa garis lurus dan tidak terjadi patahan pada arah garis, maka data hujan tersebut bisa dikatakan konsisten dan bisa dipakai untuk langkah selanjutnya. Tetapi apabila pada tahun tertentu terjadi perubahan lingkungan, didapat garis patah pada A, B, dan C'. Penyimpangan secara dari garis semula menunjukkan adanya perubahan tersebut, bukan disebabkan oleh perubahan iklim atau keadaan hidrologis yang dapat menyebabkan adanya perubahan *trend*. Sehingga data hujan tersebut dapat dikatakan tidak konsisten dan harus dilakukan koreksi. Apabila terdapat penyimpangan data atau tidak konsisten, maka dapat dilakukan koreksi dengan menggunakan rumus:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{Y_z}{X_z} \quad (2 - 1)$$

$$\operatorname{tg} \alpha_o = \frac{Y_o}{X_o} \quad (2 - 2)$$

$$BC = \left(\frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \alpha_o} \right) BC' \quad (2 - 3)$$

dengan:

BC = data hujan yang diperbaiki (mm)

BC' = data hujan hasil pengamatan (mm)

Tg α_0 = kemiringan sebelum ada perubahan

Tg α = kemiringan setelah ada perubahan

B. Uji *Inlier-Outlier*

Data yang telah konsisten kemudian perlu diuji lagi dengan uji abnormalitas. Uji ini digunakan untuk mengetahui apakah data maksimum dan minimum dari rangkaian data yang ada layak digunakan atau tidak. Uji yang digunakan adalah uji *Inlier-Outlier*, di mana data yang menyimpang dari dua batas ambang, yaitu ambang bawah (XL) dan ambang atas (XH) akan dihilangkan. Rumus untuk mencari kedua ambang tersebut adalah sebagai berikut:

$$X_H = \text{Exp.} (X_{\text{rerata}} + K_n \cdot S) \quad (2 - 4)$$

$$X_L = \text{Exp.} (X_{\text{rerata}} - K_n \cdot S) \quad (2 - 5)$$

dengan:

X_H = nilai ambang atas.

X_L = nilai ambang bawah.

X_{rerata} = nilai rata-rata.

S = simpangan baku dari logaritma terhadap data.

K_n = besaran yang tergantung pada jumlah sampel data

N = jumlah sampel data.

Berikut ini ditabelkan nilai-nilai K_n untuk masing-masing jumlah data yang tersedia.

Tabel 2.2 Nilai K_n

Jumlah Data	Kn	Jumlah Data	Kn	Jumlah Data	Kn	Jumlah Data	Kn
10	2.036	24	2.467	38	2.661	60	2.837
11	2.880	25	2.468	39	2.671	65	2.866
12	2.134	26	2.502	40	2.682	70	2.893
13	2.175	27	2.519	41	2.692	75	2.917
14	2.213	28	2.534	42	2.700	80	2.940
15	2.247	29	2.549	43	2.710	85	2.961
16	2.279	30	2.563	44	2.719	90	2.981
17	2.309	31	2.577	45	2.727	95	3.000
18	2.335	32	2.591	46	2.736	100	3.017
19	2.361	33	2.604	47	2.744	110	3.049
20	2.385	34	2.616	48	2.753	120	3.078
21	2.408	35	2.628	49	2.760	130	3.104
22	2.429	36	2.639	50	2.768	140	3.129
23	2.448	37	2.650	55	2.804		

Sumber: Anonim, 1998, p.75

C. Curah Hujan Daerah

Bila dalam suatu area terdapat beberapa alat penakar atau pencatat curah hujan, maka untuk mendapatkan harga curah hujan area adalah dengan mengambil harga rata-ratanya. Curah hujan yang diperlukan untuk penyusunan suatu rencana pemanfaatan air dan pengendalian banjir adalah curah hujan rata-rata di seluruh daerah (*area rainfall*), bukan curah hujan pada suatu titik tertentu (*point rainfall*). Curah hujan ini disebut curah hujan wilayah/daerah dan dinyatakan dalam mm.

Ada 3 metode yang berbeda dalam menentukan tinggi curah hujan rata-rata di atas area tertentu dari angka-angka curah hujan di beberapa titik pos penakar:

1. Metode rata-rata hitung (*Aritmatic Mean*).
2. Metode *Thiessen*.
3. Metode *Isohyet*.

Untuk perhitungan curah hujan maksimum daerah pada studi ini digunakan metode *Thiessen*.

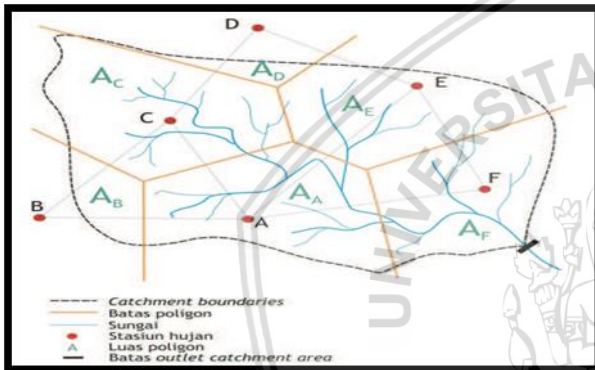
Metode ini digunakan apabila dalam suatu wilayah stasiun pengamatan curah hujannya tidak tersebar merata. Curah hujan rata-rata dihitung dengan mempertimbangkan pengaruh tiap-tiap stasiun pengamatan.

Berdasarkan metode *Thiessen*, langkah-langkah menentukan bagian atau luasan daerah:

1. Penggambaran dilakukan dengan cara meletakkan titik-titik stasiun pada peta. Selanjutnya menghubungkan titik tiap stasiun sehingga membentuk jaringan segitiga.
2. Pada setiap segitiga dibentuk garis-garis bagi tegak lurus sehingga membentuk poligon-poligon di sekitar masing-masing stasiun. Sisi-sisi setiap poligon merupakan batas luas

efektif yang diasumsikan untuk stasiun tersebut. Hal ini dapat ditunjukkan seperti terlihat pada Gambar 2.7 contoh penggambaran metode *Thiessen*.

Luas masing-masing poligon dapat ditentukan dengan planimetri dan dinyatakan sebagai persentase dari luas total. Hasil metode *Thiessen* biasanya lebih teliti daripada hasil-hasil yang diperoleh dari rata-rata aritmatik sederhana.



Gambar 2.7 Contoh Penggambaran Metode *Thiessen*

Sumber: Setiawan, 2015

Tinggi curah hujan daerah metode *Thiessen* dihitung rumus sebagai berikut:

$$\bar{P} = \frac{P_A \cdot A_A + P_B \cdot A_B + P_C \cdot A_C + \dots + P_n \cdot A_n}{t} \quad (2 - 6)$$

dengan:

\bar{P} = tinggi curah hujan rata-rata daerah (mm)

$P_A + P_B + P_C + P_n$ = tinggi curah hujan pada pos penakar A,B,C,.....,n

$A_A + A_B + A_C + A_n$ = luas daerah pada pos penakar A,B,C,.....,n (km²)

t = Banyak tahun

Cara *Thiessen* ini memberikan hasil yang lebih teliti daripada cara aljabar rata-rata. Akan tetapi, penentuan titik pengamatan dan pemilihan ketinggian akan mempengaruhi ketelitian hasil yang didapat.

2. Kemiringan Lereng

Tanah longsor umumnya dapat terjadi di wilayah berlereng. Makin tinggi kemiringan lereng akan semakin besar potensi longornya. Tanah longsor biasanya terjadi akibat oleh wilayah jenuh air dan adanya gaya gravitasi. Dalam musim hujan, apabila tanah di atasnya terkena air hujan dan menjadi jenuh, sebagian tanah akan bergeser ke bawah melalui lapisan yang kedap dan licin yang menimbulkan longsor. Pada kenyataannya tidak semua lahan/wilayah berlereng mempunyai potensi longsor dan itu tergantung pada karakter lereng (beserta materi penyusunnya) terhadap respon tenaga pemicu terutama respon lereng tersebut terhadap curah hujan. Faktor lereng yang terjal sangat menentukan daya tahan lereng terhadap reaksi perubahan energi (tegangan) pada lereng tersebut.

Faktor-faktor penyebab lereng rawan longsor meliputi faktor internal (dari tubuh lereng itu sendiri) maupun faktor eksternal (dari luar lereng), antara lain: kegempaan, iklim (curah hujan), vegetasi, morfologi, batuan/tanah maupun situasi setempat, tingkat kelembaban tanah (*moisture*), adanya rembesan, dan aktifitas geologi seperti patahan (terutama yang masih aktif), rekahan dan liniasi.

Penyebab lain dari kejadian longsor adalah gangguan-gangguan internal, yaitu yang datang dari dalam tubuh lereng itu sendiri terutama karena ikut sertanya peranan air dari dalam tubuh lereng itu sendiri. Kondisi ini tak terlepas dari pengaruh luar, yaitu iklim yang diwakili oleh curah hujan. Jumlah air yang meningkat dicirikan oleh peningkatan kadar air tanah, derajat kejenuhan, atau muka air tanah. Kenaikan muka air tanah akan menurunkan sifat fisik dan mekanik tanah dan meningkatkan tekanan pori yang berarti memperkecil ketahanan geser dari massa lereng. Debit air tanah juga membesar dan erosi di bawah permukaan (*piping* atau *subaqueous erosion*) meningkat. Akibatnya lebih banyak fraksi halus dari massa tanah yang dihanyutkan, lebih jauh ketahanan massa tanah akan menurun.

Tabel 2.3 Kelas Kemiringan Lereng

No	Kelas	Presentase Kemiringan
		%
1	Tipe A	> 40%
2	Tipe B	25% - 40%
3	Tipe C	0% - 25%

Sumber: Anonim, 2007, p.31

3. Geologi Batuan

Faktor geologi yang mempengaruhi terjadinya gerakan tanah adalah struktur geologi, sifat batuan, hilangnya perekat tanah karena proses alami (pelarutan), dan gempa. Struktur geologi yang mempengaruhi terjadinya gerakan tanah adalah kontak batuan dasar dengan pelapukan batuan, retakan/retahan, pelapisan batuan, dan patahan. Zona patahan

merupakan zona lemah yang mengakibatkan kekuatan batuan berkurang sehingga menimbulkan banyak retakan yang memudahkan air meresap (Surono, 2003).

Gerakan air yang bermakna geologis terutama dalam hal pengikisan tebing-tebing dan landasan sungai, membawa dan mengendapkan rock-waste. Semua aspek kegiatan ini selalu terjadi secara simultan dalam satu area yang sama pada satu lembah.

Erosi yang paling dahsyat umumnya terjadi di bagian hulu sungai, karena kemiringan landasannya cukup curam. Antara bagian hulu dan bagian hilir (bagian tengah) sungai, peristiwa geologis yang terjadi umumnya merupakan transportasi hasil-hasil erosi, pengikisan lebih lanjut dan pengendapan, sedangkan di bagian hilir peristiwa geologis yang terjadi adalah transportasi hasil pengikisan dan pengendapan.

4. Kondisi Tanah

Jenis tanah sangat menentukan terhadap potensi erosi dan longsor. Tanah yang gembur karena mudah memasukkan air masuk ke dalam penampang tanah akan lebih berpotensi longsor dibandingkan dengan tanah yang padat (*massive*) seperti tanah bertekstur liat (*clay*). Hal ini dapat terlihat juga dari kepekaan erosi tanah. Nilai kepekaan erosi tanah (K) menunjukkan mudah tidaknya tanah mengalami erosi, ditentukan oleh berbagai sifat fisik dan kimia tanah. Makin kecil nilai K makin tidak peka suatu tanah terhadap erosi (Sitorus, 2006, p.56).

Dalam hal kekritisian stabilisasi lereng pada intensitas hujan yang sama (127,4 mm/jam), tekstur tanah pasir cenderung lebih cepat mencapai kondisi kritis sekitar 0,0231jam, dibandingkan tekstur tanah lempung, 0,03 jam dan tanah liat sekitar 0,08 jam setelah terjadi hujan.

5. Tata Air Lereng

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 keluar lereng.

Ini semua dimulai saat musim kering yang panjang, pada saat itu terjadi penguapan air di permukaan tanah dalam jumlah besar. Akibatnya terjadi rongga-rongga dalam tanah yang kemudian disusul adanya retakan dan rekahan di dalam tanah. Sehingga saat musim

penghujan air dapat masuk ke dalam tanah melalui rongga-rongga tanah yang terbuka tadi dan membuat tekanan dari dalam tanah itu sendiri.

6. Kegempaan

Gempa bumi adalah peristiwa bergetarnya bumi akibat pelepasan energi di dalam bumi secara tiba-tiba yang ditandai dengan patahnya lapisan batuan pada kerak bumi. Akumulasi energi penyebab terjadinya gempa bumi dihasilkan dari pergerakan lempeng-lempeng tektonik. Energi yang dihasilkan kemudian dipancarkan kesegala arah berupa gelombang gempa bumi sehingga efeknya dapat dirasakan sampai ke permukaan bumi.

Secara geografis Indonesia merupakan daerah rawan gempa bumi karena dilalui oleh jalur pertemuan 3 lempeng tektonik, yaitu: Lempeng Indo-Australia, lempeng Eurasia, dan lempeng Pasifik. Lempeng Indo-Australia bergerak relatif ke arah utara dan menyusup kedalam lempeng Eurasia, sementara lempeng Pasifik bergerak relatif ke arah barat. Jalur pertemuan lempeng berada di laut sehingga apabila terjadi gempa bumi besar dengan kedalaman dangkal maka akan berpotensi menimbulkan longsor sehingga Indonesia rawan longsor. Bencana ini bersifat tidak dapat diprediksi kapan terjadinya.

7. Tata Guna Lahan

Penggunaan lahan seperti persawahan maupun tegalan dan semak belukar, terutama pada daerah-daerah yang mempunyai kemiringan lahan terjal umumnya sering terjadi tanah longsor. Minimnya penutupan permukaan tanah dan vegetasi, sehingga perakaran sebagai pengikat tanah menjadi berkurang dan mempermudah tanah menjadi retak-retak pada musim kemarau. Pada musim penghujan air akan mudah meresap ke dalam lapisan tanah melalui retakan tersebut dan dapat menyebabkan lapisan tanah menjadi jenuh air. Hal demikian cepat atau lambat akan berakibat gerakan tanah atau longsor.

Faktor vegetasi berpengaruh terhadap longsor melalui dan/akan kegiatan biologis yang berhubungan dengan pertumbuhan vegetatif dan pengaruhnya terhadap stabilitas struktur dan porositas tanah dan transpirasi yang mengakibatkan kandungan air tanah berkurang. Suatu vegetasi penutup tanah yang baik seperti rumput yang tebal atau rimba yang lebat akan menghilangkan pengaruh hujan dan topografi terhadap longsor (Arsyad, 1989, p.305).

2.1.4.2 Aspek Aktivitas Manusia

Lereng menjadi terjal akibat pemotongan lereng dan penggerusan oleh air saluran di tebing, tanah lembek dipicu oleh perubahan tata lahan menjadi lahan basah, adanya kolam ikan, genangan air, bangunan dekat tebing, bocoran air saluran, luapan air saluran, penggundulan hutan sehingga terjadi pengikisan oleh air permukaan.

Kebiasaan masyarakat dalam mengembangkan dan mengelola pertanian/perkebunan tidak memperhatikan kemiringan lereng, pembukaan lahan-lahan baru di lereng-lereng bukit menyebabkan permukaan lereng terbuka tanpa pengaturan sistem tata air (*drainase*) yang seharusnya, usaha mitigasi masyarakat dan bentuk-bentuk teras bangku pada lereng tersebut perlu dilakukan untuk mengerem dan mengurangi laju erosi. Bertambahnya penduduk menyebabkan perkembangan perumahan ke arah daerah perbukitan (lereng-lereng bukit) yang tidak sesuai dengan peruntukan lahan (tata guna lahan), menimbulkan beban pada lereng (*surchage*) semakin bertambah berat. Erosi di bagian kaki lereng akibat aliran sungai, atau gelombang air laut mengakibatkan lemahnya bagian kaki lereng, terjadinya kembang susut material pembentuk lereng, dan lain-lain menyebabkan terjadinya peningkatan tegangan geser.

2.2 Sistem Informasi Geografis (SIG)

2.2.1 Definisi SIG

Sistem Informasi Geografis merupakan suatu teknologi yang mampu menggabungkan data, mengolah dan menyajikannya dalam bentuk peta, yang dilengkapi dengan informasi berupa teks atau data tabular dan berbasis komputer dalam penyajiannya, sehingga proses manajemen data dapat dilakukan dengan mudah, cepat dan akurat. Dengan menggunakan teknologi SIG, parameter tanah longsor yang terjadi pada DAS yang kompleks mengenai curah hujan, jenis tanah, kemiringan lereng, dan tata guna lahan bisa disimpan dan dikelola dengan baik dalam sistem database.

Sistem Informasi Geografis (SIG) adalah sistem berbasis komputer yang terdiri atas perangkat keras komputer (*hardware*), perangkat lunak (*software*), data geografis dan sumber daya manusia (*brainware*) yang mampu merekam, menyimpan, memperbaharui, menampilkan dan menganalisis informasi yang bereferensi geografis.

Untuk mengetahui tingkat rawan atau potensi longsor, dapat dilakukan dengan penjumlahan (*skoring*) terhadap variabel-variabel pada setiap satuan medan. Jumlah total variabel dan pembobotan yang dilakukan dibagi menjadi tiga kelas interval, yaitu: daerah potensi rawan longsor, sangat rawan dan tidak rawan (tidak ada potensi longsor).

2.2.2 Subsistem SIG

SIG dapat diuraikan menjadi 4 (empat) subsistem yaitu:

1. Data Input (Pemasukan Data)

Subsistem data input berfungsi untuk mengumpulkan dan mempersiapkan data spasial dan atribut dari berbagai sumber yang relevan untuk kepentingan analisa. Subsistem ini mengkonversi atau mentransformasikan dari format data aslinya kedalam format digital yang sesuai dengan format SIG. Pemasukkan data dapat dilakukan dengan digitasi, dimana digitasi adalah proses pengubahan data grafis analog menjadi data grafis digital, dalam struktur vektor. Hasil suatu proses digitasi adalah himpunan segmen maupun poligon.

2. Manajemen Data

Subsistem manajemen data berfungsi untuk mengorganisasikan data spasial maupun atribut ke dalam basis data sedemikian rupa sehingga mudah dipanggil. *Diupdate* dan *diedit*. Basis data adalah himpunan dari beberapa berkas data atau tabel yang disimpan dengan suatu struktur tertentu, sehingga saling keterkaitan yang ada diantara anggota-anggota himpunan tersebut dapat diketahui, dimunculkan dan dimanipulasi oleh perangkat lunak manajemen basis data untuk keperluan tertentu.

3. Manipulasi Data dan Analisa

Subsistem ini berfungsi untuk menentukan informasi-informasi yang dapat dihasilkan oleh SIG, selain itu subsistem ini juga melakukan manipulasi dan pemodelan data untuk keperluan informasi yang diharapkan.

4. Data Output (Keluaran Data)

Keluaran data SIG adalah seperangkat prosedur yang digunakan untuk *menampilkan* informasi dari SIG dalam bentuk yang disesuaikan dengan keinginan pengguna. Subsistem data *output* berfungsi untuk menampilkan atau menghasilkan keluaran seluruh atau sebagian basis data baik dalam bentuk *softcopy* maupun dalam bentuk *hardcopy* seperti tabel, grafik, peta, dan lain-lain.

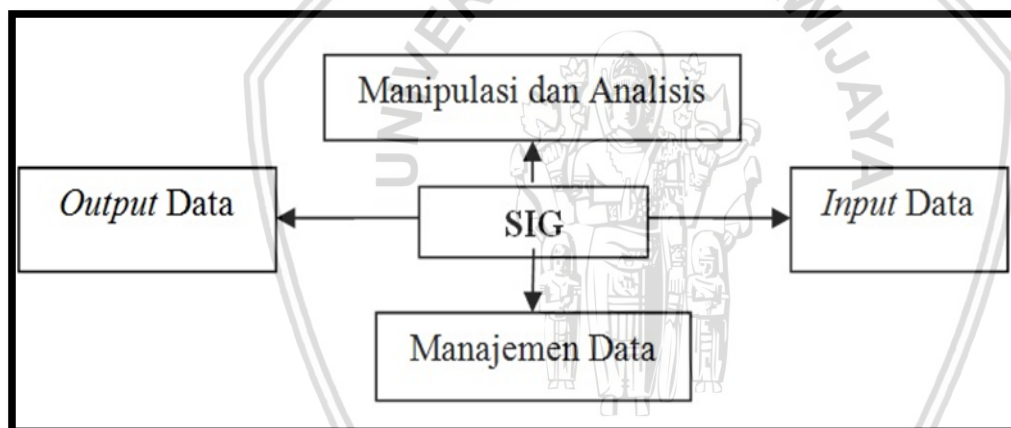
Apabila subsistem-subsistem SIG diperjelas berdasarkan uraian jenis masukan, proses, dan jenis keluaran yang ada di dalamnya maka subsistem SIG dapat digambarkan sebagai berikut:

Gambar 2.8 Subsistem-subsistem SIG
 Sumber: Setiawan, 2015, p.21

2.2.3 Komponen SIG

Di dalam SIG terdapat dua sistem komponen yang kompleks, yaitu:

1. Perangkat Keras



SIG tersedia untuk beberapa platform perangkat keras mulai dari PC,

desktop, workstation, hingga multiuser host. Adapun perangkat keras yang sering digunakan untuk SIG adalah komputer (PC), *mouse, digitizer, pointer, plotter, dan scanner.*

2. Perangkat Lunak

SIG merupakan sistem perangkat lunak yang tersusun secara modular dimana basis data memegang peranan kunci. Setiap subsistem (data input, data output, data manajemen, data manipulasi dan analisis) diimplementasikan dengan menggunakan beberapa modul sehingga tidak mengherankan jika ada perangkat SIG yang terdiri dari ratusan modul program yang masing-masing dapat dieksekusi sendiri. Saat ini terdapat banyak sekali perangkat lunak SIG baik yang berbasis vektor maupun yang berbasis raster. Nama perangkat lunak SIG yang berbasis vektor antara lain ARC/INFO, Arc VIEW, Map

INFO, cartaLINX dan AutoCAD. Sedangkan perangkat lunak SIG yang berbasis raster antara lain ILWIS, IDRISI, ERDAS, dan sebagainya.

3. Data dan Informasi Geografi (Basis Data)

SIG dapat mengumpulkan dan menyimpan data dan informasi yang diperlukan baik secara langsung dengan cara mengimportnya dari perangkat-perangkat lunak SIG yang lain maupun secara langsung dengan cara mendigitasi data spasialnya dari peta dan memasukkan data atributnya dari tabel-tabel dengan menggunakan *keyboard*.

4. Manajemen (Sumber Daya Manusia)

Komponen terakhir yang tak terelakkan dari SIG adalah sumber daya manusia yang terlatih. Peranan sumber daya manusia ini adalah untuk menjalankan sistem yang meliputi pengoperasian perangkat keras dan perangkat lunak, serta menangani data geografis dengan kedua perangkat tersebut. Sumber daya manusia juga merupakan sistem analisis yang menerjemahkan permasalahan riil di permukaan bumi dengan bahasa SIG, sehingga permasalahan tersebut bisa teridentifikasi dan memiliki pemecahannya.

2.2.4 Struktur Data

Basis data yang digunakan dalam SIG meliputi data spasial dan non-spasial. Ditinjau dari segi penyimpanan data, SIG terdiri dari dua jalur konseptual yaitu:

1. Sistem vektor (*vector based system*).
2. Sistem raster (*raster based system*).

Kedua sistem tersebut merupakan fungsi posisi yang menunjukkan salah satu karakteristik dari data geografi. Tetapi masing-masing sistem mempunyai kelebihan dan kekurangan sendiri-sendiri.

1. Data vektor

Pada sistem vektor (*vector based system*), semua unsur-unsur geografi disajikan dalam 3 konsep topologi, yaitu : titik (*point*), garis (*arc*), dan area (*polygon*). Unsur-unsur geografi tersebut disimpan dalam bentuk pasangan koordinat, sehingga letak titik, garis, dan area dapat digambar sedemikian akurat, bentuk kenampakan (*feature*) titik, garis, dan area dihubungkan dengan data atribut dengan menggunakan suatu pengenal (*identity/user-ID*).

2. Data raster

Pada sistem raster, fenomena geografi disimpan dalam bentuk pixel (*grid/raster/cell*) yang sesuai dengan kenampakan. Setiap pixel mewakili satu fenomena geografi. Pada

sistem ini titik dinyatakan dalam bentuk *grid* atau sel tunggal, garis dinyatakan dengan beberapa sel yang mempunyai arah dan poligon dinyatakan dalam beberapa sel.

2.2.5 Cara Kerja SIG

SIG dapat mempresentasikan dunia nyata di atas monitor komputer yang kemudian mempresentasikan ke atas kertas. Tetapi, SIG memiliki kekuatan lebih dan fleksibilitas daripada kertas. Obyek-obyek yang dipresentasikan di atas peta disebut unsur peta atau *map feature* (contohnya taman, sungai, kebun, jalan, dan lain lain). Peta yang ditampilkan bisa berupa titik, garis dan *polygon* serta juga menggunakan simbol grafis dan warna untuk membantu mengidentifikasi unsur-unsur berikut deskripsinya.

SIG menyimpan semua informasi deskriptif unsur-unsurnya sebagai atribut-atribut basis data kemudian, SIG membentuk dan menyimpannya dalam tabel-tabel. Setelah itu SIG menghubungkan unsur diatas dengan tabel-tabel bersangkutan. Dengan demikian, atribut-atribut dapat diakses melalui lokasi-lokasi pada unsur-unsur peta dan sebaliknya unsur-unsur peta juga dapat diakses melalui atributnya. Karena itu, unsur itu bisa dicari dan dapat ditemukan berdasarkan atribut-atributnya.

SIG memiliki kemampuan untuk keperluan analisis keruangan. Beberapa macam analisis keruangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Klasifikasi / reklasifikasi

Digunakan untuk mengklasifikasikan atau reklasifikasi data spasial atau data atribut menjadi data spasial baru dengan memakai kriteria tertentu.

2. Overlay

Analisis ini digunakan untuk mengetahui hasil interaksi atau gabungan dari beberapa peta. *Overlay* beberapa peta akan menghasilkan satu peta yang menggambarkan luasan atau *polygon* yang terbentuk dari irisan beberapa peta. Selain itu, dari *overlay* juga menghasilkan gabungan data dari beberapa peta yang saling beririsan.

2.2.6 Pengolahan Data

2.2.6.1 Pemasukan Data (Input)

Pemasukan data dilakukan dengan cara proses digitasi. Digitasi dilakukan dengan cara menelusuri deleniasi yang dibuat pada peta analog sehingga seluruhnya dipindahkan ke dalam komputer dengan perantara meja *digitizer*. Proses digitasi dilakukan dengan memanfaatkan fasilitas ADS (*Arc Digitize System*) dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Menentukan titik-titik kontrol dengan maksud agar koordinat pada peta dapat dipindahkan pada sistem koordinat yang memiliki *digitizer*.
2. Digitasi dilakukan dengan menelusuri kenampakkan di peta berupa titik, garis dan area dengan alat penelusur pada meja *digitizer*. Setiap kenampakan diberikan kode/ID yang berbeda. Perbedaan kode/ID ini diberikan untuk mempermudah pemanggilan salah satu penampakan atau onyek. Setelah proses ini selesai, setiap kenampakan di peta disimpan dalam bentuk segmen.

2.2.6.2 Keluaran Data (Output)

Keluaran data dari SIG adalah seperangkat prosedur yang digunakan untuk dapat menampilkan informasi dalam bentuk yang disesuaikan dengan penggunaan. Keluaran data terdiri dari tiga bentuk yaitu cetakan, tayangan, dan data digital. Subsistem data *output* berfungsi untuk menampilkan atau menghasilkan keluaran sebagian bahkan seluruhan basis data baik dalam bentuk *softcopy* maupun dalam bentuk *hardcopy* seperti tabel, grafik, peta, dan lain-lain.

Bentuk cetakan dapat berupa peta maupun tabel yang dicetak dengan media kertas, film, atau media lain. Bentuk tayangan berupa tampilan gambar dimonitor komputer. Keluaran data dalam bentuk peta digital berupa *file* yang dibaca oleh komputer yang lain ataupun untuk menghasilkan cetakan lain ditempat. Keluaran data pada studi ini berupa peta-peta tematik yang meliputi struktur data dalam format vektor dan *raster/grid*. Peta-peta tematik tersebut dicetak dengan menggunakan *printer*.

2.2.6.3 Analisa Tumpang Susun (*Overlay*)

Tumpang susun merupakan proses penggabungan dua buah peta untuk membentuk peta baru. Operasi tumpang susun merupakan operasi penggabungan dua peta berikut jenis atributnya untuk menghasilkan peta yang ditumpang susun. Operasi yang sering digunakan ada tiga macam, yaitu:

1. *Intersect two themes*

Operasi ini memotong suatu *theme input* sesuai dengan bentuk dari *theme overlay* untuk menghasilkan suatu *theme output* dengan bentuk tersebut yang mempunyai data atribut dari *theme* kedua-duanya.

2. *Union two themes*

Operasi ini merupakan penggabungan antara dua *theme* tersebut berikut dengan data atribut dari kedua *theme* tersebut.

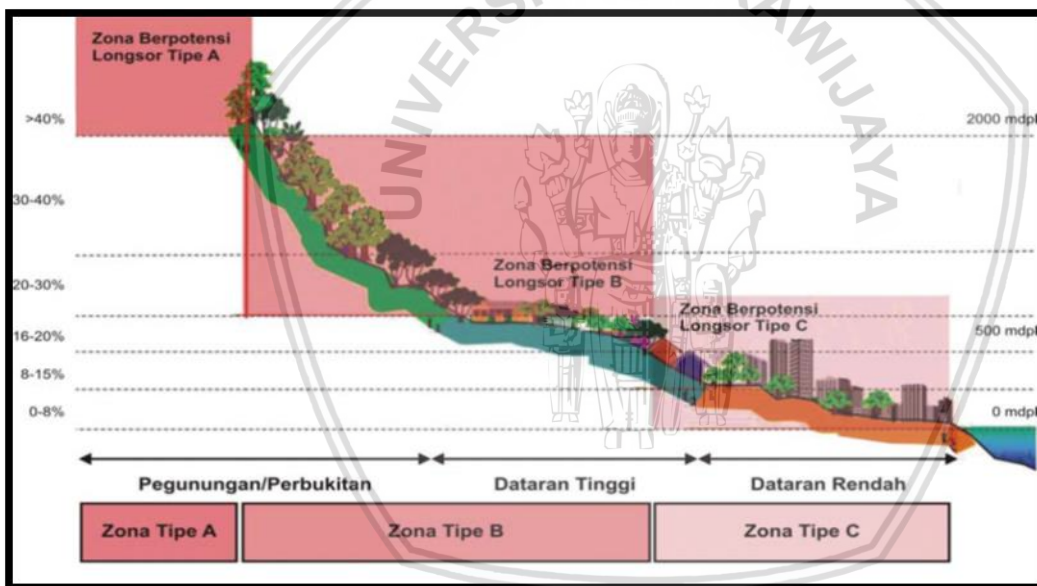
3. *Clip one theme based on another*

Operasi ini biasanya digunakan untuk memotong *theme* menjadi bagian atau daerah yang lebih kecil sesuai dengan keperluan.

2.3 Penilaian Tingkat Rawan Longsor

2.3.1 Tipologi Kawasan Rawan Bencana Longsor Berdasarkan Penetapan Zona

Daerah rawan bencana tanah longsor dibedakan berdasarkan zona-zona berdasarkan karakter dan kondisi fisik alaminya sehingga pada setiap zona akan berbeda dalam penentuan struktur ruang dan pola ruangnya serta jenis dan intensitas kegiatan yang dibolehkan, dibolehkan dengan persyaratan, atau yang dilarangnya. Zona berpotensi longsor adalah daerah/kawasan yang rawan terhadap bencana longsor dengan kondisi *terrain* dan kondisi geologi yang sangat peka terhadap gangguan luar, baik yang bersifat alami maupun aktifitas manusia sebagai faktor pemicu gerakan tanah, sehingga berpotensi terjadinya longsor. Berdasarkan hidrogeomorfologi dibedakan menjadi tiga tipe zona



sebagai berikut :

Gambar 2.9
Tipologi
Zona
Berpotensi
Longsor
Berdasarkan
Hasil

Kajian Hidrogeomorfologi

Sumber: Anonim, 2007, p.31

Setelah kawasan rawan bencana longsor teridentifikasi dan ditetapkan, maka perlu dilakukan tipologi zona berpotensi longsor agar dalam penentuan struktur ruang, pola ruang serta jenis dan intensitas kegiatannya dapat dilakukan secara tepat sesuai fungsi kawasannya. Kriteria masing-masing tipe adalah sebagai berikut:

2.3.1.1 Zona Berpotensi Longsor Tipe A

Zona ini merupakan daerah lereng gunung, lereng pegunungan, lereng bukit, lereng perbukitan, tebing sungai atau lembah sungai dengan kemiringan lereng di atas 40% yang dicirikan oleh:

1. Faktor Kondisi Alam:

- 1) Lereng pegunungan relatif cembung dengan kemiringan di atas 40%.
- 2) Kondisi tanah/batuan penyusun lereng:
 - a. Lereng pegunungan tersusun dari tanah penutup setebal lebih dari 2 (dua) meter, bersifat gembur dan mudah lolos air (misalnya tanah-tanah residual), menumpang di atas batuan dasar yang lebih padat dan kedap (misalnya andesit, breksi andesit, tuf, napal dan batu lempung).
 - b. Lereng tebing sungai tersusun oleh tanah residual, tanah kolovial atau batuan sedimen hasil endapan sungai dengan ketebalan lebih dari 2 (dua) meter.
 - c. Lereng yang tersusun oleh batuan dengan bidang diskontinuitas atau adanya struktur retakan (kekar) pada batuan tersebut.
 - d. Lereng tersusun oleh pelapisan batuan miring ke arah luar lereng (searah dengan kemiringan lereng) misalnya pelapisan batu lempung, batu lanau, serpih, napal, dan tuf. Curah hujan yang tinggi yakni 70 mm per jam atau 100 mm per hari dengan curah hujan tahunan lebih dari 2500 mm, atau curah hujan kurang dari 70 mm per jam tetapi berlangsung terus menerus selama lebih dari 2 (dua) jam hingga beberapa hari.
- 3) Pada lereng sering muncul rembesan air atau mata air terutama pada bidang kontak antara batuan kedap dengan lapisan tanah yang lebih *permeable*.
- 4) Lereng di daerah rawan gempa sering pula rawan terhadap gerakan tanah.
- 5) Vegetasi alami antara lain tumbuhan berakar serabut (perdu, semak, dan rerumputan), pepohonan bertajuk berat, berdaun jarum (pinus).

2. Faktor Jenis Gerakan Tanah:

- 1) Jatuhan yaitu jatuhan batuan, robohan batuan, dan rebahan batuan.
- 2) Luncuran baik berupa luncuran batuan, luncuran tanah, maupun bahan rombakan dengan bidang gelincir lurus, melengkung atau tidak beraturan.
- 3) Aliran misalnya aliran tanah, aliran batuan dan aliran bahan rombakan batuan.
- 4) Kombinasi antara dua atau beberapa jenis gerakan tanah dengan gerakan relatif cepat (lebih dari 2 meter per hari hingga mencapai 25 meter per menit).

3. Faktor Aktifitas Manusia:

- 1) Lereng ditanami jenis tanaman yang tidak tepat seperti hutan pinus, tanaman berakar serabut, digunakan sebagai sawah atau ladang.

- 2) Dilakukan penggalian/pemotongan lereng tanpa memperhatikan struktur lapisan tanah (batuan) pada lereng dan tanpa memperhitungkan analisis kestabilan lereng, misalnya pengerjaan jalan, bangunan, dan penambangan.
- 3) Dilakukan pencetakan kolam yang dapat mengakibatkan merembesnya air kolam ke dalam lereng.
- 4) Pembangunan konstruksi dengan beban yang terlalu berat.
- 5) Sistem drainase yang tidak memadai.

2.3.1.2 Zona Berpotensi Longsor Tipe B

Zona ini merupakan daerah kaki bukit, kaki gunung, kaki pegunungan, dan tebing sungai atau lembah sungai dengan kemiringan lereng 21% hingga 40% yang dicirikan oleh:

1. Faktor Kondisi Alam:
 - 1) Lereng relatif landai dengan kemiringan 21% hingga 40%.
 - 2) Lereng pegunungan tersusun dari tanah penutup setebal kurang dari 2 (dua) meter, bersifat gembur dan mudah lolos air (misalnya tanah-tanah residual), menumpang di atas batuan dasarnya yang lebih padat dan kedap (misalnya andesit, breksi andesit, tuf, napal, dan batu lempung).
 - 3) Lereng tebing sungai tersusun oleh tanah residual, tanah kolovial atau batuan sedimen hasil endapan sungai dengan ketebalan kurang dari 2 (dua) meter.
 - 4) Kondisi tanah (batuan) penyusun lereng umumnya merupakan lereng yang tersusun dari tanah lempung yang mudah mengembang apabila jenuh air.
 - 5) Curah hujan mencapai 70 mm per jam atau 100 mm per hari dengan curah hujan tahunan lebih kecil dari 2500 mm, atau kawasan yang rawan terhadap gempa.
 - 6) Sering muncul rembesan air atau mata air pada lereng, terutama pada bidang kontak antara batuan kedap air dengan lapisan tanah yang lebih *permeable*.
 - 7) Vegetasi terbentuk dari tumbuhan berdaun jarum dan berakar serabut.
 - 8) Lereng pada daerah yang rawan terhadap gempa.
2. Faktor Jenis Gerakan Tanah:
 - 1) Gerakan tanah yang terjadi pada daerah ini umumnya berupa rayapan tanah yang mengakibatkan retakan dan amblesan tanah.
 - 2) Kecepatan gerakan lambat hingga menengah dengan kecepatan kurang dari 2 (dua) meter dalam satu hari.
3. Faktor Aktifitas Manusia:
 - 1) Pencetakan kolam yang mengakibatkan perembesan air ke dalam lereng.

- 2) Pembangunan konstruksi dengan beban yang terlalu berat.
- 3) Sistem drainase yang tidak memadai.

2.3.1.3 Zona Berpotensi Longsor Tipe C

Zona ini merupakan daerah kaki bukit, kaki perbukitan, kaki gunung, kaki pegunungan, dan tebing sungai atau lembah sungai dengan kemiringan lereng 0% hingga 20% yang dicirikan oleh:

1. Faktor Kondisi Alam:

- 1) Lereng relatif landai dengan kemiringan antara 0% sampai 20%
- 2) Lereng pegunungan tersusun dari tanah penutup setebal kurang dari 2 (dua) meter, bersifat gembur dan mudah lolos air (misalnya tanah-tanah residual), menumpang di atas batuan dasarnya yang lebih padat dan kedap (misalnya andesit, breksi andesit, tuf, napal, dan batu lempung).
- 3) Daerah belokan sungai dengan kemiringan tebing sungai lebih dari 40%.
- 4) Kondisi tanah (batuan) penyusun lereng umumnya merupakan lereng yang tersusun dari tanah lempung yang mudah mengembang apabila jenuh air.
- 5) Curah hujan mencapai 70 mm per jam atau 100 mm per jam hari dengan curah hujan tahunan lebih dari 2500 mm, atau kawasan yang rawan terhadap gempa.
- 6) Sering muncul rembesan air atau mata air pada lereng, terutama pada bidang kontak antara batuan kedap air dengan lapisan tanah yang lebih *permeable*.
- 7) Vegetasi terbentuk dari tumbuhan berdaun jarum dan berakar serabut.
- 8) Lereng pada daerah yang rawan terhadap gempa.

2. Faktor Jenis Gerakan Tanah:

- 1) Gerakan tanah yang terjadi pada daerah ini umumnya berupa rayapan tanah yang mengakibatkan retakan dan amblesan tanah.
- 2) Kecepatan gerakan lambat hingga menengah dengan kecepatan kurang dari 2 (dua) meter per hari.

3. Faktor Aktifitas Manusia:

- 1) Pencetakan kolam yang mengakibatkan perembesan air ke dalam lereng.
- 2) Pembangunan konstruksi dengan beban yang terlalu berat.
- 3) Sistem drainase yang tidak memadai.

2.3.2 Penentuan Kelas Masing-Masing Tipe Zona Berpotensi Longsor Berdasarkan Kriteria dan Indikator Rawan

Untuk menentukan kelas tipe zona berpotensi longsor berdasarkan tingkat rawan ditetapkan 2 (dua) kelompok kriteria, yakni kriteria berdasarkan aspek fisik alami dan kelompok kriteria berdasarkan aspek aktifitas manusia.

Untuk mengukur tingkat rawan berdasarkan aspek fisik alami ditetapkan 7 (tujuh) indikator yakni faktor-faktor: kemiringan lereng, kondisi tanah, batuan penyusun lereng, curah hujan, tata air lereng, kegempaan dan vegetasi. Sedangkan untuk mengukur tingkat rawan berdasarkan aspek aktifitas manusia yakni tingkat resiko kerugian manusia dari kemungkinan kejadian longsor, ditetapkan 7 (tujuh) indikator: pola tanam, penggalian dan pemotongan lereng, pencetakan kolam, drainase, pembangunan konstruksi, kepadatan penduduk, dan usaha mitigasi.

Masing-masing indikator tingkat rawan berdasarkan aspek fisik alami diberikan bobot indikator: 30% untuk kemiringan lereng, 15% untuk kondisi tanah, 20% untuk batuan penyusun lereng, 15% untuk curah hujan, 7% untuk tata air lereng, 3% untuk kegempaan, dan 10% untuk vegetasi.

Sedangkan terhadap indikator tingkat rawan berdasarkan aspek aktifitas manusia (tingkat resiko) diberi bobot: 10% untuk pola tanam, 20% untuk penggalian dan pemotongan lereng, 10% untuk pencetakan kolam, 10% untuk drainase, 20% untuk pembangunan konstruksi, 20% untuk kepadatan penduduk, dan 10% untuk usaha mitigasi.

Setiap indikator diberi bobot penilaian tingkat rawan:

- a. 3 (tiga) apabila dinilai dapat memberi dampak besar terhadap terjadinya longsor.
- b. 2 (dua) apabila dinilai dapat memberi dampak sedang terhadap terjadinya longsor.
- c. 1 (satu) apabila dinilai kurang memberi dampak terhadap terjadinya longsor.

Penilaian bobot tertimbang setiap indikator dihitung melalui perkalian antara bobot indikator dengan bobot penilaian tingkat rawan setiap indikator. Nilai ini menunjukkan tingkat rawan pada masing-masing indikator.

Kriteria tingkat rawan masing-masing indikator fisik alami (7 indikator) dan aktifitas manusia (7 indikator) serta selang nilainya pada setiap tipe zona berpotensi longsor disajikan pada lampiran.

Penilaian terhadap tingkat rawan suatu zona berpotensi longsor pada aspek fisik alami dilakukan melalui penjumlahan nilai bobot tertimbang dari 7 (tujuh) indikator pada aspek fisik alami. Total nilai ini berkisar antara 1,00 sampai dengan 3,00. Sedangkan untuk

menetapkan tingkat rawan zona tersebut dalam aspek fisik alami, digunakan kriteria sebagai berikut:

- a. Tingkat rawan zona berpotensi longsor tinggi apabila total nilai bobot tertimbang berada pada kisaran 2,40 – 3,00.
- b. Tingkat rawan zona berpotensi longsor sedang bila total nilai bobot tertimbang berada pada kisaran 1,70 – 2,39.
- c. Tingkat rawan zona berpotensi longsor rendah apabila total nilai bobot tertimbang berada pada kisaran 1,00 – 1,69.

Penilaian terhadap tingkat rawan suatu zona berpotensi longsor pada aspek aktifitas manusia dilakukan melalui penjumlahan nilai bobot tertimbang dari 7 (tujuh) indikator pada aspek aktifitas manusia. Total tersebut berkisar antara 1,00 sampai dengan 3,00. Sedangkan untuk menetapkan tingkat kerawanan zona dalam aspek aktifitas manusia (tingkat resiko), digunakan kriteria sebagai berikut:

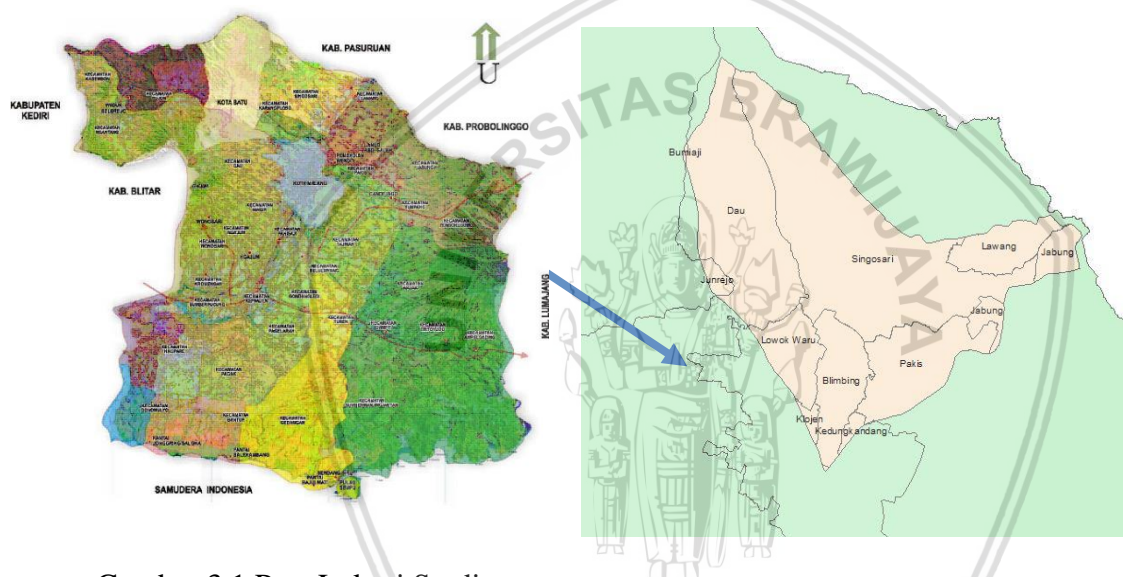
- a. Tingkat rawan zona berpotensi longsor tinggi apabila total nilai bobot tertimbang berada pada kisaran 2,40 – 3,00.
- b. Tingkat rawan zona berpotensi longsor sedang bila total nilai bobot tertimbang berada pada kisaran 1,70 – 2,39.
- c. Tingkat rawan zona berpotensi longsor rendah apabila total nilai bobot tertimbang berada pada kisaran 1,00 – 1,69.

Penilaian terhadap tingkat rawan suatu zona berpotensi longsor pada seluruh aspek dengan menjumlahkan total nilai bobot tertimbang pada aspek fisik alami dengan total nilai bobot tertimbang pada aspek aktifitas manusia, dan membaginya menjadi dua.

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Daerah Studi

Sungai Bango merupakan anak sungai Kali Brantas, yang bermata air dari lereng Gunung Tunggangan dengan dasar sungai berbentuk U berbatu. Panjang sungai kira-kira 11,061 meter dan lebar antara 30 meter. Daerah studi ini seluas 360,244 Km² dan menurut proyeksi peta UTM (*Univesal Transverse Mercator*) 1983 dengan datum global WGS84 secara geografi wilayahnya terletak diantara titik 9115843 – 9141425 mS (meter selatan) sampai titik 672794 – 696354 mT (meter timur) pada zona 49.



Gambar 3.1 Peta Lokasi Studi

Sumber: http://kmda.malangkab.go.id/images/peta_kab, 2016

3.2 Data Yang Diperlukan

Data yang diperlukan dalam penelitian ini ada dua tipe, yaitu data primer dan data sekunder, antara lain:

3.2.1 Data Primer

Data primer yang dibutuhkan dalam penelitian ini antara lain:

1. Pola tanam.
2. Penggalian dan pemotongan lereng.
3. Pencetakan kolam.
4. Drainase.
5. Pembangunan Konstruksi.
6. Usaha mitigasi.

3.2.2 Data Sekunder

Data sekunder yang dibutuhkan dalam penelitian ini antara lain:

1. Data curah hujan tahun 2005 – 2014.
2. Peta SubDAS Bango.
3. Peta geologi batuan.
4. Peta tata guna lahan.
5. Peta jenis tanah.
6. Data sejarah gempa di sub DAS Bango.
7. Data kepadatan penduduk.

3.3 Tahapan Studi

Tabel 3.1 Alur Pengerjaan Skripsi

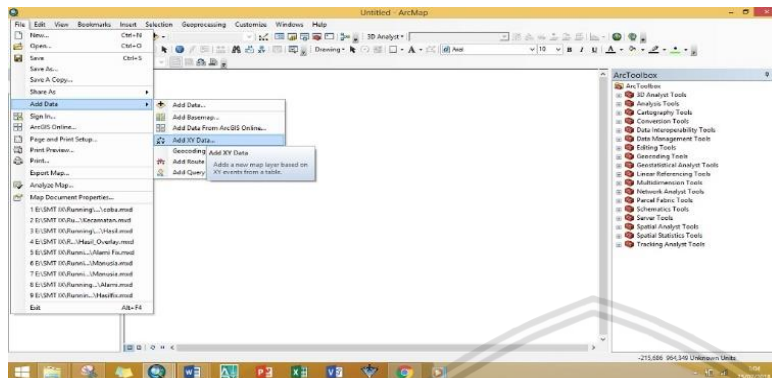
No	Tahapan Studi	Metode	Keterangan
1.	Pengolahan data hujan		
	A. Uji konsistensi data	Kurva massa ganda	Dilakukan koreksi untuk data hujan yang tidak konsisten
	B. Uji abnormalitas	Uji <i>inlier-outlier</i>	Mengetahui apakah data maksimum dan minimum dari rangkaian data yang ada layak digunakan atau tidak
2.	Pembuatan peta poligon thiessen	Sistem informasi geografis	Menggunakan <i>ArcToolbox Create Thiessen Polygon</i>
3.	Skoring indikator masing-masing zona	Permen PU No. 22 Tahun 2007	Menentukan tingkat rawan berdasarkan penilaian dari beberapa parameter
4.	Overlay	Sistem informasi geografis	Menggabungkan hasil dari atribut-atribut dan skoring parameter
5.	Verifikasi hasil survei	Survei lapangan	Untuk memverifikasi hasil analisa dengan kondisi lapangan

Sumber: Hasil Analisa, 2016

3.4 Tahapan Pembuatan Atribut Skoring Poligon Thiessen

Berikut tahap pembuatan peta *Poligon Thiessen*:

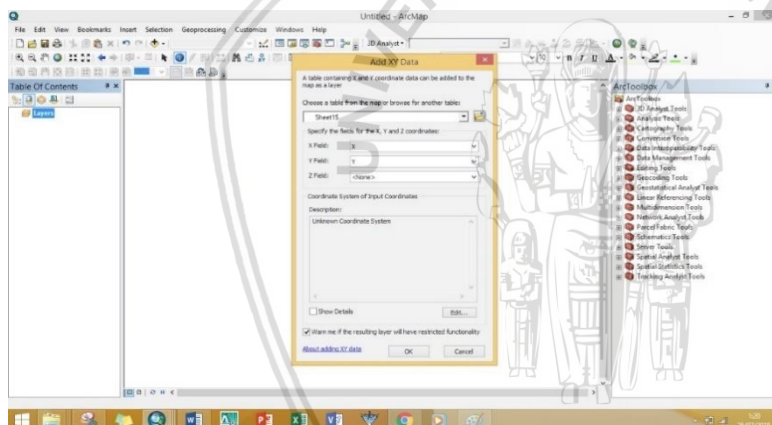
1. Siapkan koordinat stasiun hujan kedalam *microsoft excel*.
2. Buka aplikasi *ArcGIS 10.1*, pilih menu, kemudian pilih *add XY data*



Gambar 3.2 Tampilan *XY Data ArcGIS*

Sumber: Hasil Analisa, 2018

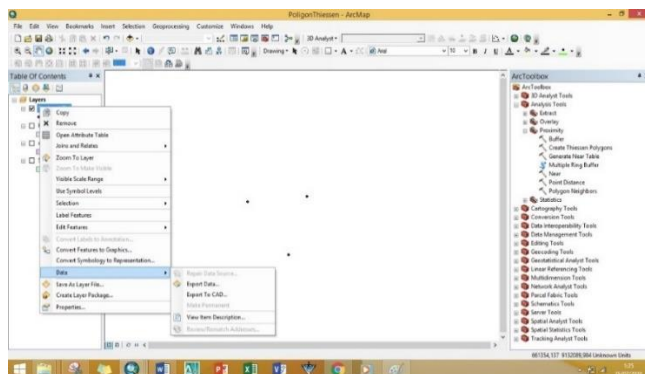
3. Pilih *microsoft excel* berisi koordinat yang sudah kita siapkan dalam format (.xls)



Gambar 3.3 Tampilan *XY Data ArcGIS*

Sumber: Hasil Analisa, 2018

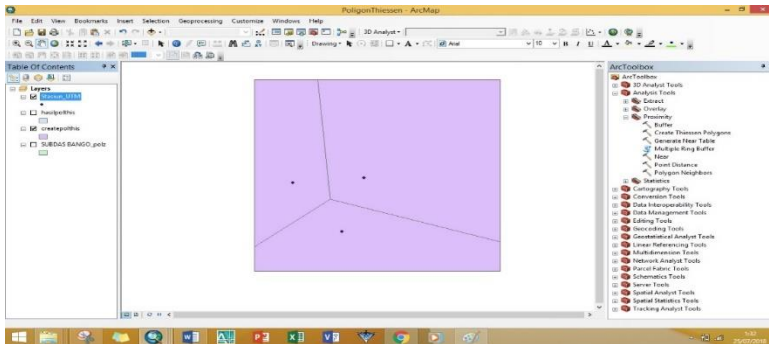
4. Setelah muncul titik-titik koordinatnya, klik kanan pada koordinat tersebut kemudian pilih *Data* dan pilih *Export Data* (export file ke .shp)



Gambar 3.4 Tampilan *Export Data*

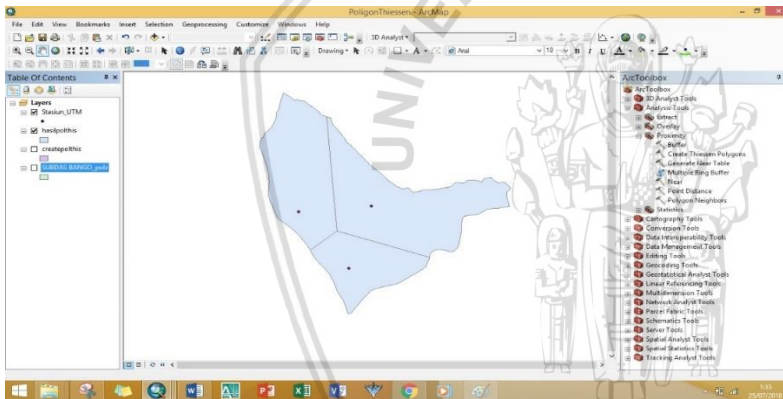
Sumber: Hasil Analisa, 2018

5. Setelah data menjadi (.shp) kemudian pilih *Arctoolbox – Analysis Tool – Proximity – Create Thiessen Polygon*.



Gambar 3.5 Hasil *Poligon Thiessen*
Sumber: Hasil Analisa, 2018

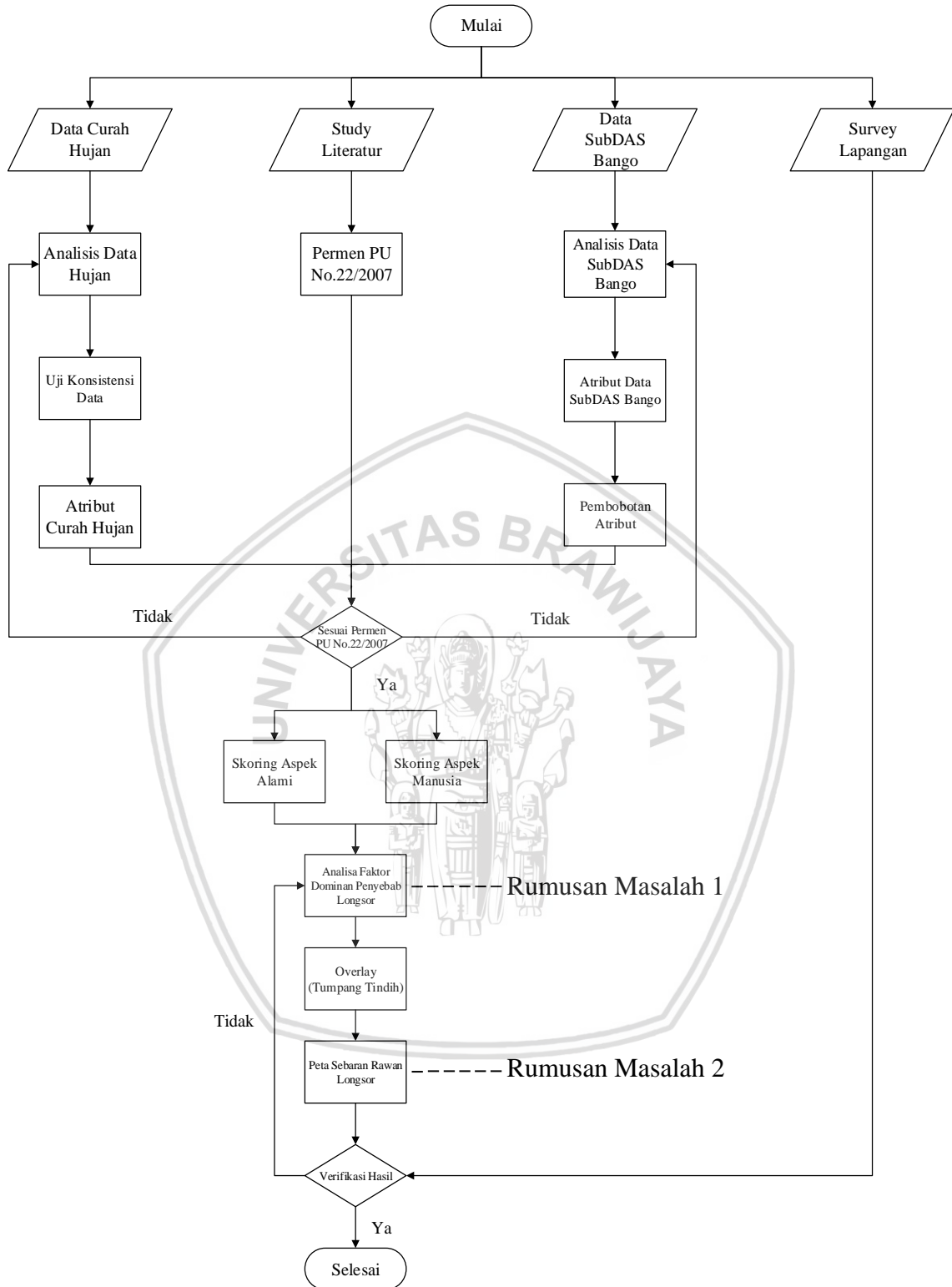
6. Masukkan batas das untuk selanjutnya di *Overlay* dengan koordinat. Pilih *Arctoolbox – Analysis Tool – Extract – Clip* kemudian masukkan koordinat stasiun hujan dengan batas das.



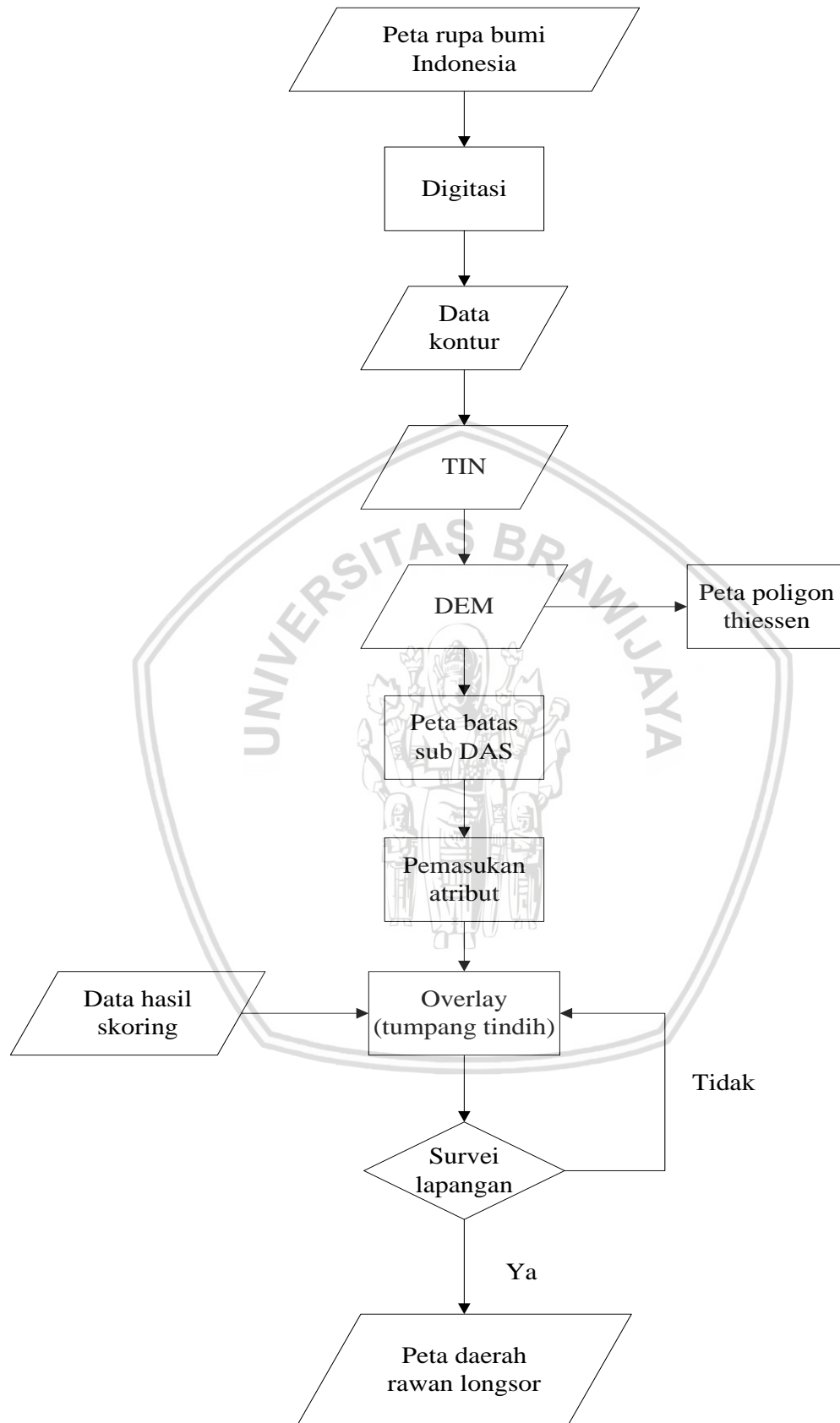
Gambar 3.6 Hasil *Poligon Thiessen* setelah di *Overlay*
Sumber: Hasil Analisa, 2018

3.5 Skoring Indikator Masing-Masing Zona

Cara skoring masing-masing indikator berdasarkan data yang didapatkan dan dibatasi menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 22 Tahun 2007. Tahapan ini dapat dilihat pada lampiran ketiga tentang analisa *ArcGIS*.



Gambar 3.7 Diagram Alir Penelitian
 Sumber: Hasil Analisa, 2016



Gambar 3.8 Diagram Alir Skoring Peta Longsor
Sumber: Hasil Analisa, 2016

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Data Hujan

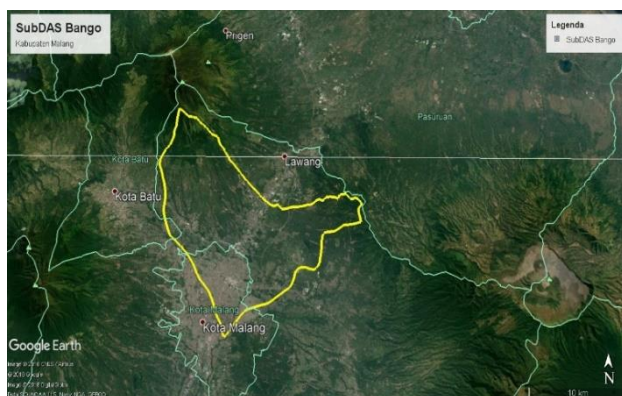
Analisa data hujan bertujuan untuk mencari keseragaman data dan menilai keabsahan data yang diperoleh. Data hujan yang digunakan ini diperoleh dari kantor UPT PSDA WS Bango Gedangan, Kecamatan Sawojajar, Kota Malang. Data hujan yang digunakan adalah data hujan stasiun-stasiun hujan di SubDAS Bango. Jumlah stasiun hujan yang digunakan yaitu 3 stasiun hujan dengan jangka waktu 10 tahun yakni antara tahun 2005-2014. Luas SubDAS Bango adalah 360,244 km² dan lokasi SubDAS Bango dapat dilihat pada Gambar 4.1 dan lokasi stasiun hujan dapat dilihat pada Gambar 4.2.

Tabel 4.1 Daftar Stasiun Hujan SubDAS Bango

No.	Nama Stasiun Hujan	Lokasi	Koordinat	
			Bujur Timur (X)	Lintang Selatan (Y)
1.	Karangploso	Desa Girimoyo Kec. Karangploso	112°36'02"	07°53'58"
2.	Singosari	Desa Klampok Kec. Singosari	112°39'40"	07°53'39"
3.	Blimbing	Desa Ciliwung Kec. Blimbing	112°38'33"	07°57'08"

Sumber: UPT PSDA WS Bango Gedangan, 2016

Untuk mengetahui apakah koordinat tersebut benar atau tidak, maka perlu dilakukan cek koordinat dengan menuju ke lokasi stasiun hujan. Sebelumnya, terlebih dahulu untuk plot stasiun hujan pada *Google Earth*. Hal ini dilakukan untuk mempermudah pencarian stasiun hujan. Berikut contoh plot koordinat Stasiun Hujan Blimbing. Dengan cara membuka aplikasi *Google Earth*, kemudian klik “Tambahkan Tanda Letak”.



Gambar 4.1 Tampilan SubDAS Bango di *Google Earth*
Sumber: Google Earth versi Indonesia, 2018



Gambar 4.2 Lokasi Stasiun Hujan Pengamatan SubDAS Bango
Sumber: Google Earth versi Indonesia, 2018

Setelah semua koordinat stasiun hujan dimasukkan dalam *Google Earth*, pelajari lokasi yang ditunjukkan dalam *Google Earth*. Setelah itu lakukan survey menggunakan hasil dari plot koordinat yang ada di *Google Earth*. Dari hasil survey dapat disimpulkan bahwa letak stasiun hujan sama dengan koordinat plot yang ada di *Google Earth*.

Tabel 4.2 Data Curah Hujan Rerata Tahunan

Tahun	Stasiun Hujan (mm)		
	Karang Ploso	Singosari	Blimbing
2005	1580	1425	1997
2006	1688	1645	2117
2007	1333	818	1911
2008	1388	719	1775
2009	1082	2416	1627
2010	3407	4776	3846
2011	2430	2631	2074
2012	1955	2053	1547
2013	1983	2683	2458
2014	1609	2039	3197

Sumber: UPT PSDA WS Bango Gedangan, 2016

4.1.1 Uji Konsistensi Data

Uji konsistensi data dapat dilakukan dengan analisa kurva massa ganda yang umumnya disusun menurut urutan kronologi mundur, dimulai dari tahun terakhir. Adapun langkah – langkah pengujian adalah sebagai berikut:

1. Menghitung hujan tahunan untuk masing – masing stasiun.
2. Menghitung rata – rata hujan tahunan untuk masing – masing stasiun uji.
3. Menghitung kumulatif hujan tahunan untuk stasiun uji.
4. Menghitung kumulatif hujan tahunan stasiun pembanding.

5. Melakukan penggambaran dalam bentuk diagram pencar antara stasiun pengamatan dengan stasiun pembanding, stasiun pengamatan pada sumbu Y dan stasiun pembanding pada sumbu X.
6. Melakukan analisa terhadap konsistensi data hujan dengan cara membuat garis lurus pada diagram pencar dan melakukan analisa penentu apakah ada perubahan *slope* atau tidak pada garis lurus yang dibuat pada diagram. Jika terjadi perubahan *slope*, maka pada titik setelah mengalami perubahan perlu adanya koreksi terhadap catatan data hujan dengan cara mengalikan koefisien (K) yang dihitung berdasarkan perbandingan *slope* setelah mengalami perubahan (S_2) dan *slope* sebelum mengalami perubahan (S_1).

Jika terjadi penyimpangan data hujan dari stasiun uji, maka harus dilakukan koreksi terhadap data tersebut dengan menggunakan substitusi Persamaan (2-1) sampai (2-3) pada halaman 11.

Tabel 4.3 Uji Konsistensi Stasiun Hujan Karangploso

Tahun	Stasiun Hujan Karangploso (mm)	Stasiun Hujan Singosari (mm)	Stasiun Hujan Blimbing (mm)	Kumulatif Stasiun Hujan Karangploso (mm)	Rata - Rata Stasiun Pembanding (mm)	Kumulatif Stasiun Pembanding (mm)
2005	1580	1425	1997	1580	1711,000	1711,000
2006	1688	1645	2117	3268	1881,000	3592,000
2007	1333	818	1911	4601	1364,500	4956,500
2008	1388	719	1775	5989	1247,000	6203,500
2009	1082	2416	1627	7071	2021,500	8225,000
2010	3407	4776	3846	10478	4311,000	12536,000
2011	2430	2631	2074	12908	2352,500	14888,500
2012	1955	2053	1547	14863	1800,000	16688,500
2013	1983	2683	2458	16846	2570,500	19259,000
2014	1609	2039	3197	18455	2618,000	21877,000

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Contoh perhitungan pada tahun 2012.

Kumulatif Stasiun Karangploso = curah hujan pada tahun tersebut + curah hujan kumulatif tahun sebelumnya

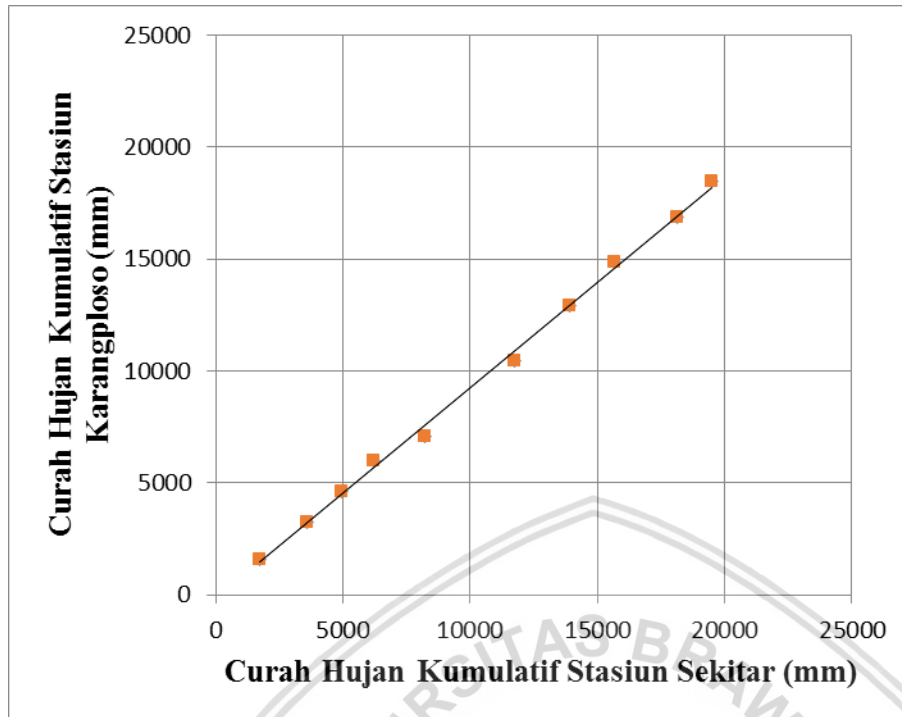
$$= 1955 + 12908$$

$$= 14863 \text{ mm}$$

Rerata stasiun pembanding = hasil rata-rata curah hujan dari stasiun lainnya (Stasiun Singosari dan Stasiun Blimbing)

$$= (2053+1547)/2$$

$$= 1800 \text{ mm}$$



Gambar 4.3 Kurva Massa Ganda Stasiun Hujan Karangploso
Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Dari hasil analisa kurva massa ganda pada data hujan di Stasiun Karangploso di atas tidak ditemukan terjadi penyimpangan data sehingga tidak diperlukan faktor koreksi data. Hal ini berarti data hujan pada Stasiun Karangploso adalah konsisten dan dapat digunakan dalam analisa selanjutnya.

Tabel 4.4 Uji Konsistensi Stasiun Hujan Singosari

Tahun	Stasiun Hujan Singosari (mm)	Stasiun Hujan Karangploso (mm)	Stasiun Hujan Blimbing (mm)	Kumulatif Stasiun Hujan Singosari (mm)	Rata - Rata Stasiun Pembanding (mm)	Kumulatif Stasiun Pembanding (mm)
2005	1425	1580	1997	1425	1788,500	1788,500
2006	1645	1688	2117	3070	1902,500	3691,000
2007	818	1333	1911	3888	1622,000	5313,000
2008	719	1388	1775	4607	1581,500	6894,500
2009	2416	1082	1627	7023	1354,500	8249,000
2010	4776	3407	3846	11799	3626,500	11875,500
2011	2631	2430	2074	14430	2252,000	14127,500
2012	2053	1955	1547	16483	1751,000	15878,500
2013	2683	1983	2458	19166	2220,500	18099,000
2014	2039	1609	3197	21205	2403,000	20502,000

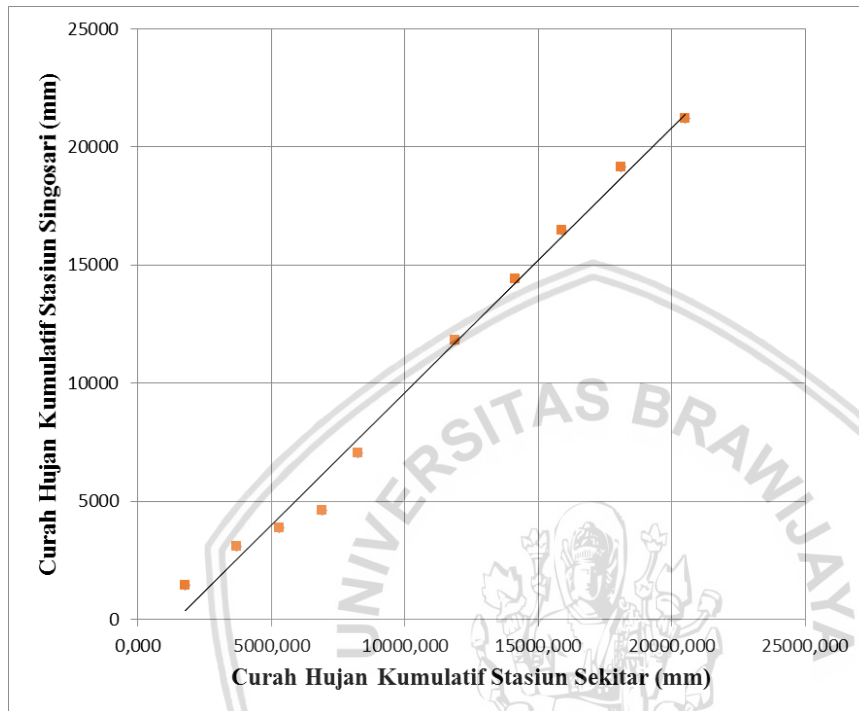
Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Contoh perhitungan pada tahun 2012.

$$\begin{aligned}
 \text{Kumulatif Stasiun Singosari} &= \text{curah hujan pada tahun tersebut} + \text{curah hujan} \\
 &\quad \text{kumulatif tahun sebelumnya} \\
 &= 2053 + 14430 \\
 &= 16483 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Rerata stasiun pembanding = hasil rata-rata curah hujan dari stasiun lainnya (Stasiun Karangploso dan Stasiun Blimbing)

$$= (1955+1547)/2$$

$$= 1751 \text{ mm}$$


Gambar 4.4 Kurva Massa Ganda Stasiun Hujan Singosari
Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Dari hasil analisa kurva massa ganda pada data hujan di Stasiun Singosari di atas tidak ditemukan terjadi penyimpangan data sehingga tidak diperlukan faktor koreksi data. Hal ini berarti data hujan pada Stasiun Singosari adalah konsisten dan dapat digunakan dalam analisa selanjutnya.

Tabel 4.5 Uji Konsistensi Stasiun Hujan Blimbing

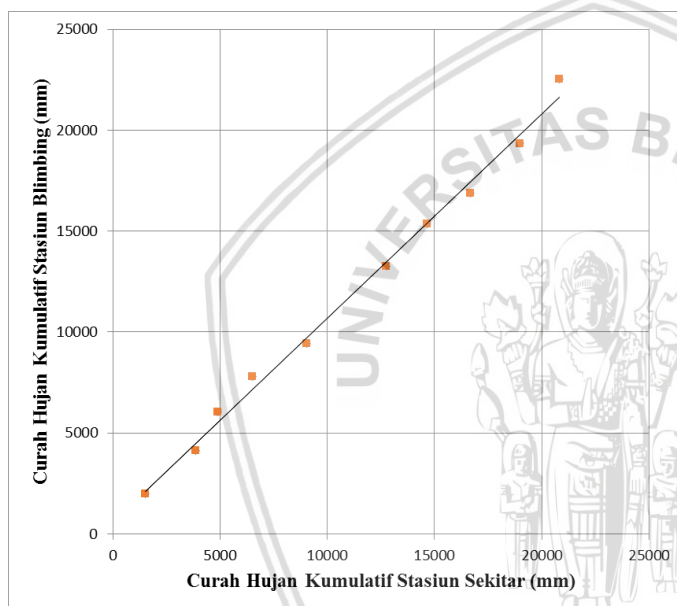
Tahun	Stasiun Hujan Blimbing (mm)	Stasiun Hujan Karangploso (mm)	Stasiun Hujan Singosari (mm)	Kumulatif Stasiun Hujan Blimbing (mm)	Rata - Rata Stasiun Pembanding (mm)	Kumulatif Stasiun Pembanding (mm)
2005	1997	1580	1425	1997	1502,500	1502,500
2006	2117	1688	1645	4114	1666,500	3169,000
2007	1911	1333	818	6025	1075,500	4244,500
2008	1775	1388	719	7800	1053,500	5298,000
2009	1627	1082	2416	9427	1749,000	7047,000
2010	3846	3407	4776	13273	4091,500	11138,500
2011	2074	2430	2631	15347	2530,500	13669,000
2012	1547	1955	2053	16894	2004,000	15673,000
2013	2458	1983	2683	19352	2333,000	18006,000
2014	3197	1609	2039	22549	1824,000	19830,000

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Contoh perhitungan pada tahun 2012.

$$\begin{aligned} \text{Kumulatif Stasiun Blimbing} &= \text{curah hujan pada tahun tersebut} + \text{curah hujan} \\ &\text{kumulatif tahun sebelumnya} \\ &= 1547 + 15347 \\ &= 16894 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rerata stasiun pembanding} &= \text{hasil rata-rata curah hujan dari stasiun lainnya} \\ &\text{(Stasiun Karangploso dan Stasiun Singosari)} \\ &= (1955+1547)/2 \\ &= 1751 \text{ mm} \end{aligned}$$



Gambar 4.5 Kurva Massa Ganda Stasiun Hujan Blimbing
Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Dari hasil analisa kurva massa ganda pada data hujan di Stasiun Blimbing di atas tidak ditemukan terjadi penyimpangan data sehingga tidak diperlukan faktor koreksi data. Hal ini berarti data hujan pada Stasiun Blimbing adalah konsisten dan dapat digunakan dalam analisa selanjutnya.

4.1.2 Uji *Inlier–Outlier*

Data yang telah konsisten kemudian perlu diuji lagi dengan uji abnormalitas. Uji ini digunakan untuk mengetahui apakah data maksimum dan minimum dari rangkaian data yang ada layak digunakan atau tidak. Uji yang digunakan adalah Uji *Inlier–Outlier*, dimana data yang menyimpang dari dua batas ambang, yaitu ambang bawah (XL) dan ambang atas (XH) akan dihilangkan. Untuk mencari nilai ambang bawah (XL) dan ambang atas (XH) digunakan Persamaan (2-4) dan (2-5) pada halaman 12.

Untuk mencari apakah data hujan yang dimiliki berada diantara nilai batas atas dan batas bawah, maka langkah – langkah mencari adalah sebagai berikut:

1. Urutkan data curah hujan mulai dari data curah hujan setiap tahunnya.
2. Hitung nilai Log dari data curah hujan setiap tahunnya.
3. Cari nilai Kn pada tabel sesuai dengan jumlah data yang kita gunakan.
4. Hitung nilai rata – rata dan standar deviasi dari data curah hujan yang sudah diurutkan.
5. Hitung nilai ambang atas dan nilai ambang bawah menggunakan rumus yang ada di persamaan (2-4) dan (2-5) pada halaman 12.

Tabel 4.6 Uji *Inlier-Outlier* Stasiun Hujan Karangploso

No.	Tahun	Curah Hujan (mm)	Log x
1	2010	3407	3,532
2	2011	2430	3,386
3	2013	1983	3,297
4	2012	1955	3,291
5	2006	1688	3,227
6	2014	1609	3,207
7	2005	1580	3,199
8	2008	1388	3,142
9	2007	1333	3,125
10	2009	1082	3,034
Stdev		=	0,142
Mean		=	3,244
Kn		=	2,036
Nilai Ambang Atas (Xh)		=	3407,338
Nilai Ambang Bawah (Xl)		=	902,9856

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Contoh perhitungan pada tahun 2012.

$$\begin{aligned} \text{Log } x &= \log (\text{curah hujan}) \\ &= \log (1955) \\ &= 3,291 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Stdev} &= \text{Stdev} (\log x) \\ &= 0,142 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mean} &= \text{rata-rata} (\log x) \\ &= 3,244 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kn} &= \text{nilai Kn dapat dilihat pada Tabel 2.2. jumlah data} \\ &\text{sebanyak 10 tahun (2005-2015) maka nilai Kn =} \\ &2,036 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Nilai ambang atas (XH)} &= \text{Exp} (X\text{rerata} + \text{Kn} \cdot S) \\ &= 10^{(3,244 + 2,036 \cdot 0,142)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 3407,338 \\
 \text{Nilai ambang bawah (XL)} &= \text{Exp} (X_{\text{rerata}} - K_n \cdot S) \\
 &= 10^{(3,244 - 2,036 \cdot 0,142)} \\
 &= 902,9856
 \end{aligned}$$

Dari Uji *Inlier – Outlier* diatas diketahui bahwa semua data hujan pada Stasiun 1 berada dalam batas ambang bawah (XL) dan batas ambang atas (XL). Untuk perhitungan Uji *Inlier–Outlier* pada stasiun lainnya (Stasiun Hujan Sigonsari dan Blimbing) akan ditampilkan di lampiran.

Dilakukan uji *Inlier – Outlier* ini bertujuan untuk mengetahui apakah data hujan yang dipakai terdapat penyimpangan data hujan atau tidak. Ketika data hujan terdapat penyimpangan maka perlu ditinjau lagi data hujan, dan apabila tidak terjadi penyimpangan maka data hujan bisa digunakan untuk langkah selanjutnya

4.2 Penetapan Daerah Rawan Longsor

Pada prinsipnya longsor terjadi apabila gaya pendorong pada lereng lebih besar dari pada gaya penahan. Gaya pendorong dipengaruhi oleh besarnya sudut lereng, air, batuan, beban dan berat jenis tanah. Sedangkan gaya penahan umumnya dipengaruhi oleh kekuatan batuan dan kepadatan tanah.

Penetapan daerah rawan bencana tanah longsor dilakukan melalui identifikasi dan inventarisasi karakteristik fisik alami yang merupakan faktor-faktor pendorong yang menyebabkan terjadinya longsor.

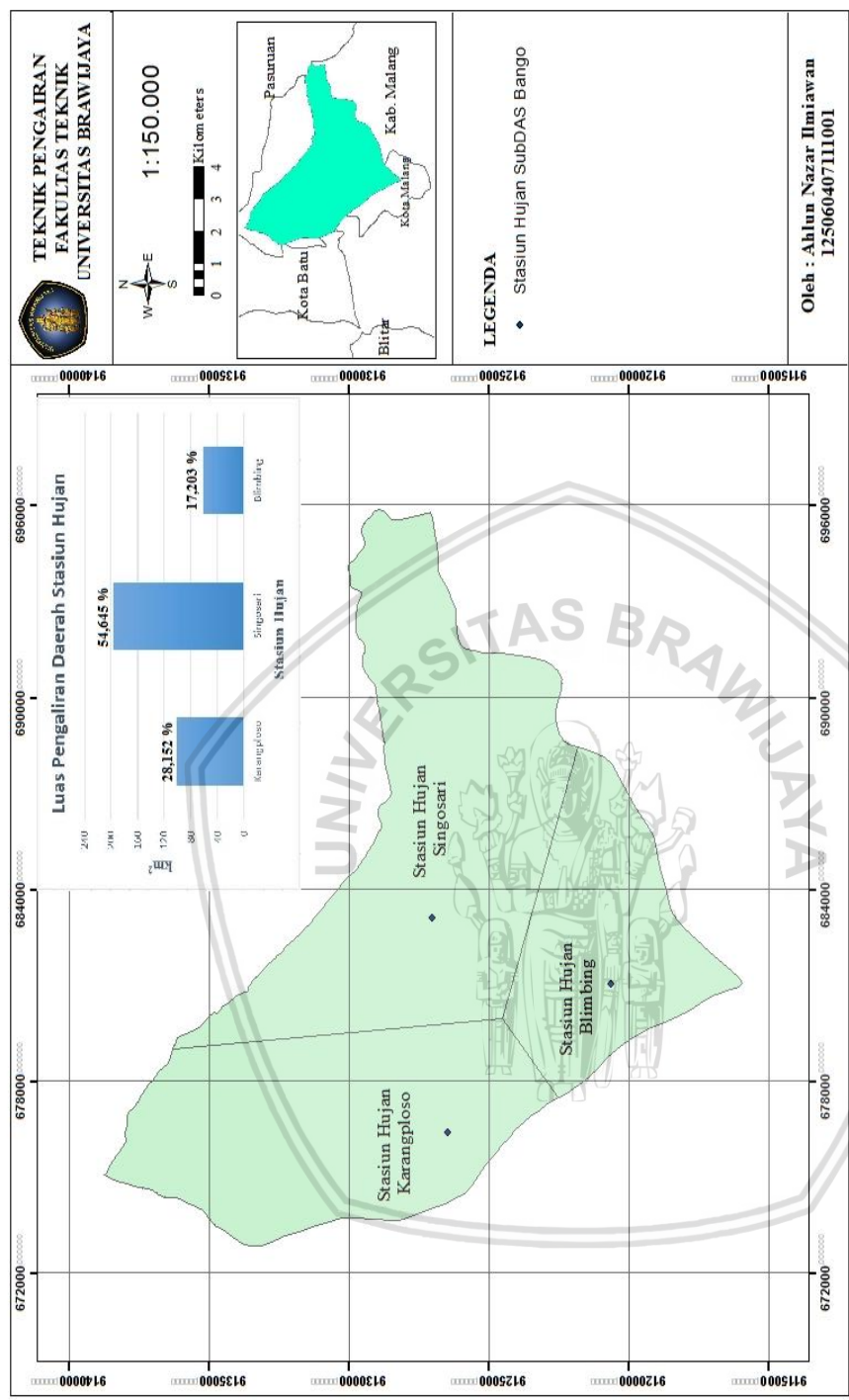
Dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum (Permen PU) No.22 tahun 2007 dibagi menjadi 2 (dua) aspek terjadinya bencana longsor, yaitu:

4.2.1 Aspek Fisik Alami

Aspek fisik alami adalah aspek yang mempengaruhi terjadi bencana longsor dengan adanya kondisi alam disuatu daerah. Dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 22 Tahun 2007 ditetapkan 7 faktor yang menyebabkan bencana longsor, yaitu:

4.2.1.1 Poligon Thiessen

Pembuatan peta curah hujan menggunakan metode *Poligon Thiessen* karena data curah hujan dari satu stasiun pengamatan dapat dipakai untuk daerah pengaliran di sekitar stasiun pengamatan.



Gambar 4.6
Poligon Thiessen
SubDAS Bango
Sumber: Hasil Analisa, 2018

Pada Gambar 4.6 terdapat 3 stasiun hujan yang dipakai untuk membuat peta curah hujan di SubDAS Bango. Dan mendapatkan hasil luasan lihat pada Tabel 4.7 dibawah ini.

Tabel 4.7 Luas Stasiun Hujan Pengamatan

Stasiun Hujan	Luas	Presentase
	km ²	%
Karangploso	101,417	28,152
Singosari	196,855	54,645
Blimbing	61,972	17,203
Total	360,244	100

Sumber: Hasil Analisa, 2018

4.2.1.2 Kemiringan Lereng

Kemiringan lereng merupakan faktor yang mempengaruhi terjadi longsor di suatu daerah. Bencana longsor umumnya terjadi pada suatu daerah berlereng. Semakin terjal kemiringan lereng daerah tersebut, maka semakin tinggi potensi terjadi bencana longsor. Oleh karena itu perlu adanya analisa kemiringan pada lereng wilayah studi dengan menentukan potensi bencana longsor. Dalam Peraturan Menteri No. 22 Tahun 2007 bahwa lereng diklasifikasikan menjadi 3 zona:

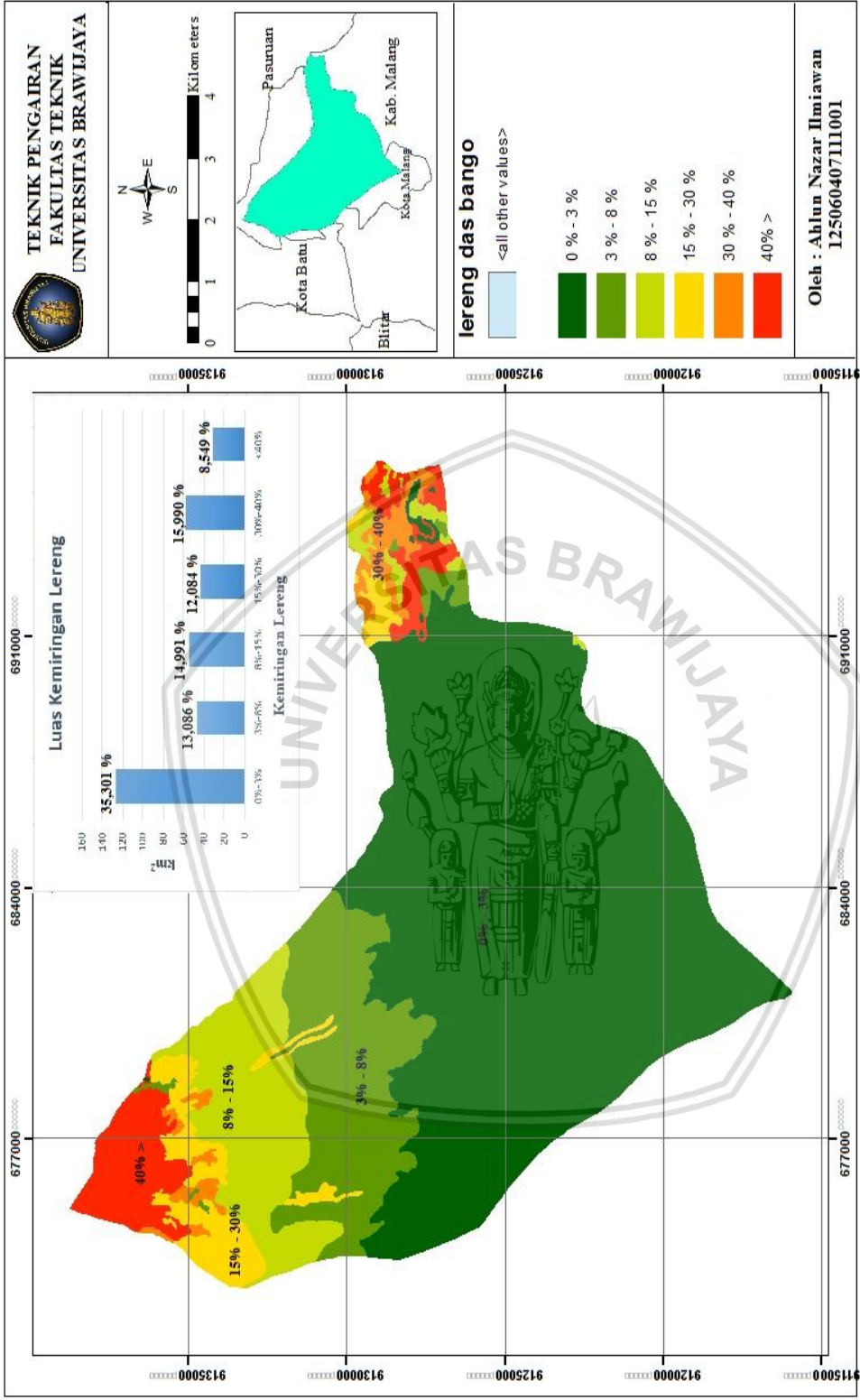
1. Zona A dengan kemiringan lereng lebih dari 40% (>40%).
2. Zona B dengan kemiringan lereng yang berada antara 25% - 40%.
3. Zona C dengan kemiringan lereng yang berada antara 0% - 25%.

Sedangkan di SubDAS Bango diklasifikasikan menjadi 6 bagian, yaitu:

Tabel 4.8 Kemiringan Lereng SubDAS Bango

No.	Kemiringan Lereng
	%
1	0% - 3%
2	3% - 8%
3	8% - 15%
4	15% - 30%
5	30% - 40%
6	> 40%

Sumber: Hasil Analisa, 2018



Gambar 4.7 Peta Kemiringan Lereng SubDAS Bango Sumber: UPT PSDA WS Bango Gedangan, 2016



Pada Gambar 4.7 kemiringan lereng di SubDAS Bango terbagi menjadi 6 bagian, yaitu:

1. Kemiringan antara 0% - 3%.
2. Kemiringan antara 3% - 8%.
3. Kemiringan antara 8% - 15%.
4. Kemiringan antara 15% - 30%.
5. Kemiringan antara 30% - 40%.
6. Kemiringan antara < 40%.

Pada kemiringan lereng (0%-3%) – (8%-15%) termasuk dalam Zona C karena kemiringan lereng ini masih termasuk landai, dan tidak terlalu rawan mengalami bencana longsor.

Pada kemiringan lereng (15%-30%) – (30%-40%) termasuk dalam Zona B karena kemiringan lerengnya sudah terjal. Daerah ini mulai rawan terjadi bencana longsor karena karakteristik lerengnya.

Pada kemiringan lereng < 40% termasuk dalam Zona A karena kemiringannya terjal dengan potensi terjadi bencana longsor sangat tinggi perlu adanya perhatian khusus pada daerah dengan kemiringan lereng ini.

Kemiringan lereng di SubDAS Bango didominasi oleh lereng dengan kemiringan 0%-3% dengan luas sebesar 127,17 km² dan lereng dengan kemiringan paling sedikit adalah 30%-40% dengan luas sebesar 30,797 km².

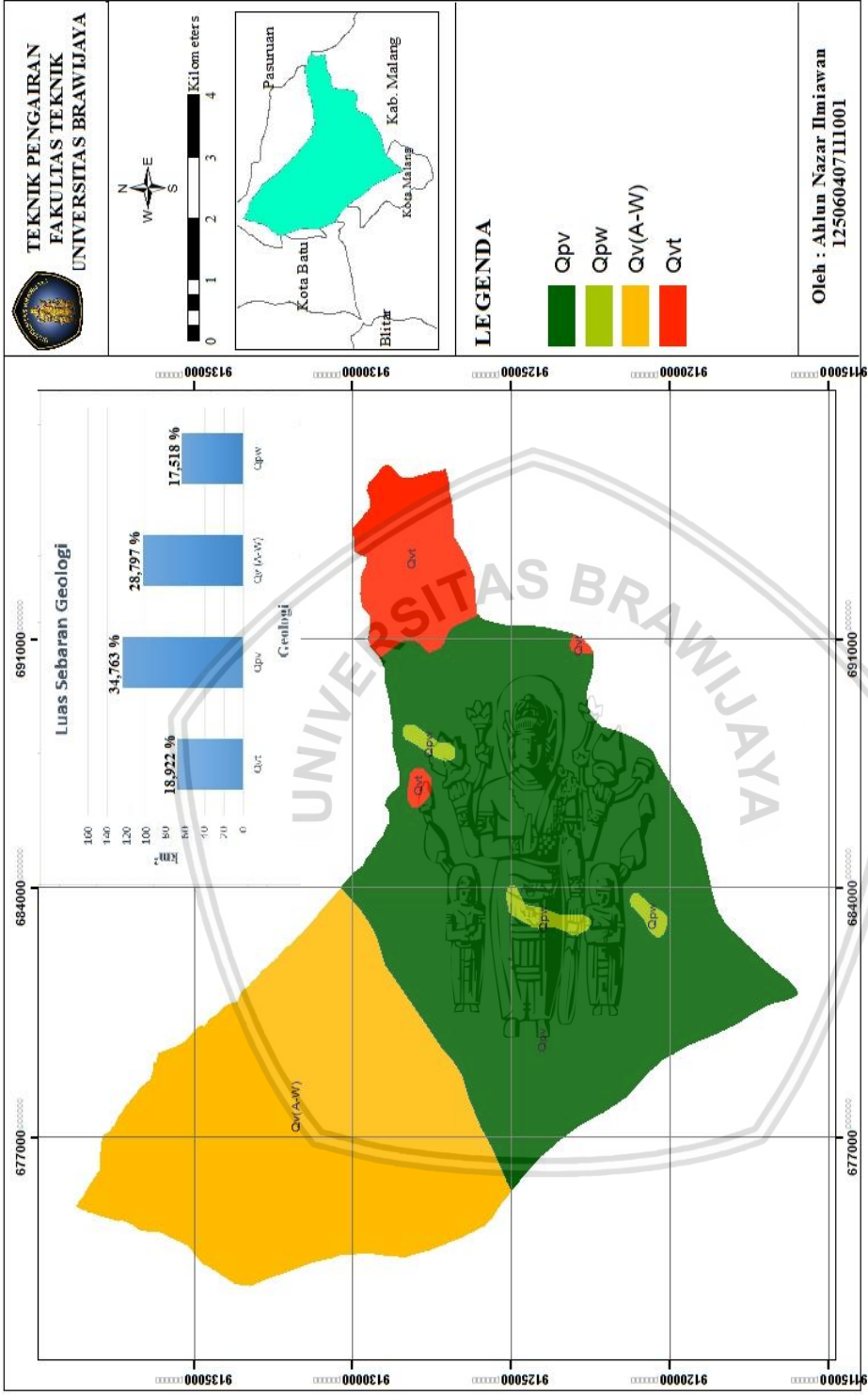
Tabel 4.9 Sebaran Luas Kemiringan Lereng SubDAS Bango

Kemiringan	Luas	Presentase
	km ²	%
0%-3%	127,17	35,301
3%-8%	47,14	13,086
8%-15%	54,003	14,991
15%-30%	43,532	12,084
30%-40%	57,602	15,990
<40%	30,797	8,549
Total	360,244	100

Sumber: Hasil Analisa, 2018

4.2.1.3 Geologi

Kondisi geologi suatu daerah yang perlu diperhatikan meliputi kondisi fisik batuan, susunan, kedudukan batuan, umur batuan dan struktur geologi. Struktur geologi atau batuan merupakan salah satu faktor yang menyebabkan terjadi bencana longsor.



Gambar 4.8
Peta Geologi SubDAS Bango
Sumber: UPT PSDA WS Bango Gedangan, 2016

Pada Gambar 4.8, sebaran geologi pada SubDAS Bango, diantaranya:

1. Qpw: Formasi Welang (Batupasir tufan, batupasir, lempung, konglomerat dan tuf).
2. Qpv: Batuan Gunungapi Panderman (Breksi gunungapi, lava, tuf, breksi tufan, anglomerat dan lahar Gunung Pandrman).
3. Qvt: Batuan Gunungapi Tengger (Tuf pasiran, tuf batuapung, breksi tufan dan tuf halus).
4. Qv (A-W): Batuan Gunungapi Arjuna-Welirang (Breksi gunungapi, lava, breksi tufan dan tuf).

Sebaran geologi didominasi oleh Qpv dengan luas sebesar 125,232 km² dan paling sedikit adalah Qpw dengan luas sebesar 68,164 km².

Pada SubDAS Bango terdapat sesar di beberapa desa di Kecamatan Tirtomoyo dengan kondisi geologi Qvt (batuan Gunungapi Tengger).

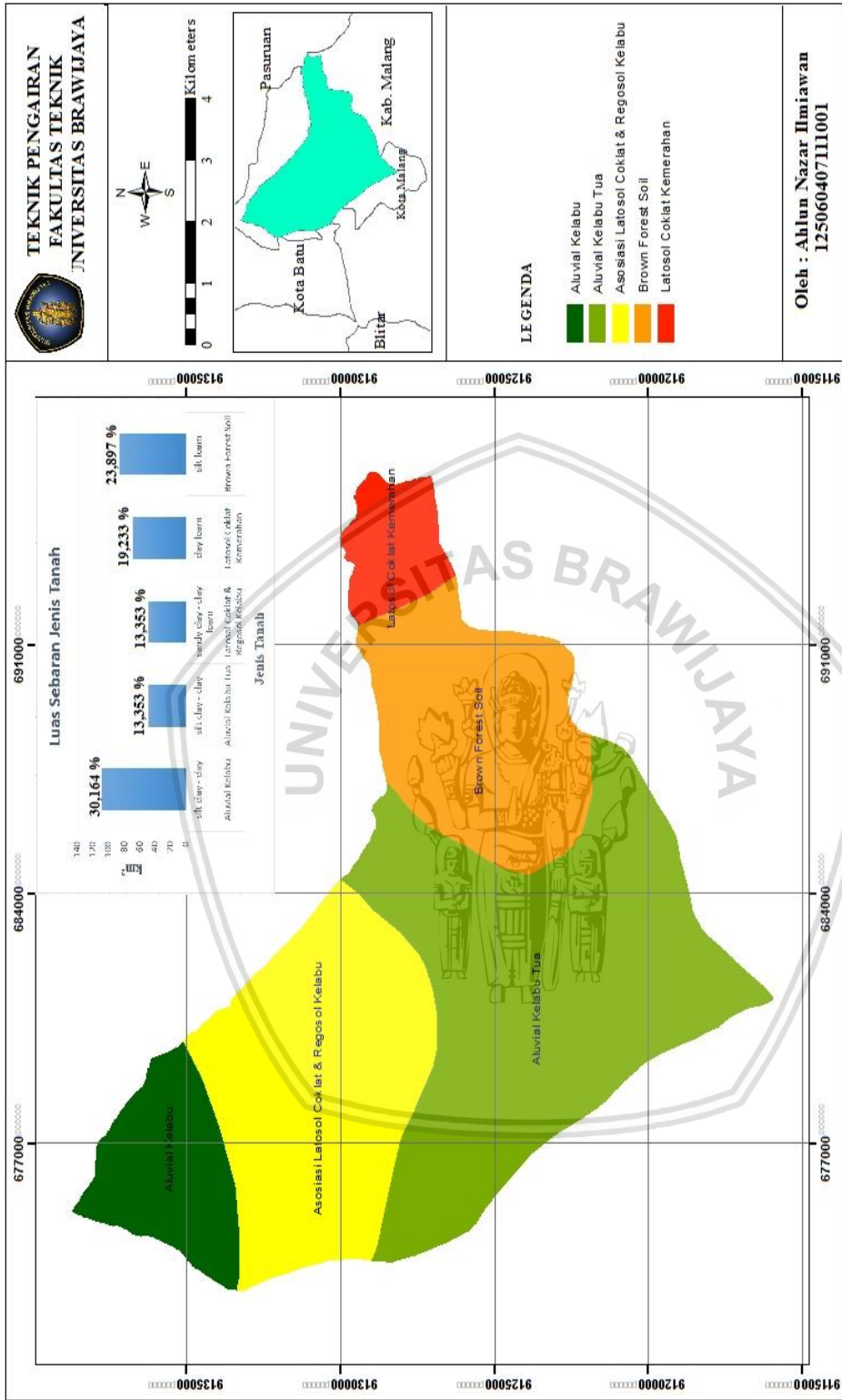
Tabel 4.10 Sebaran Luas Geologi SubDAS Bango

Geologi	Luas	Presentase
	km ²	%
Qvt	68,164	18,922
Qpv	125,232	34,763
Qv (A-W)	103,741	28,797
Qpw	63,107	17,518
Total	360,244	100

Sumber: Hasil Analisa, 2018

4.2.1.4 Jenis Tanah

Jenis tanah disuatu daerah juga merupakan faktor penting dalam potensi terjadi bencana longsor. Semakin cepat tanah menyerap air maka akan mempengaruhi kejenuhan air dalam tanah yang mengakibatkan karakteristik tanah menurun. Penurunan inilah yang menjadi akibat kuat geser tanah menjadi rawan longsor.



Gambar 4.9 Peta Jenis Tanah SubDAS Bango Sumber: UPT PSDA WS Bango Gedangan, 2016



Pada Gambar 4.9, bahwa sebaran jenis tanah di SubDAS Bango terbagi rata dengan komposisinya antara lain:

1. Aluvial kelabu.
2. Aluvial kelabu tua.
3. Latosol & regosol.
4. Latosol coklat kemerahan.
5. Brown forest soil.

Tabel 4.11 Sebaran Luas Jenis Tanah SubDAS Bango

Jenis Tanah	Tekstur	Luas	Presentase
		km ²	%
Aluvial Kelabu	silt clay - clay	108,664	30,164
Aluvial Kelabu Tua	silt clay - clay	48,105	13,353
Latosol Coklat & Regosol Kelabu	sandy clay - clay loam	48,105	13,353
Latosol Coklat Kemerahan	clay loam	69,284	19,233
Brown Forest Soil	silt loam	86,086	23,897
Total		360,244	100

Sumber: Hasil Analisa, 2018

4.2.1.5 Tata Air Lereng

Sumber air bawah permukaan tanah bisa menjadi salah satu penyebab terjadi bencana longsor secara alami. Ciri-cirinya adalah sering muncul rembesan air atau mata air pada lereng di daerah tersebut, terutama pada bidang kontak antara batuan kedap air dengan lapisan tanah yang lebih *permeable*.

4.2.1.6 Vegetasi

Keseragaman vegetasi juga merupakan salah satu faktor penyebab bencana longsor. Hal ini karena vegetasi atau tanaman mempunyai kemampuan untuk menyerap air ke dalam tanah, sehingga meminimalisir nilai kuat geser tanah menjadi kecil. Untuk itu diperlukan vegetasi atau tanaman yang sekiranya kuat menyerap air dan menahan kuat geser tanah sehingga potensi bencana longsor bisa diminimalkan.

4.2.1.7 Sejarah Gempa

Gempa bumi adalah getaran yang ditimbulkan karena adanya gerakan endogen. Hentakan gempa dapat menyebabkan keluarnya massa tanah dan massa batuan yang dapat memicu bencana longsor.

Tabel 4.12 Data Sejarah Gempa Kabupaten Malang Tahun 2013

No.	Tanggal	Koordinat	Mag (SR)
1	02-Feb-13	09.69 LS & 112.92 BT	4.6
2	19-Mar-13	08.15 LS & 111.57 BT	3.5
3	31-Mar-13	09.18 LS & 112.69 BT	4.4
4	13-Jun-13	10.35 LS & 107.04 BT	6.5
5	13-Jun-13	08.77 LS & 107.72 BT	5.5
6	14-Jun-13	09.01 LS & 110.52 BT	4.7
7	08-Jul-13	09.16 LS & 113.00 BT	5.9
8	15-Jul-13	09.39 LS & 112.00 BT	5.0
9	08-Agu-13	08.89 LS & 110.87 BT	5.5
10	05-Okt-13	09.93 LS & 112.48 BT	4.9

Sumber: Stasiun Geofisika Karangates, 2014

4.2.2 Aspek Aktivitas Manusia

Aspek aktivitas manusia adalah aspek yang mempengaruhi terjadi bencana longsor dengan adanya aktivitas manusia didaerah tersebut.

Dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 22 Tahun 2007 ditetapkan 7 faktor yang mempengaruhi bencana longsor, yaitu:

1. Pola tanam.
2. Penggalian dan pemotongan lereng.
3. Pencetakan kolam.
4. Drainase.
5. Pembangunan konstruksi,
6. Kepadatan penduduk,
7. Usaha mitigasi.

Untuk memperoleh data aspek aktivitas manusia yang diperlukan maka digunakan buku Kabupaten Malang Dalam Angka Tahun 2017.

4.3 Skoring Sebaran Daerah Rawan Longsor

Untuk mendapatkan peta sebaran daerah rawan longsor digunakan skoring setiap faktor dari 2 (dua) aspek yang menyebabkan bencana longsor. Skoring aspek alami dilakukan dengan cara bobot faktor dikalikan dengan bobot penilaian. Didapatkan nilai bobot tingkat rawan longsor tiap faktor. Kemudian skor baru tersebut dijumlahkan dan ditetapkan sebagai skor total aspek alami. Penentuan skoring aspek manusia juga sama seperti penentuan skoring aspek alami. Maka didapatkan skor total dari 2 (dua) aspek

tersebut. Skor total inilah yang nantinya akan diklasifikasikan berdasarkan kelas rawan longsor menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum (Permen PU) No. 22 Tahun 2007.

Penentuan kelas rawan longsor berdasarkan zona rawan dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum (Permen PU) No. 22 Tahun 2007 longsor agar memudahkan pembacaan pada hasil peta rawan longsor.

4.3.1 Skoring Zona A

Zona dengan kemiringan lereng yang berada diatas 40% (>40%). Zona A terdiri dari beberapa wilayah, yaitu: Lawang dan Jabung

Tabel 4.13 Skoring Zona A Kemiringan Lereng >40%

No.	Faktor	Keterangan	Bobot Faktor	Bobot Penilaian	Skor
			%		
Aspek Fisik Alami					
1	Kemiringan Lereng	> 40%	30%	3	0,9
2	Jenis Tanah	Alluvial kelabu	15%	2	0,3
3	Geologi	Qv (A-W)	20%	1	0,2
4	Curah Hujan	1650 mm/th	15%	2	0,4
5	Tata Air Lereng	Jarang muncul rembesan	7%	2	0,14
6	Gempa	Rawan gempa	3%	3	0,09
7	Vegetasi	Hutan	10%	3	0,03
Jumlah Aspek Fisik Alami			100%	2,06	
Aspek Aktivitas Manusia					
1	Pola Tanam	Teratur dan tepat tapi tidak intensif	10%	1	0,1
2	Penggalian dan Pematangan Lereng	Rendah dan memperhatikan struktur tanah/batuan	20%	2	0,4
3	Pencetakan Kolam	Jarang terjadi pencetakan kolam	10%	2	0,2
4	Drainase	Tidak memadai tapi ada usaha memperbaiki	10%	2	0,2
5	Pembangunan Kontruksi	Beban besar tapi tidak melampaui daya dukung tanah	20%	2	0,4
6	Kepadatan Penduduk	> 50 Jiwa/Ha	20%	3	0,6
7	Usaha Mitigasi	Ada usaha, tapi belum terorganisir	10%	2	0,2
Jumlah Aspek Aktivitas Manusia			100%	2,1	
Skor Tingkat Rawan Longsor				2,08	

Sumber: Hasil Analisa, 2018

4.3.2 Skoring Zona B

Zona dengan kemiringan lereng yang berada antara 25% - 40%. Zona B terdiri dari beberapa wilayah, yaitu: Lawang, Jabung, Singosari, Dau dan Bumiaji.

Zona B dibagi menjadi 2:

1. Kemiringan lereng antara 30% - 40%.
2. Kemiringan lereng antara 15% - 30%.

Tabel 4.14 Skoring Zona B Kemiringan Lereng 30% - 40%

No.	Faktor	Keterangan	Bobot Faktor	Bobot Penilaian	Skor
			%		
Aspek Fisik Alami					
1	Kemiringan Lereng	30% - 40%	30%	3	0,9
2	Jenis Tanah	Latosol coklat kemerahan	15%	2	0,3
3	Geologi	Qv	20%	3	0,6
4	Curah Hujan	2120,5 mm/th	15%	2	0,4
5	Tata Air Lereng	Tidak muncul rembesan	7%	1	0,07
6	Gempa	Rawan gempa	3%	3	0,09
7	Vegetasi	Semak belukar	10%	3	0,03
Jumlah Aspek Fisik Alami			100%	2,39	
Aspek Aktivitas Manusia					
1	Pola Tanam	Tepat tapi tidak intensif	10%	1	0,1
2	Penggalian dan Pematangan Lereng	Rendah dan memperhatikan struktur tanah/batuan	20%	2	0,4
3	Pencetakan Kolam	Jarang terjadi pencetakan kolam	10%	2	0,2
4	Drainase	Tidak memadai, ada usaha memperbaiki	10%	2	0,2
5	Pembangunan Kontruksi	Beban tidak besar dan tidak melampaui daya dukung tanah	20%	1	0,2
6	Kepadatan Penduduk	> 50 Jiwa/Ha	20%	3	0,6
7	Usaha Mitigasi	Ada usaha, tapi belum terorganisir	10%	2	0,2
Jumlah Aspek Aktivitas Manusia			100%	1,9	
Skor Tingkat Rawan Longsor				2,145	

Sumber: Hasil Analisa, 2018

Tabel 4.15 Skoring Zona B Kemiringan Lereng 15% - 30%

No.	Faktor	Keterangan	Bobot Faktor	Bobot Penilaian	Skor
			%		
Aspek Fisik Alami					
1	Kemiringan Lereng	15% - 30%	30%	2	0,6
2	Jenis Tanah	Campuran latosol coklat & regosol kelabu	15%	1	0,15
3	Geologi	Qv (A-W)	20%	1	0,2
4	Curah Hujan	2120,5 mm/th	15%	2	0,4
5	Tata Air Lereng	Sering muncul rembesan	7%	3	0,21
6	Gempa	Rawan gempa	3%	3	0,09
7	Vegetasi	Hutan	10%	3	0,03
Jumlah Aspek Fisik Alami			100%	1,68	
Aspek Aktivitas Manusia					
1	Pola Tanam	Tepat tapi tidak intensif	10%	1	0,1
2	Penggalian dan Pematangan Lereng	Rendah dan memperhatikan struktur tanah/batuan	20%	2	0,4
3	Pencetakan Kolam	Jarang terjadi pencetakan kolam	10%	2	0,2
4	Drainase	Tidak Memadai, ada usaha memperbaiki	10%	2	0,2
5	Pembangunan Kontruksi	Beban besar tapi tidak melampaui daya dukung tanah	20%	2	0,4
6	Kepadatan Penduduk	> 50 Jiwa/Ha	20%	3	0,6
7	Usaha Mitigasi	Ada usaha, tapi belum terorganisir	10%	2	0,2
Jumlah Aspek Aktivitas Manusia			100%	2,1	
Skor Tingkat Rawan Longsor				1,89	

Sumber: Hasil Analisa, 2018

4.3.3 Skoring Zona C

Zona dengan kemiringan lereng yang berada antara 0% - 25%. Zona C terdiri dari beberapa wilayah, yaitu: Lawang, Jabung, Singosari, Dau, Junrejo, Blimbing, Pakis, Kedungkandang.

Zona C dibagi menjadi 3:

1. Kemiringan lereng antara 8% - 15%.
2. Kemiringan lereng antara 3% - 8%.
3. Kemiringan lereng antara 0% - 3%.

Tabel 4.16 Skoring Zona C Kemiringan Lereng 8% - 15%

No.	Faktor	Keterangan	Bobot Faktor %	Bobot Penilaian	Skor
Aspek Fisik Alami					
1	Kemiringan Lereng	8% - 15%	30%	2	0,6
2	Jenis Tanah	Campuran latosol coklat & regosol kelabu	15%	1	0,15
3	Geologi	Qv (A-W)	20%	1	0,2
4	Curah Hujan	1650 mm/th	15%	2	0,4
5	Tata Air Lereng	Jarang muncul rembesan	7%	2	0,14
6	Gempa	Rawan gempa	3%	3	0,09
7	Vegetasi	Hutan	10%	3	0,03
Jumlah Aspek Fisik Alami			100%	1,61	
Aspek Aktivitas Manusia					
1	Pola Tanam	Tepat tapi tidak intensif	10%	1	0,1
2	Penggalian dan Pematangan Lereng	Rendah dan memperhatikan struktur tanah/batuan	20%	2	0,4
3	Pencetakan Kolam	Jarang terjadi pencetakan kolam	10%	2	0,2
4	Drainase	Tidak memadai, tidak ada usaha memperbaiki	10%	1	0,1
5	Pembangunan Kontruksi	Beban besar tapi tidak melampaui daya dukung tanah	20%	2	0,4
6	Kepadatan Penduduk	> 50 Jiwa/Ha	20%	3	0,6
7	Usaha Mitigasi	Ada usaha, tapi belum terorganisir	10%	2	0,2
Jumlah Aspek Aktivitas Manusia			100%	2	
Skor Tingkat Rawan Longsor				1,805	

Sumber: Hasil Analisa, 2018

Tabel 4.17 Skoring Zona C Kemiringan Lereng 3% - 8%

No.	Faktor	Keterangan	Bobot Faktor %	Bobot Penilaian	Skor
Aspek Fisik Alami					
1	Kemiringan Lereng	3% - 8%	30%	1	0,3
2	Jenis Tanah	Campuran latosol coklat & regosol kelabu	15%	1	0,15
3	Geologi	Qpv	20%	1	0,2
4	Curah Hujan	2120,5 mm/th	15%	2	0,4
5	Tata Air Lereng	Sering muncul rembesan	7%	3	0,21
6	Gempa	Rawan gempa	3%	3	0,09
7	Vegetasi	Sawah	10%	1	0,01
Jumlah Aspek Fisik Alami			100%	1,36	
Aspek Aktivitas Manusia					
1	Pola Tanam	Tepat dan sangat intensif	10%	2	0,2
2	Penggalian dan Pematangan Lereng	Rendah dan memperhatikan struktur tanah/batuan	20%	2	0,4
3	Pencetakan Kolam	Jarang terjadi pencetakan kolam	10%	2	0,2
4	Drainase	Tidak memadai, ada usaha memperbaiki	10%	2	0,2
5	Pembangunan Kontruksi	Beban besar tapi tidak melampaui daya dukung tanah	20%	2	0,4
6	Kepadatan Penduduk	> 50 Jiwa/Ha	20%	3	0,6
7	Usaha Mitigasi	Ada usaha, tapi belum terorganisir	10%	2	0,2
Jumlah Aspek Aktivitas Manusia			100%	2,2	
Skor Tingkat Rawan Longsor				1,78	

Sumber: Hasil Analisa, 2018

Tabel 4.18 Skoring Zona C Kemiringan Lereng 0% - 3%

No.	Faktor	Keterangan	Bobot Faktor %	Bobot Penilaian	Skor
Aspek Fisik Alami					
1	Kemiringan Lereng	0% - 3%	30%	1	0,3
2	Jenis Tanah	Aluvial Kelabu tua	15%	2	0,3
3	Geologi	Qpv	20%	1	0,2
4	Curah Hujan	2254,9 mm/th	15%	2	0,4
5	Tata Air Lereng	Tidak muncul rembesan	7%	1	0,07
6	Gempa	Rawan Gempa	3%	3	0,09
7	Vegetasi	Penukiman	10%	1	0,01
Jumlah Aspek Fisik Alami			100%	1,37	
Aspek Aktivitas Manusia					
1	Pola Tanam	Tidak tepat dan sangat sensitif	10%	3	0,3
2	Penggalian dan Pematangan Lereng	Rendah dan memperhatikan struktur tanah/batuan	20%	2	0,4
3	Pencetakan Kolam	Jarang terjadi pencetakan kolam	10%	2	0,2
4	Drainase	Tidak Memadai, ada usaha memperbaiki	10%	1	0,1
5	Pembangunan Kontruksi	Beban tidak besar dan tidak melampaui daya dukung tanah	20%	1	0,2
6	Kepadatan Penduduk	> 50 Jiwa/Ha	20%	3	0,6
7	Usaha Mitigasi	Ada usaha, tapi belum terorganisir	10%	2	0,2
Jumlah Aspek Aktivitas Manusia			100%	2	
Skor Tingkat Rawan Longsor				1,685	

Sumber: Hasil Analisa, 2018

Cara skoring per indikator dalam kedua aspek untuk menentukan rawan longsor dapat dilihat pada lampiran ketiga tentang analisa *ArcGIS*.

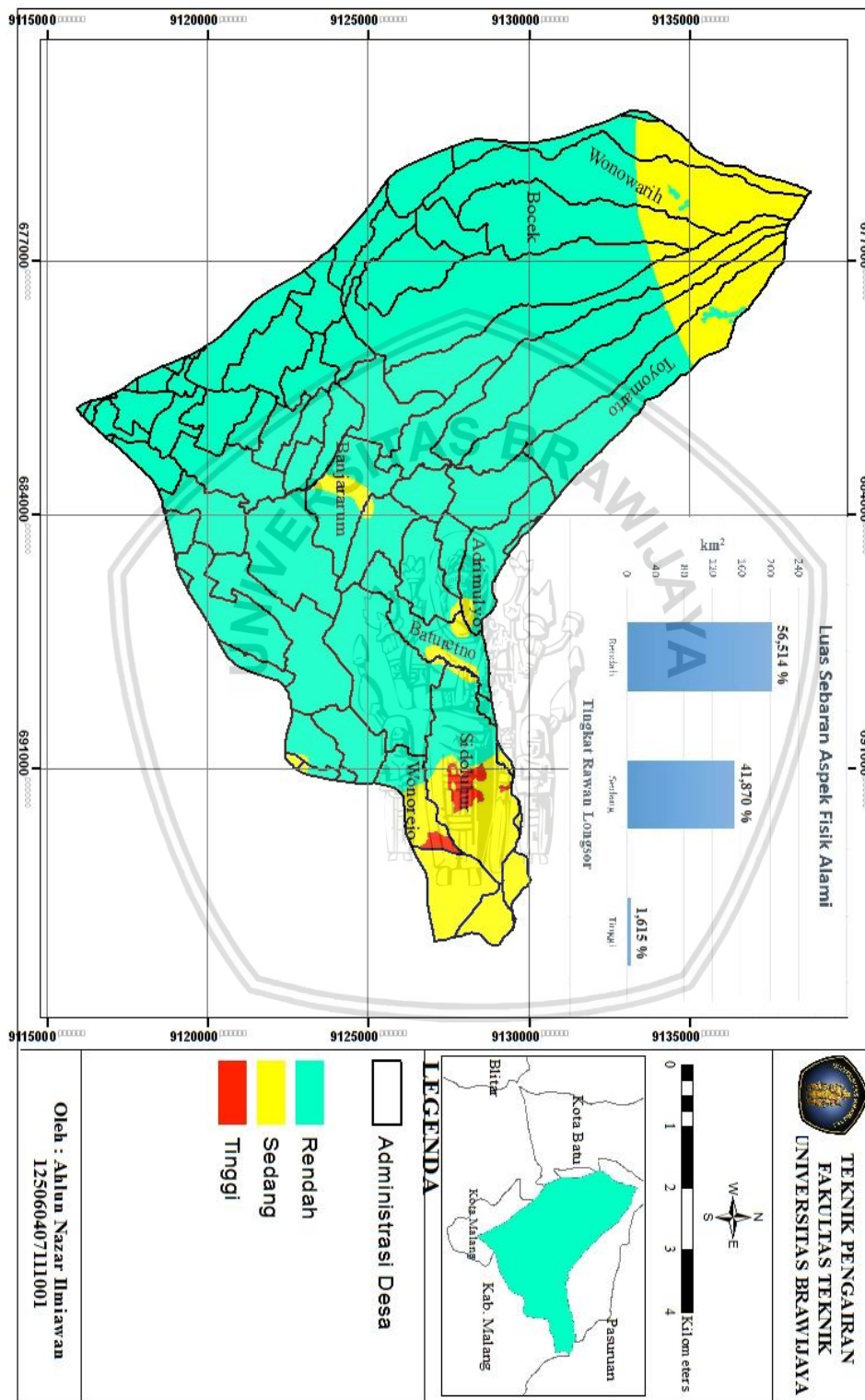
4.4 Hasil Peta Sebaran Rawan Longsor

Setelah melakukan skoring terhadap aspek fisik alami maupun aspek aktivitas manusia, maka didapatkan skor total dari masing-masing aspek. Untuk mendapatkan skor total tingkat rawan longsor, maka diperlukan *Overlay* atau penggabungan dari peta sebaran rawan longsor aspek fisik alami dengan peta sebaran rawan longsor aspek aktivitas manusia.

Hasil peta dari skoring aspek fisik alami dapat dilihat pada Gambar 4.10 dan peta dari skoring aspek aktivitas manusia dapat dilihat pada Gambar 4.11. Sedangkan hasil *Overlay* peta sebaran rawan longsor dari 2 (dua) aspek dapat dilihat pada Gambar 4.12.

4.5 Peta Sebaran Longsor Aspek Fisik Alami

Gambar 4.10
Peta Aspek Fisik Alami
Sumber: Hasil Analisa, 2018



Dalam Gambar 4.10 dapat dilihat bahwa hasil skoring menunjukkan bahwa aspek fisik alami didominasi oleh tingkat rawan zona berpotensi longsor rendah dengan nilai total skor antara 1,00 – 1,69. Sedangkan tingkat rawan zona berpotensi longsor sedang dengan nilai total skor 1,70 – 2,39 masih banyak. Untuk tingkat rawan zona berpotensi longsor tinggi dengan nilai total skor antara 2,40 – 3,00 sangat sedikit sekali.

Berarti pada aspek fisik alami ini dengan faktor-faktor didalamnya sangat kecil terjadi bencana longsor di SubDAS Bango.

Tabel 4.19 Sebaran Luas Aspek Fisik Alami SubDAS Bango

Potensi	Luas	Presentase
	km ²	%
Rendah	203,59	56,514
Sedang	150,835	41,870
Tinggi	5,819	1,615
Total	360,244	100

Sumber: Hasil Analisa, 2018

Pada Gambar 4.10 luas tingkat kerawanan rendah terkecil berada di Kecamatan Klojen dengan luas sebesar 2,26 km² (0,627%) dan tingkat kerawanan rendah tertinggi berada di Kecamatan Singosari dengan luas sebesar 87,501 km² (24,29%).

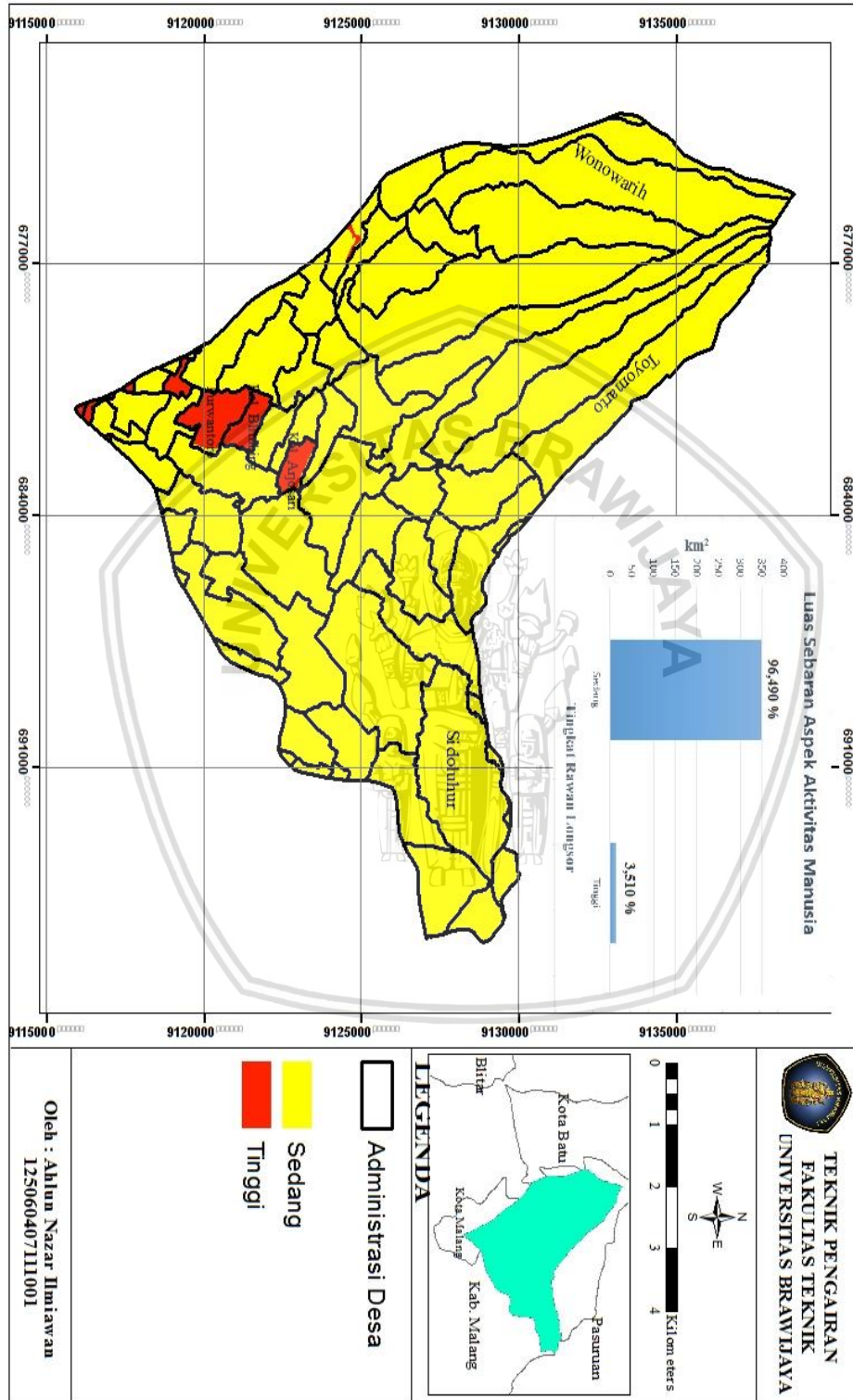
Sedangkan pada tingkat kerawanan sedang terkecil berada di Kecamatan Lawang dengan luas sebesar 15,523 km² (4,308%) dan tingkat kerawanan sedang tertinggi berada di Kecamatan Jabung dengan luas sebesar 57,033 km² (15,828%)

Dan tingkat kerawanan tinggi terkecil berada di Kecamatan Singosari dengan luas sebesar 0,879 km² (0,244%) dan tingkat kerawanan tinggi tertinggi berada di Kecamatan Lawang dengan luas sebesar 1,663 km² (0,462%).

Kecamatan Klojen menjadi kecamatan dengan tingkat rawan longsor terendah pada aspek fisik alami karena Kecamatan Klojen memiliki wilayah yang terkecil sedangkan Kecamatan Lawang menjadi kecamatan dengan tingkat rawan longsor tertinggi pada aspek fisik alami di SubDAS Bango karena Kecamatan Lawang memiliki luas wilayah yang besar. Peta Sebaran Longsor Aspek Aktivitas Manusia.

4.6 Peta Sebaran Longsor Aspek Aktivitas Manusia

Gambar 4.11
Peta Aspek Aktivitas Manusia
Sumber: Hasil Analisa, 2018



Dalam Gambar 4.11 dapat dilihat bahwa hasil skoring menunjukkan bahwa aspek aktivitas manusia didominasi oleh tingkat rawan zona berpotensi longsor sedang dengan nilai total skor 1,70 – 2,39. Untuk tingkat rawan zona berpotensi longsor tinggi dengan nilai total skor antara 2,40 – 3,00 sangat sedikit.

Berarti pada aspek aktivitas manusia ini dengan faktor-faktor didalamnya bisa mempengaruhi terjadi bencana longsor di SubDAS Bango.

Tingkat rawan zona berpotensi longsor sedang juga bisa berubah menjadi tingkat rawan zona berpotensi longsor tinggi apabila aktivitas manusia tidak mengikuti peraturan dan tidak mempunyai batasan.

Tabel 4.20 Sebaran Luas Aspek Aktivitas Manusia SubDAS Bango

Potensi	Luas	Presentase
	km ²	%
Sedang	347,6	96,490
Tinggi	12,644	3,510
Total	360,244	100

Sumber: Hasil Analisa, 2018

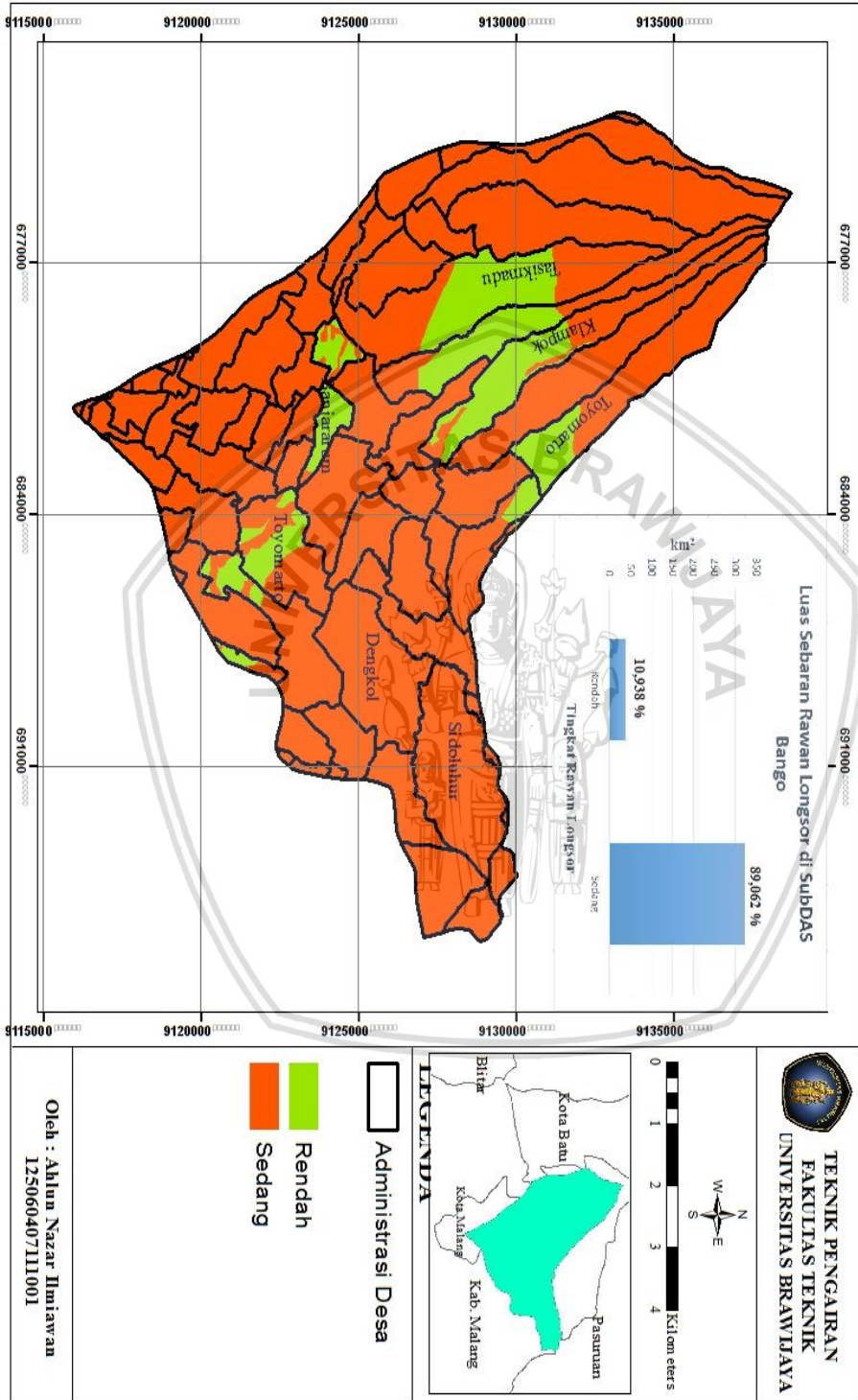
Pada Gambar 4.11 luas tingkat kerawanan sedang terkecil berada di Kecamatan Klojen dengan luas sebesar 1,303 km² (0,362%) dan tingkat kerawanan sedang tertinggi berada di Kecamatan Singosari dengan luas sebesar 112,89 km² (31,331%)

Sedangkan tingkat kerawanan tinggi terkecil berada di Kecamatan Singosari dengan luas sebesar 0,879 km² (0,244%) dan tingkat kerawanan tinggi tertinggi berada di Kecamatan Lawang dengan luas sebesar 1,663 km² (0,462%).

Kecamatan Klojen menjadi kecamatan dengan tingkat rawan longsor terendah pada aspek aktivitas manusia karena Kecamatan Klojen memiliki wilayah yang terkecil sedangkan Kecamatan Lawang menjadi kecamatan dengan tingkat rawan longsor tertinggi pada aspek fisik alami di SubDAS Bango karena Kecamatan Lawang memiliki luas wilayah terbesar. Peta Sebaran Rawan Longsor SubDAS Bango.

4.7 Peta Sebaran Longsor SubDAS Bango

Gambar
4.12
Peta
Rawan
Longsor
SubDAS
Bango
Sumber:
Hasil
Analisa,
2018



Dalam Gambar 4.12 dapat dilihat setelah kedua aspek digabungkan menunjukkan bahwa didominasi oleh tingkat rawan zona berpotensi longsor sedang dengan nilai total skor 1,70 – 2,39. Sedangkan tingkat rawan zona berpotensi longsor rendah dengan nilai total skor antara 1,00 – 1,69 sedikit.

Tingkat rawan zona berpotensi longsor sedang juga bisa berubah menjadi tingkat rawan zona berpotensi longsor tinggi apabila faktor-faktor didalamnya tidak di jaga dengan baik dan diperhatikan baik oleh masyarakat sekitar maupun oleh pemerintah.

Tabel 4.21 Sebaran Luas Tingkat Rawan Longsor SubDAS Bango

Potensi	Luas	Presentase
	km ²	%
Rendah	39,405	10,93842
Sedang	320,839	89,06158
Total	360,244	100

Sumber: Hasil Analisa, 2018

Pada Gambar 4.20 luas tingkat kerawanan rendah terkecil berada di Kecamatan Lowokwaru dengan luas sebesar 1,126 km² (0,313%) dan tingkat kerawanan sedang tertinggi berada di Kecamatan Singosari dengan luas sebesar 16,004 km² (4,442%) Sedangkan tingkat kerawanan sedang terkecil berada di Kecamatan Blimbing dengan luas sebesar 1,16596 km² (0,4606%) dan tingkat kerawanan tinggi tertinggi berada di Kecamatan Singosari dengan luas sebesar 96,888 km² (26,889%).

Kecamatan Lowokwaru menjadi kecamatan dengan tingkat rawan longsor terendah pada kedua aspek setelah digabung karena Kecamatan Lowokwaru memiliki wilayah yang kecil sedangkan Kecamatan Singosari menjadi kecamatan dengan tingkat rawan longsor tertinggi pada aspek fisik alami di SubDAS Bango karena Kecamatan Singosari memiliki luas wilayah terbesar.

4.8 Usaha Mitigasi Bencana Tanah Longsor

Mitigasi tanah longsor adalah usaha yang dilakukan untuk mengurangi dampak dari bencana tanah longsor yang terjadi. Tujuan dilakukan mitigasi secara umum ada 2 hal, yaitu:

1. Mengurangi resiko kerusakan dan korban jiwa akibat bencana tanah longsor.

2. Memberitahu masyarakat dampak dan usaha untuk mengurangi dampak dari bencana tanah longsor.

Menurut BNPB (Badan Nasional Penanggulangan Bencana) dalam siaga bencana tanah longsor ada beberapa langkah-langkah dalam meminimalkan kerugian akibat bencana tanah longsor, antara lain:

1. Rencanakan pengembangan sistem peringatan dini di daerah rawan bencana tanah longsor.
2. Budidayakan tanaman pertanian dan perkebunan yang sesuai dengan azas pelestarian lingkungan dan kestabilan lereng.
3. Hindari bermukim atau mendirikan bangunan di lembah sungai terjal.
4. Menyebarkan informasi bencana gerakan tanah melalui berbagai media dan cara sehingga masyarakat tau baik secara formal maupun non formal.
5. Hindari melakukan penggalian pada daerah bawah lereng terjal yang akan mengganggu kestabilan lereng sehingga mudah longsor.
6. Hindari membuat pencetakan sawah baru atau kolam pada lereng yang terjal sehingga mengakibatkan tanah mudah bergerak.

Setelah melakukan mitigasi kita juga harus mempersiapkan hal-hal sebelum, pada saat dan sesudah terjadi bencana longsor. Hal-hal ini adalah:

1. Tindakan sebelum terjadi bencana longsor
 - a. Waspada terhadap curah hujan yang tinggi.
 - b. Persiapkan logistik yang cukup.
 - c. Simak informasi dari media mengenai informasi hujan dan kemungkinan tanah longsor.
 - d. Apabila pihak terkait siaga bencana menginstruksikan untuk evakuasi, segera lakukan hal tersebut.
2. Tindakan pada saat terjadi bencana longsor
 - a. Apabila masih ada di dalam rumah dan terdengar suara gemuruh, segera keluar rumah dan cari tempat yang luas tanpa penghalang.
 - b. Apabila sudah di luar rumah, cari tempat yang luas tanpa penghalang dan perhatikan tempat atau tebing yang terjadi pergerakan/longsor.
3. Tindakan sesudah terjadi bencana longsor

- Jangan segera kembali kerumah, perhatikan apakah tanah longsor susulan masih akan terjadi.
- Apabila diminta untuk membantu proses evakuasi, gunakan perlengkapan khusus dan peralatan yang menjamin keselamatan.
- Perhatikan kondisi tanah dan kondisi tebing yang ada disekitar lokasi.
- Apabila harus menghadapi reruntuhan bangunan untuk menyelamatkan korban yang terjebak, pastikan tidak menimbulkan dampak yang lebih buruk.

Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan untuk mencegah terjadinya bencana tanah longsor, terutama daerah perbukitan dengan lereng yang terjal, adalah:

- Jangan mencetak sawah atau kolam pada lereng bagian atas pemukiman. Bila memungkinkan buatlah terasering untuk persawahan.
- Jangan menebang pohon di lereng.
- Jangan membangun rumah di bawah lereng.
- Jangan membangun pemukiman di tepi lereng.
- Jangan memotong lereng untuk jalan yang menjadikan lereng tegak.
- Perbanyak tanam pohon untuk memperkuat lereng.



Gambar 4.13 Mitigasi Bencana Tanah Longsor Menurut BNPB (Badan Nasional Penanggulangan Bencana)

Sumber: <https://bnpb.go.id/publikasi/siaga-bencana/siaga-bencana-tanah-longsor.html>, 2018



(Halaman ini sengaja dikosongkan)



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil analisa data pada pembahasan dapat disimpulkan bahwa besarnya tingkat rawan longsor pada SubDAS Bango didominasi oleh aspek fisik alami, tetapi aspek aktivitas manusia juga mempunyai peranan dalam faktor tingkat rawan longsor di SubDAS Bango. Dengan luas sebaran daerah rawan longsor di SubDAS Bango sebagai berikut ini pada aspek fisik alami, aspek aktivitas manusia dan kedua aspek digabung:
 - A. Luas sebaran daerah rawan longsor di SubDAS Bango aspek fisik alami terbagi menjadi 3 (tiga) kelas:
 - a. Tingkat rawan longsor rendah dengan luasan $203,59 \text{ km}^2$ (56,514%).
 - b. Tingkat rawan longsor sedang dengan luasan $150,835 \text{ km}^2$ (41,870%).
 - c. Tingkat rawan longsor tinggi dengan luasan $5,819 \text{ km}^2$ (1,615%).
 - B. Luas sebaran daerah rawan longsor di SubDAS Bango aspek aktivitas manusia terbagi menjadi 2 (dua) kelas:
 - a. Tingkat rawan longsor sedang dengan luasan $347,6 \text{ km}^2$ (96,490%).
 - b. Tingkat rawan longsor tinggi dengan luasan $12,644 \text{ km}^2$ (3,510%).
 - C. Luas sebaran daerah rawan longsor di SubDAS Bango setelah *Overlay 2* (dua) aspek terbagi menjadi 2 (dua) kelas:
 - a. Tingkat rawan longsor rendah dengan luasan $39,405 \text{ km}^2$ (10,938%).
 - b. Tingkat rawan longsor sedang dengan luasan $320,839 \text{ km}^2$ (89,062%).
2. Sebaran tingkat rawan longsor di SubDAS Bango terendah pada beberapa desa di Kecamatan Lowokwaru dengan luasan total sebesar $1,126 \text{ km}^2$ (0,313%) dan sebaran tingkat rawan longsor tertinggi pada beberapa desa di Kecamatan Singosari dengan luasan total sebesar $96,888 \text{ km}^2$ (26,889%). Luas daerah pengamatan menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi sebaran tingkat rawan longsor di SubDAS Bango. Luas total beberapa desa di Kecamatan Lowokwaru masih dianggap sempit dibandingkan dengan luas total beberapa desa di Kecamatan Singosari yang sangat luas untuk daerah pengamatan pada studi ini.

5.2 Saran

1. Untuk hasil yang lebih baik dan lebih sempurna diperlukan data tiap kelurahan atau desa, sehingga bisa lebih detail dalam hal penilaian tiap aspeknya.
2. Verifikasi hasil yang lebih baik diperlukan adanya inventarisasi kejadian longsor oleh dinas terkait sehingga bisa membandingkan hasil tingkat sebaran rawan longsor tiap terjadi longosr dan perbandingan antara hasil dalam sistem informasi goegrafis dengan hasil dilapangan agar dapat menentukan tindakan yang bisa mengurangi bahkan mencegah terjadi bencana longsor dikemudian hari.



DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2007. *Peraturan Menteri PU No. 22 Tahun 2007 tentang Pedoman Penataan Ruang Kawasan Rawan Bencana Longsor*. Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Anonim. 2007. *Undang-Undang No. 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana*. Lembaran Negara RI 2007, No. 66. Sekretariat Negara. Jakarta.
- Anonim. (2014, April). *Tindakan Mitigasi Bencana Alam "Tanah Longsor"* . Diperoleh 15 Agustus 2018 pukul 20.19 WIB, dari <http://kami-pelongsor-tanah.blogspot.com/>
- Arsyad, S. 1989. *Konservasi Tanah dan Air*. IPB. In Press
- Energi Sumber Daya Mineral. 2005. *Pengenalan Gerakan Tanah*,. Vulcanological Survey of Indonesia. Energi Sumber Daya Mineral. Jakarta.
- Kamaruddin. 2005. *Simulasi Hidrologi Dan Sedimentasi Di DAS Konto Hulu Berbasis Sistem Informasi Geografis Menggunakan Model SWAT (Soil And Water Assesment Tool)*. Skripsi tidak dipublikasikan. Malang: Universitas Brawijaya.
- Noorwantoro, M. 2014. *Analisa Kawasan Rawan Bencana Tanah Longsor di DAS Upper Brantas Menggunakan Sistem Informasi Geografis*. Skripsi tidak dipublikasikan. Malang: Universitas Brawijaya.
- Setiawan, Ifan A. 2015. *Analisa Sebaran Daerah Rawan Longsor Di Sub Daerah Aliran Sungai Lesti Kabupaten Malang Dengan Sistem Informasi Geografis*. Skripsi tidak dipublikasikan. Malang: Universitas Brawijaya.
- Sitorus, Santun R.P. 2006. *Pengembangan Lahan Berpenutupan Tetap Sebagai Kontrol Terhadap Faktor Resiko Erosi dan Bencana Longsor*. Direktorat Jenderal Penataan Ruang Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Soemarto, CD. 1999. *Hidrologi Teknik*. Jakarta: Erlangga.
- Soewarno. 1995. *Hidrologi Jilid 1*. Bandung: Nova.
- Subarkah, Imam. 1980. *Hidrologi Untuk Perencanaan Bangunan Air*. Bandung: Idea Dharma
- Surono. 2003. *Potensi Bencana Geologi di Kabupaten Garut*. Prosiding Semiloka Mitigasi Bencana Longsor di Kabupaten Garut. Pemerintah Kabupaten Garut.