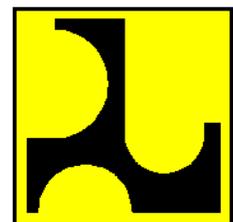


PEDOMAN

Manajemen Penanggulangan Bencana Banjir Bandang

**Pedoman Pembuatan Peta Rawan Longsor dan
Banjir Bandang Akibat Runtuhnya Bendungan Alam**

KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM



Pedoman ini telah direvisi oleh beberapa pihak terkait, yaitu:

- | | |
|---|--|
| 1. Ir. Arung Samudro | Direktorat Sungai dan Pantai |
| 2. Ir. Sudarsono, CES | Direktorat Bina Operasi dan Pemeliharaan |
| 3. Ir. Hariyono Utomo, ST. MM | Direktorat Sungai dan Pantai |
| 4. Dr. Untung Santoso | Balai Sabo |
| 5. Ir. Agus Sumaryono, Dip. HE. | Balai Sabo |
| 6. Drs. Sutikno Hardjosuwarno, Dip. HE. | Balai Sabo |
| 7. C. Bambang Sukoco | Balai Sabo |
| 8. Arif Rahmat Mulyana, ST. | Balai Sabo |
| 9. Ir. H. Mulyanto Dip. HE. | Praktisi |
| 10. Ir. Subarkah, Dip. HE. | Praktisi |
| 11. Ir. Haryono K., Dip. HE. | Praktisi |
| 12. A. Lesto P. Kusumo | Praktisi |

Daftar Isi

Daftar Isi	i
Prakata	iii
Pendahuluan	iv
1. Ruang lingkup	1
2. Acuan normatif	1
3. Pengenalan tentang banjir bandang	1
3.1 Deskripsi banjir bandang	1
3.2 Bendungan alam	2
3.3 Tanah longsor	2
4. Istilah dan definisi	4
5. Data	6
5.1 Citra	7
5.2 Data akumulasi aliran	7
5.3 Data arah aliran	7
5.4 Data DEM	7
5.5 Data fitur geologi dan mikrotopografi	7
5.6 Data kejadian longsor masa lalu	7
5.7 Data kemiringan	8
5.8 Data kontur	8
5.9 Data morfologi sungai	8
5.10 Data sub-area	8
5.11 Peta geologi	8
5.12 Peta iklim / peta curah hujan	8
6. Ketentuan dan persyaratan	8
6.1 Perangkat yang digunakan	8
6.2 Persyaratan penentuan batas-batas area penelitian	9
6.3 Persyaratan interpretasi dan digitasi area longsor menggunakan data citra	9
6.4 Persyaratan interpretasi dan digitasi mikrotopografi menggunakan data citra	9
6.5 Konsep pendesainan tahapan banjir bandang berdasarkan kemiringan sungai	9
6.6 Persyaratan penentuan area rawan banjir bandang	10
7. Cara pengerjaan	10
7.1 Pendefinisian area penelitian	10
7.2 Analisa potensi longsor berdasarkan data kejadian longsor masa lalu	11
7.3 Analisa potensi longsor berdasarkan data fitur geologi dan mikrotopografi	12

PSN xx : 2012

7.4	Analisa potensi longsor berdasarkan faktor topografi.....	13
7.5	Membuat peta potensi longsor berdasarkan kombinasi tiga faktor.....	16
7.6	Membuat peta konsep area rawan banjir bandang menggunakan data kontur	16
7.7	Membuat peta area rawan banjir bandang menggunakan data hasil investigasi lapangan.....	18
7.8	Membuat peta risiko banjir bandang	20
7.9	Pembuatan peta area rawan banjir bandang secara manual	20
	Lampiran A - Bagan alir	24
	Lampiran B - Gambar	31
	Lampiran C - Tabel	48
	Lampiran D - Deskripsi dan cara interpretasi longsor gelincir.....	53
	Lampiran E - Deskripsi fitur-fitur mikrotopografi	55
	Lampiran F - Teori Rasio Ketepatan dan Rasio Cakupan	57
	Lampiran G - Contoh Pengerjaan	58
	Bibliografi	61

Prakata

Pedoman Pembuatan Peta Rawan Longsor dan Banjir Bandang ini berisi petunjuk teknis mengenai tahap-tahap untuk melakukan analisa dan memetakan suatu area yang rawan tanah longsor dan banjir bandang.

Pedoman ini mengacu kepada hasil penelitian dan literatur mengenai banjir bandang di Jepang, tetapi telah diadaptasi sesuai dengan keadaan di Indonesia.

Prosedur teknis yang tertulis di dalam pedoman ini membutuhkan beberapa perangkat lunak untuk menjalankan fungsinya, sehingga pengguna yang menggunakan pedoman ini diharapkan memiliki kemampuan menjalankan beberapa perangkat lunak yang dibutuhkan untuk menggunakan pedoman ini.

Dengan adanya pedoman ini, diharapkan pemerintah pusat atau pemerintah daerah di seluruh Indonesia dapat memetakan atau menentukan suatu area rawan longsor dan rawan banjir bandang, sebagai upaya mitigasi bencana.

Pendahuluan

Wilayah Indonesia terletak di garis khatulistiwa sehingga banyak menerima panas matahari dan curah hujan yang tinggi, oleh karena itu Indonesia menjadi rawan terhadap bencana alam hidro-meteorologi seperti banjir, kekeringan, gelombang laut besar, dan sebagainya. Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) mencatat dari total bencana hidrometeorologi yang paling sering terjadi di Indonesia adalah bencana banjir diikuti oleh longsor.

Kondisi morfologi Indonesia yaitu relief bentang alam yang sangat bervariasi dan banyaknya sungai yang mengalir, menyebabkan selalu terjadi banjir di Indonesia setiap musim penghujan. Salah satu jenis bencana banjir yang sering terjadi di Indonesia dan mengakibatkan kerugian yang cukup besar adalah bencana banjir bandang. Sebagai contoh pada tahun 2006 terjadi banjir bandang di Kabupaten Jember - Jawa Timur yang menyebabkan 92 orang meninggal, 1900 orang mengungsi dan sekitar 2500 bangunan rusak.

Japan International Cooperation Agency (JICA) bekerja sama dengan Kementerian Pekerjaan Umum (PU), menyelenggarakan berbagai usaha dan implementasi untuk meningkatkan kemampuan mitigasi pada wilayah Indonesia dalam menghadapi bencana banjir bandang.

Pedoman ini berisi tahapan prosedur teknis untuk membantu menganalisa dan mengidentifikasi suatu wilayah yang rawan bencana banjir bandang. Metoda yang digunakan berdasarkan metodologi yang sesuai dengan kondisi, kemampuan, serta ketersediaan data pada tingkat pemerintahan daerah di Indonesia.

Pedoman Pembuatan Peta Rawan Longsor dan Banjir Bandang Akibat Runtuhnya Bendungan Alam

1. Ruang lingkup

Pedoman ini berisi tahapan prosedur teknis untuk menganalisa dan mengidentifikasi suatu wilayah yang rawan longsor dan rawan banjir bandang.

Pedoman ini dibuat dengan maksud agar pemerintah pusat dan pemerintah daerah dapat menggunakan pedoman ini untuk mengidentifikasi area rawan longsor dan rawan banjir bandang di wilayahnya sebagai upaya mitigasi bencana.

Banjir bandang dapat disebabkan oleh adanya konsentrasi cepat dari hujan lebat, runtuhnya bendungan alam yang terjadi pada alur hulu, serta runtuhnya bendungan dan/atau tanggul buatan. Pedoman ini hanya menyajikan teknik identifikasi wilayah rawan longsor dan rawan banjir bandang berdasarkan faktor runtuhnya bendungan alam yang terjadi pada alur hulu.

2. Acuan normatif

Pedoman ini tidak dapat dilaksanakan tanpa menggunakan dokumen referensi di bawah ini.

PSN 08:2007, *Pengembangan Standar Nasional Indonesia..*

PSN 03-1:2007, *Adopsi standar internasional dan publikasi internasional lainnya menjadi Standar Nasional Indonesia – Bagian 1: Adopsi standar ISO/IEC.*

ISBN 978-979-8763-09-0, *Panduan pengoperasian Sistem Peringatan Dini – Banjir debris berbasis masyarakat di sungai Jeneberang.*

ISBN 978-602-96989-1-6, *Petunjuk pekerjaan SABO – Pengenalan bangunan pengendali sedimen.*

ISBN 978-602-96989-3-0, *Petunjuk pekerjaan SABO – Perencanaan bangunan pengendali sedimen.*

3. Pengenalan tentang banjir bandang

3.1 Deskripsi banjir bandang

Banjir bandang adalah banjir yang terjadi secara tiba-tiba dan berlangsung dengan dahsyat. Banjir bandang terbentuk beberapa waktu setelah hujan lebat (dalam kisaran waktu beberapa menit sampai beberapa jam) yang terjadi dalam waktu singkat di sebagian daerah aliran sungai (DAS) atau alur sungai yang sempit di bagian hulu. Alur sungai ini memiliki waktu konsentrasi (waktu tiba banjir) yang singkat, sehingga aliran permukaan cepat terkumpul di alur sungai.

Karakteristik Banjir bandang :

- memiliki debit puncak yang melonjak dengan tiba-tiba dan menyurut kembali dengan cepat;
- memiliki volume dan kecepatan aliran yang besar;
- memiliki kapasitas transpor aliran dan daya erosi yang sangat besar sehingga dapat membawa material hasil erosi (kaki tebing, dasar alur sungai, bahan rombakan bendungan alam) menuju arah hilir;

- aliran yang membawa material debris dapat menimbulkan bencana sedimen di daerah hilir setelah titik apex.

Penyebab terjadinya Banjir bandang :

- Berkumpunya curah hujan lebat yang jatuh dalam durasi waktu yang singkat pada (sebagian) DAS alur hulu sungai, dimana kemudian volume air terkumpul dalam waktu cepat ke dalam alur sungai sehingga menimbulkan lonjakan debit yang besar dan mendadak melebihi kapasitas aliran alur hilirnya;
- Runtuhnya bendungan, tanggul banjir atau bendungan alam yang terjadi karena tertimbunnya material longsoran pada alur sungai.

3.2 Bendungan alam

Runtuhnya bendungan alam merupakan salah satu penyebab utama terjadinya Banjir bandang, oleh karena itu dibawah ini akan dibahas lebih lanjut tentang proses pembentukan serta penyebab runtuhnya bendungan alam.

Proses pembentukan bendungan alam:

- karena adanya longsoran;
material hasil longsoran yang berupa tanah, batuan, maupun pepohonan, dapat jatuh ke aliran sungai dan langsung membentuk bendungan. Dalam kasus lainnya, material hasil longsoran dapat terbawa oleh aliran dan menyumbat aliran sungai yang berbentuk *bottleneck* sehingga secara perlahan-lahan akan membentuk bendungan.
- karena adanya pembalakan liar di daerah hulu.
kayu-kayu gelondongan dengan ukuran tak beraturan disertai dengan akar dan ranting pohon hasil pembalakan liar secara perlahan-lahan dapat terseret ke daerah hulu sungai, sehingga membendung sungai secara alamiah.

Penyebab runtuhnya bendungan alam:

- Luapan (*overtopping*);
air sungai yang terbendung oleh bendungan alam, perlahan-lahan mengalami kenaikan muka air. Saat muka air telah mencapai batas atas bendungan, air akan mulai meluber sekaligus menggerus material bendungan alam sampai semua material bendungan tererosi. Kejadian ini menyebabkan air sungai menjadi keruh.
- Rembesan (*piping*);
air sungai yang terbendung oleh bendungan alam, dapat mengalir ke dalam tanah menyusur dasar dan dinding bendungan alam. Jika mencapai kecepatan kritis, butiran tanah akan terbawa sehingga terjadi peristiwa piping sehingga akhirnya bendungan alam dapat runtuh. Kejadian ini sering menyebabkan air sungai menjadi keruh.
- Likuefaksi yaitu pengapungan.
merupakan fenomena hilangnya kekuatan lapisan tanah akibat kejenuhan tanah dan getaran (gempa). Pada saat terjadi getaran, tekanan air pori (pore pressure) di dalam lapisan tanah/pasir dapat meningkat, mendekati atau melampaui tegangan vertikal sehingga gaya friksi antar partikel pasir menjadi hilang. Hal ini mengakibatkan kekuatan total lapisan tanah berkurang secara drastis. Pada saat ini lapisan tanah/pasir dapat berubah menjadi seperti cairan sehingga tidak mampu menopang beban bendungan di dalam atau di atasnya. Kejadian ini sering terjadi karena adanya curah hujan deras atau debit besar yang menyebabkan adanya getaran atau suara gemuruh yang terdengar sebagai tanda-tandanya.

3.3 Tanah longsor

Bendungan alam umumnya terbentuk dari material tanah longsor. Berikut ini akan dijelaskan karakteristik area rawan longsor beserta faktor-faktor penyebabnya.

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

Karakteristik area rawan longsor :

- Memiliki intensitas hujan yang tinggi;
Musim kering yang panjang menyebabkan terjadinya penguapan air di permukaan tanah dalam jumlah besar. Hal ini mengakibatkan munculnya pori-pori atau rongga tanah sehingga tanah permukaan retak dan merekah. Ketika hujan turun dengan intensitas yang tinggi, air akan menyusup ke bagian yang retak membuat tanah menjadi jenuh dalam waktu singkat dan dapat terakumulasi di bagian dasar lereng sehingga menimbulkan gerakan lateral dan terjadi longsoran.
- Tergolong sebagai area lereng/tebing yang terjal;
Lereng atau tebing yang terjal akan memperbesar gaya pendorong sehingga dapat memicu terjadinya longsoran.
- Memiliki kandungan tanah yang kurang padat dan tebal;
Jenis tanah yang kurang padat adalah tanah lempung atau tanah liat dengan ketebalan lebih dari 2,5 m. Tanah jenis ini sangat rentan terhadap pergerakan tanah karena mudah menjadi lembek bila terkena air dan mudah pecah ketika hawa terlalu panas.
- Memiliki batuan yang kurang kuat;
Batuan endapan gunung api dan batuan sedimen berukuran pasir dan merupakan campuran antara kerikil, pasir, dan lempung umumnya merupakan batuan yang kurang kuat. Batuan tersebut akan mudah menjadi tanah bila mengalami proses pelapukan, sehingga pada umumnya rentan terhadap tanah longsor.
- Jenis tata lahan yang rawan longsor;
Tanah longsor banyak terjadi di daerah tata lahan persawahan dan perladangan. Pada lahan persawahan, akarnya kurang kuat untuk mengikat butir tanah sehingga membuat tanah menjadi lembek dan jenuh dengan air, oleh sebab itu pada lahan jenis ini mudah terjadi longsor. Sedangkan untuk daerah perladangan, akar pohonnya tidak dapat menembus bidang longsoran yang dalam dan umumnya terjadi di daerah longsoran lama.
- Adanya pengikisan/erosi;
Pengikisan banyak dilakukan oleh air sungai ke arah tebing. Selain itu, penggundulan hutan di sekitar tikungan sungai menyebabkan tebing menjadi terjal dan menjadi rawan terhadap longsoran.
- Merupakan area bekas longsoran lama;
Area bekas longsoran lama memiliki ciri sebagai berikut :
 - adanya tebing terjal yang panjang melengkung membentuk tapal kuda
 - umumnya dijumpai mata air, pepohonan yang relatif tebal karena tanahnya gembur dan subur
 - adanya longsoran kecil terutama pada tebing lembah
 - adanya tebing-tebing yang relatif terjal
 - adanya alur lembah dan pada tebingnya dijumpai retakan dan longsoran kecil
- Merupakan bidang diskontinuitas (bidang yang tidak selaras);
Bidang ini merupakan bidang lemah dan dapat berfungsi sebagai bidang luncuran tanah longsor dan memiliki ciri:
 - bidang perlapisan batuan
 - bidang kontak antara tanah penutup dengan batuan dasar
 - bidang kontak antara batuan yang retak-retak dengan batuan yang kuat
 - bidang kontak antara batuan yang dapat melewatkan air dengan batuan yang tidak melewatkan air (kedap air)
 - bidang kontak antara tanah yang lembek dengan tanah yang padat.

4. Istilah dan definisi

Berikut ini adalah beberapa istilah yang digunakan dalam pedoman ini.

4.1 aliran debris

suatu tipe aliran gerakan massa bahan rombakan (debris) dengan kandungan angkutan sedimen yang sangat besar, berbutir kasar, non-kohefif, terdiri dari material berbutir kecil sampai besar seperti pasir, kerikil, bebatuan kecil dan batu-batu besar (sand, gravel, cobbles, dan boulders).

4.2 apex

lokasi titik perubahan kecuraman dasar sungai dari hulu ke hilir yang menjadi lebih landai.

4.3 banjir

peristiwa meluapnya air sungai melebihi alur sungai.

4.4 banjir bandang

banjir besar yang terjadi secara tiba-tiba, karena meluapnya debit yang melebihi kapasitas aliran alur sungai oleh konsentrasi cepat hujan dengan intensitas tinggi serta sering membawa aliran debris bersamanya atau runtuhnya bendungan alam, yang terbentuk dari material longsoran gelincir pada area hulu sungai.

4.5 bendungan

bangunan yang berupa urukan tanah, urukan batu, beton, dan/atau pasangan batu yang dibangun selain untuk menahan dan menampung air, dapat pula dibangun untuk menahan dan menampung limbah tambang (tailing), atau menampung lumpur sehingga terbentuk waduk.

4.6 bendungan alam

bendungan yang terbentuk secara alami, umumnya berasal dari material hasil longsoran tanah yang memiliki volume yang cukup besar, dan membendung suatu aliran sungai.

4.7 daerah aliran sungai

daerah aliran sungai (DAS) adalah suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya, yang berfungsi menampung, menyimpan, dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan yang jatuh di atasnya ke danau atau ke laut secara alami, yang batas di darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan.

4.8 data atribut / data non-spasial

data yang berbentuk grafik dan teks atau numerik; data yang berwujud nomor (angka), bersifat angka/ sistem angka.

4.9 data geospasial

data tentang lokasi geografis, dimensi atau ukuran, dan/atau karakteristik objek alam dan/atau buatan manusia yang berada di bawah, pada, atau di atas permukaan bumi.

4.10 data raster

data yang dihasilkan dari sistem Penginderaan Jauh. Pada data raster, objek geografis direpresentasikan sebagai struktur sel grid yang disebut dengan piksel.

4.11 data vektor

merupakan bentuk bumi yang direpresentasikan ke dalam kumpulan garis, area (daerah yang dibatasi oleh garis yang berawal dan berakhir pada titik yang sama), titik dan nodes (merupakan titik perpotongan antara dua buah garis).

4.12 Digital Elevation Model (DEM)

data digital yang menggambarkan geometri dari bentuk permukaan bumi atau bagiannya yang terdiri dari himpunan titik-titik koordinat hasil sampling dari permukaan dengan algoritma yang didefinisikan permukaan tersebut menggunakan himpunan koordinat. (Tempfli, 1991)

4.13 digitasi

proses konversi data analog ke dalam format digital. Objek-objek pada sebuah data citra resolusi tinggi seperti jalan, rumah, sawah dan lain-lain yang sebelumnya dalam format raster, dapat diubah ke dalam format digital dengan proses digitasi.

4.14 garis kontur

garis khayal yang menghubungkan titik-titik yang memiliki ketinggian yang sama.

4.15 georeferensi

menyelaraskan data geografis sehingga ia dapat tepat berada pada koordinat yang tepat dengan demikian data tadi dapat dilihat, di-query dan dianalisa serta diperbandingkan dengan data geografis lain yang memiliki cakupan wilayah yang sama.

4.16 informasi geospasial

adalah data geospasial yang sudah diolah sehingga dapat digunakan sebagai alat bantu dalam perumusan kebijakan, pengambilan keputusan, dan/atau pelaksanaan kegiatan yang berhubungan dengan ruang kebumihan.

4.17 kelurusan

sebuah ciri topografi linear pada suatu area yang diduga mewakili struktur kerak di dasarnya. Patahan, baris *sinkhole*, rentangan sungai yang lurus atau suatu barisan gunung berapi dapat dianggap sebagai ciri yang linear.

4.18 litologi

penelitian dan deskripsi batuan, termasuk komposisi mineral dan tekstur. Juga digunakan sebagai referensi komposisi dan karakteristik tekstur batuan.

4.19 longsor

suatu proses perpindahan massa tanah atau batuan dengan arah miring dari kedudukan semula (sehingga terpisah dari massa yang mantap), karena pengaruh gravitasi, serangan arus, gempa, dan lain-lain, dengan jenis gerakan berbentuk rotasi dan translasi.

4.20 longsoran gelincir

peristiwa longsoran lereng yang berskala relatif besar dimana bidang gelincir terletak pada lapisan yang lebih dalam, sehingga yang bergerak bukan hanya tanah permukaan melainkan juga tanah di lapisan dalam.

4.21 mikrotopografi

suatu ciri atau keadaan tertentu pada permukaan bumi dalam skala kecil.

4.22 morfologi sungai

bentuk dan keadaan alur sungai sehubungan dengan alirannya.

4.23 orthorektifikasi

metode koreksi geometrik untuk mengurangi distorsi geometrik data citra akibat efek topografi permukaan bumi.

PSN xx : 2012

4.24 patahan

suatu rekahan atau zona rekahan di dalam batuan akibat terjadinya suatu pergerakan.

4.25 peta digital

peta dalam format digital tertentu yang dapat diakses dengan menggunakan perangkat keras dan perangkat lunak tertentu.

4.26 peta rupabumi

peta dasar yang memberikan informasi secara khusus untuk wilayah darat.

4.27 rektifikasi

proses transformasi data citra (atau data raster) dengan persamaan matematis tertentu untuk mendapatkan data citra yang planimetris.

4.28 resolusi spasial (pada data citra)

ukuran terkecil objek yang dapat direkam oleh suatu sistem sensor. Dengan kata lain, resolusi spasial mencerminkan kerincian informasi yang dapat disajikan oleh suatu sistem sensor.

4.29 Sistem Informasi Geografis (SIG)

suatu komponen yang terdiri dari perangkat keras, perangkat lunak, data geografis dan sumberdaya manusia yang bekerja bersama secara efektif untuk memasukan, menyimpan, memperbaiki, memperbaharui, mengelola, memanipulasi, mengintegrasikan, menganalisa dan menampilkan data dalam suatu informasi berbasis geografis.

4.30 skala

angka perbandingan antara jarak dalam suatu informasi geospasial dengan jarak sebenarnya di muka bumi.

4.31 sungai

alur atau wadah air alami dan/atau buatan berupa jaringan pengaliran air beserta air di dalamnya, mulai dari hulu sampai muara, dengan dibatasi kanan dan kiri oleh garis sempadan.

4.32 tanggul banjir

konstruksi untuk mencegah terjadinya banjir di belakang tanggul tersebut.

4.33 titik tuang

titik tuang adalah titik dimana air mengalir keluar dari suatu wilayah. Titik ini umumnya merupakan titik terendah di sepanjang batas DAS.

4.34 *Triangulated Irregular Network (TIN)*

model data topologi berbasis vector yang digunakan untuk mempresentasikan rupa bumi (terrain). TIN mempresentasikan bentuk permukaan bumi yang diperoleh dari titik-titik contoh yang tersebar secara tidak teratur serta membentuk jaringan segitiga tidak beraturan yang saling berhubungan. Masing-masing segitiga terdiri dari tiga vertex yang mempunyai koordinat lokasi x, y dan elevasi (z).

5. Data

Berikut ini dijelaskan beberapa data yang diperlukan untuk pembuatan peta rawan longsor dan banjir bandang. Data ini ada yang merupakan data utama dan ada yang merupakan data turunan yaitu data hasil dari pemrosesan data utama.

Data utama adalah: citra, data kontur, data sungai, peta geologi dan peta iklim dari pengamatan langsung. Sedangkan data turunan adalah: data kejadian longsor masa lalu, data fitur geologi dan mikrotopografi, data DEM, data kemiringan, data arah aliran, data akumulasi aliran, data DAS, dan data sub-area yang diolah dari data utama.

Bagan alir proses perolehan data ini dapat dilihat pada Gambar A.1.

5.1 Citra

- digunakan untuk menginterpretasi area longsor dan atau fitur mikrotopografi;
- dapat merupakan citra berwarna atau hitam putih;
- dapat menggunakan citra pada waktu yang berbeda, tetapi tetap mengutamakan citra terbaru;
- memiliki resolusi spasial minimum 30 m, dengan resolusi rekomendasi sebesar 5 m;
- jenis data citra yang ada di Indonesia beserta fitur dan perkiraannya dijelaskan pada Tabel C.1.

5.2 Data akumulasi aliran

- merupakan hasil pengolahan data arah aliran;
- berjenis data raster dengan ukuran piksel sebesar 50 m;
- nilai yang terkandung di dalam suatu piksel menunjukkan jumlah total aliran/piksel yang menuju suatu piksel pada wilayah yang mencakup data arah aliran tersebut.
- data dapat diartikan pula sebagai tekanan atau tingkat kejenuhan air tanah.

5.3 Data arah aliran

- merupakan hasil pengolahan data DEM;
- berjenis data raster dengan ukuran piksel sebesar 50 m;
- nilai yang terkandung di dalam suatu piksel menunjukkan arah tertentu sesuai indeks nilai arah aliran.

5.4 Data DEM

- merupakan hasil pengolahan data kontur atau data TIN;
- berjenis data raster dengan ukuran piksel (resolusi horisontal) sebesar 50 m.

5.5 Data fitur geologi dan mikrotopografi

- berupa data garis (berjenis data vektor);
- data fitur geologi merupakan hasil digitasi dari peta geologi;
- data fitur mikrotopografi merupakan hasil interpretasi dan digitasi dari data citra atau dari hasil survei lapangan;
- informasi dan deskripsi yang lebih jelas mengenai bentuk dan karakter masing-masing fitur mikrotopografi, terdapat pada Lampiran E.

5.6 Data kejadian longsor masa lalu

- berupa data poygon (berjenis data vektor);
- merupakan hasil digitasi dari interpretasi area longsor gelincir pada data citra atau dari hasil survei lapangan;
- deskripsi yang lebih jelas mengenai bentuk dan karakter longsor gelincir, terdapat pada Lampiran D.

5.7 Data kemiringan

- merupakan hasil pengolahan data DEM;
- berjenis data raster dengan ukuran piksel sebesar 50 m;
- nilai yang terkandung di dalam suatu piksel adalah perubahan ketinggian maksimum antara piksel tersebut dengan 8 piksel di sekitarnya.

5.8 Data kontur

- berupa data garis (berjenis data vektor) yang mencakup area penelitian;
- data kontur berasal dari peta rupabumi berskala minimal 1:50.000 (resolusi vertikal 25 m);
- data kontur diproses menggunakan perangkat lunak SIG untuk memperoleh data TIN dan data DEM.
- peta rupabumi dapat diperoleh di Badan Informasi Geospasial (BIG) (d/h Bakosurtanal).
- peta rupabumi ini memiliki proyeksi: Transverse Mercator, datum: Datum Geodesi Nasional 1995, dan sistem koordinat: UTM.

5.9 Data morfologi sungai

- berupa data garis (berjenis data vektor);
- berguna dalam berbagai keperluan pembuatan peta rawan longsor dan area rawan banjir bandang yang menggunakan posisi alur sungai.

5.10 Data sub-area

- berjenis data vektor berupa grid berbentuk bujur sangkar dengan ukuran 1 km² (1000 m x 1000 m) yang melingkupi area penelitian;
- data ini merupakan satuan area terkecil untuk menggambarkan nilai potensi longsor.

5.11 Peta geologi

- berupa peta raster yang dapat merupakan hasil pemindaian, yang telah tergeoreferensi dan selanjutnya didigitasi;
- digunakan untuk proses interpretasi dan proses digitasi fitur- fitur geologi seperti patahan dan atau kelurusan pada area penelitian;
- digunakan untuk menentukan batas area penelitian, dimana area penelitian harus memiliki kesamaan karakter geologi atau litologi dan iklim atau curah hujan;

5.12 Peta iklim / peta curah hujan

- digunakan untuk membantu menentukan batas area penelitian, dimana area penelitian harus memiliki kesamaan karakter geologi atau litologi dan iklim atau curah hujan.

6. Ketentuan dan persyaratan

6.1 Perangkat yang digunakan

6.1.1 Perangkat lunak

Peta rawan longsor dan banjir bandang harus dibuat dengan menggunakan perangkat lunak dengan spesifikasi sebagai berikut:

6.1.1.1 Perangkat lunak SIG

Perangkat lunak SIG harus memiliki kemampuan sebagai berikut:

- dapat membuat, mengedit, mengolah data vektor,
- dapat membuat, mengedit, mengolah data raster,
- dapat membuat, mengedit, mengolah data atribut
- dapat mengolah data kontur untuk menghasilkan data DEM,
- dapat menghasilkan data kemiringan, dan
- dapat menghasilkan data arah aliran.

6.1.1.2 Perangkat lunak tabel perhitungan

Perangkat lunak ini harus memiliki kemampuan dalam menghitung sejumlah besar data serta dapat menggunakan rumus matematis dalam suatu kolom atau tabel.

6.1.2 Perangkat keras

Spesifikasi minimum perangkat keras komputer yang diwajibkan adalah: prosesor 2GHz dengan dua inti, memori 2GB, VGA Card 256 MB.

6.2 Persyaratan penentuan batas-batas area penelitian

Area penelitian harus memiliki kesamaan karakter geologi/litologi dan karakter iklim/ curah hujan. Penentuan batas-batas area penelitian ini dapat dilakukan dengan menggunakan peta geologi dan peta iklim/ curah hujan dengan cara menampalkan peta-peta tersebut dan mencari posisi area yang memiliki persamaan karakter dari keduanya.

6.3 Persyaratan interpretasi dan digitasi area longsor menggunakan data citra

Data citra yang digunakan untuk interpretasi area longsor harus memiliki resolusi yang seragam di sepanjang area target/penelitian. Area longsor yang didigitasi hanya yang berjenis longsor gelincir yaitu area longsor yang memiliki volume lebih besar atau sama dengan 10^5 m^3 (seratus ribu meter kubik). Cara perhitungan untuk mencari besaran volume material dari longsor gelincir berdasarkan data luas area longsor, dapat menggunakan rumus: $\text{volume} = 0.074 * (\text{luas area longsor})^{1.45}$.

6.4 Persyaratan interpretasi dan digitasi mikrotopografi menggunakan data citra

Data citra yang digunakan untuk interpretasi fitur mikrotopografi harus memiliki resolusi yang seragam di sepanjang area target/penelitian. Fitur-fitur mikrotopografi terdiri dari lima jenis, dimana tiap jenis harus dibuat ke dalam data vektor yang berbeda-beda. Informasi dan deskripsi yang lebih jelas mengenai bentuk dan karakter masing-masing fitur mikrotopografi yang berguna untuk tahap interpretasi dan digitasi, terdapat pada Lampiran E.

6.5 Konsep pendesainan tahapan banjir bandang berdasarkan kemiringan sungai

Tahapan banjir bandang tergantung pada banyak faktor. Dalam usaha mempersiapkan peta konsep rawan banjir bandang dengan menggunakan peta/data topografi, berdasarkan buku pedoman "Guideline for Survey of Debris-Flow-Prone Stream and Survey of Debris Flow Hazard Areas" yang diterbitkan oleh Divisi SABO, Departemen SABO, Biro Sungai, Kementerian Konstruksi, Jepang, April 1999, terdapat dua kriteria dalam penentuan tahapan banjir bandang berdasarkan jenis wilayah, yaitu:

- 1) Wilayah vulkanis, dimana area rawan banjir bandang terjadi pada sungai yang memiliki kisaran kemiringan 2°-10°.
- 2) Wilayah non-vulkanis, dimana area rawan banjir bandang terjadi pada sungai yang memiliki kisaran kemiringan 3°-10°.

6.6 Persyaratan penentuan area rawan banjir bandang

Faktor-faktor yang harus dipertimbangkan dalam penentuan area rawan banjir bandang:

- Topografi;
- Penyebaran material yang disebabkan banjir bandang;
- Catatan banjir bandang di masa lalu;
- Sungai rawan banjir bandang yang berdekatan dan topografi daerah sekitarnya;
- Status banjir bandang pada sungai yang memiliki kesamaan dalam aspek geografis dan ciri-ciri lainnya;
- Tata guna lahan dan kepadatan penduduk (demografi).

7. Cara pengerjaan

Prinsip dasar pedoman ini adalah pembuatan peta rawan longsor (longsoran gelincir) dan pembuatan peta area rawan banjir bandang. Peta rawan longsor digunakan untuk melihat dan menentukan area yang rawan terbentuk bendungan alam pada hulu sungai, sehingga diasumsikan bahwa area atau sungai tersebut rawan terjadi banjir bandang. Setelah menentukan sungai atau area yang rawan banjir bandang, untuk melihat atau memperkirakan area yang rawan terkena limpasan banjir bandang, yang dibutuhkan adalah peta area rawan banjir bandang.

Diagram alur konsep ini dapat dilihat pada Gambar A.2.

7.1 Pendefinisian area penelitian

Langkah awal yang harus dilakukan adalah mendefinisikan batas-batas area penelitian yang hendak dianalisa dengan merujuk pada Bab 6.2.

7.1.1 Membuat sub-DAS

- 1) Olah data DEM untuk menghasilkan data sub-DAS dengan menggunakan perangkat lunak SIG;
- 2) Hasil olahan adalah data sub-DAS berjenis data raster;
- 3) Konversi data raster tersebut menjadi data polygon (data vektor). (Gambar B.3)

7.1.2 Membuat DAS

- 1) Gunakan data sungai sebagai panduan posisi dalam pemilihan sub-DAS yang akan digabung untuk membuat DAS. Batas-batas suatu DAS harus melingkupi suatu sungai dan anak-anak sungainya; (Gambar B.4)
- 2) Tetapkan batas DAS pada bagian hilir menggunakan data kemiringan sebagai referensi, yaitu pada lokasi saat kemiringan topografi mulai rendah; (Gambar B.5 dan B.6)
- 3) Hasil proses adalah data DAS berjenis data vektor yang menggambarkan beberapa DAS pada suatu area penelitian. (Gambar B.7)

7.1.3 Membuat sub-area

- 1) Buat satu objek berbentuk bujur sangkar dengan luas 1 km² (1000 m x 1000 m) dengan menggunakan perangkat lunak SIG.;
- 2) Salin dan tempel objek bujur sangkar tersebut ke sekitarnya dimana pojok-pojoknya bertepatan dengan pojok-pojok bujur sangkar di sebelahnya;
- 3) Semua objek bujur sangkar (sub-area) harus melingkupi atau bertampalan dengan data DAS area penelitian;
- 4) Masing-masing sub-area harus memiliki data atribut nomor identitas (ID). (Gambar B.8)

7.2 Analisa potensi longsor berdasarkan data kejadian longsor masa lalu

Secara teori, seringkali kejadian longsor gelincir terjadi dekat dengan lokasi di mana pada masa lalu pernah terjadi kejadian longsor gelincir. Oleh karena itu analisa tahap ini bermaksud untuk mengekstraksi kejadian longsor gelincir di masa lalu pada satuan area tertentu.

Tahap ini merupakan tahap pertama dalam pembuatan peta rawan longsor. Pada tahap pertama ini, analisa dilakukan hanya berdasarkan data kejadian longsor masa lalu.

Bagan alir proses analisa ini dapat dilihat pada Gambar A.3.

7.2.1 Membuat tabel informasi mengenai perpotongan sub-area terhadap lokasi area longsor

- 1) Tampilkan data sub-area dengan data kejadian longsor masa lalu dengan menggunakan perangkat lunak SIG;
- 2) Lakukan analisa untuk mengetahui apakah suatu sub-area berpotongan/bertampalan dengan area longsor;
- 3) Hasilkan data baru yaitu data spasial hasil analisa pertampalan data sub-area dengan data kejadian longsor masa lalu;

Untuk mempermudah dan untuk keperluan analisa tahap berikutnya, analisa dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak tabel perhitungan dengan tahapan sebagai berikut:

- 1) Ekstraksi data atribut dari data sub-area dan data kejadian longsor masa lalu;
- 2) Dengan menggunakan perangkat lunak tabel perhitungan, buat tabel dengan spesifikasi sebagai berikut:
 - kolom pertama, berisi ID sub-area;
 - kolom kedua, berisi jumlah kejadian longsor dalam satu sub-area, dimana nilai pada kolom ini diperoleh dari data atribut data spasial hasil analisa pertampalan data sub-area dengan data kejadian longsor masa lalu;
 - kolom ketiga, berisi nilai yang menunjukkan apakah sub-area bertampalan dengan area longsor. Nilai "1" untuk sub-area yang bertampalan dan nilai "0" untuk yang tidak bertampalan;
 - contoh tabel dapat dilihat pada Tabel C.2.

7.2.2 Membuat peta potensi longsor berdasarkan data kejadian longsor masa lalu

Peta potensi longsor berdasarkan kejadian longsor masa lalu pada prinsipnya diperoleh dengan mengetahui sub-area yang bertampalan dengan area longsor. Sub-area ini merupakan sub-area yang rawan longsor berdasarkan data kejadian longsor masa lalu.

Cara lain adalah dengan menggunakan nilai pada kolom ketiga pada tabel Bab 7.2.1, yaitu dengan cara memasukkan nilai tersebut pada data atribut sub-area sesuai dengan ID sub-areanya.

Contoh peta potensi longsor berdasarkan data kejadian longsor masa lalu dapat dilihat pada Gambar B.9.

7.3 Analisa potensi longsor berdasarkan data fitur geologi dan mikrotopografi

Telah diketahui bahwa kondisi geologi memainkan peran penting dalam pembentukan longsor gelincir. Seperti halnya kondisi geologi, fitur mikrotopografi seperti rayapan batuan atau depresi linear pada punggung bukit, menggambarkan suatu deformasi batuan yang merupakan pertanda bahwa longsor gelincir akan segera terjadi. Oleh karena itu analisa tahap ini bermaksud untuk mengekstraksi kondisi geologi dan mikrotopografi pada satuan area tertentu.

Pada analisa tahap kedua ini, data yang dibutuhkan adalah data fitur geologi dan fitur mikrotopografi, serta data kejadian longsor masa lalu. Fitur geologi yang dibutuhkan adalah patahan dan kelurusan, sedangkan pada contoh kasus wilayah kabupaten Jember, fitur mikrotopografi yang ada adalah retakan busur lingkaran dan longsor gelincir purba.

Bagan alir proses analisa ini dapat dilihat pada Gambar A.4 sedangkan peta posisi fitur geologinya dapat dilihat pada Gambar B.10.

7.3.1 Membuat tabel informasi mengenai perpotongan sub-area terhadap fitur geologi dan fitur mikrotopografi

- 1) Tampilkan data sub-area dengan data geologi/mikrotopografi;
- 2) Lakukan analisa untuk mengetahui apakah suatu sub-area bertampalan dengan fitur geologi maupun fitur mikrotopografi;
- 3) Hasilkan data baru yaitu data spasial hasil analisa pertampalan data sub-area dengan data geologi/mikrotopografi;
- 4) Ekstraksi data atribut dari data baru tersebut;
- 5) Dengan menggunakan perangkat lunak tabel perhitungan, buat tabel dengan spesifikasi sebagai berikut:
 - kolom pertama, berisi ID sub-area;
 - kolom kedua, berisi nilai yang menunjukkan apakah suatu sub-area bertampalan dengan area longsor. Nilai "1" untuk sub-area yang bertampalan dan nilai "0" untuk yang tidak bertampalan;
 - kolom ketiga, menunjukkan jumlah pertampalan fitur patahan dalam satu sub-area, dimana nilai pada kolom ini diperoleh dari data atribut hasil analisa pertampalan antara data sub-area dengan data fitur patahan;
 - kolom keempat, berisi nilai yang menunjukkan apakah suatu sub-area bertampalan dengan fitur patahan. Nilai "1" untuk sub-area yang bertampalan dan nilai "0" untuk yang tidak bertampalan;
 - kolom kelima, berisi nilai yang menunjukkan apakah suatu sub-area bertampalan dengan area longsor dan bertampalan pula dengan fitur patahan. Nilai "1" untuk sub-area yang bertampalan dengan keduanya dan nilai "0" untuk sub-area yang bertampalan hanya dengan salah satu atau tidak bertampalan dengan keduanya.
- 6) Kolom ketiga, keempat, dan kelima pada tabel di atas merupakan analisa untuk fitur patahan. Untuk keperluan analisa fitur-fitur yang lain, yaitu fitur kelurusan, retakan busur lingkaran, dan longsor gelincir purba, masing-masing fitur akan membutuhkan tiga kolom.
- 7) Untuk lebih jelasnya, lihat contoh Tabel C.3.

7.3.2 Mencari dua fitur yang paling berkorelasi dengan kejadian longsor

- 1) Pilih dua fitur geologi/mikrotopografi yang dianalisa di tahap sebelumnya, berdasarkan fitur yang paling berkorelasi dengan kejadian longsor, yang dihitung menggunakan metoda rasio ketepatan dan rasio cakupan (Lampiran E);
- 2) Tabel yang dihasilkan pada Bab 7.3.1 (Tabel C.3) menghasilkan nilai-nilai parameter yang dibutuhkan untuk melakukan perhitungan rasio ketepatan dan rasio cakupan;
 - Jumlah nilai dari kolom kedua adalah nilai parameter S1 yaitu jumlah sub-area yang mengalami kejadian longsor;
 - Jumlah nilai dari kolom keempat adalah nilai parameter S3 untuk fitur patahan yaitu jumlah sub-area yang bertampalan dengan fitur patahan;
 - Jumlah nilai dari kolom kelima adalah nilai parameter S2 untuk fitur patahan yaitu jumlah sub-area yang mengalami kejadian longsor serta bertampalan dengan fitur patahan;
 - Demikian selanjutnya nilai parameter S3 dan parameter S2 untuk fitur yang lain.
- 3) Dengan menggunakan nilai-nilai parameter tersebut, hitung rasio ketepatan dan rasio cakupan untuk masing-masing fitur;
- 4) Hitung rasio ketepatan kejadian longsor masa lalu dengan nilai S2 adalah jumlah sub-area yang memiliki kejadian longsor, dan nilai S3 adalah jumlah sub-area.
- 5) Pilih dua fitur yang memiliki nilai rasio ketepatan lebih besar daripada nilai rasio ketepatan kejadian longsor masa lalu, serta memiliki rasio cakupan tertinggi di antara fitur yang lain.
- 6) Contoh hasil perhitungan dapat dilihat pada Gambar B.11.

7.3.3 Mencari kombinasi terbaik dua fitur hasil pilihan

Tahap ini adalah mencari kombinasi terbaik dua fitur hasil pilihan tahap sebelumnya, yang paling berkorelasi dengan kejadian longsor.

- 1) Jika kedua fitur dimisalkan dengan A dan B, maka pilihan kombinasi kedua fitur tersebut yang mungkin adalah: hanya A, hanya B, A dan B, A atau B;
- 2) Masing-masing kombinasi memiliki nilai parameter S2 dan S3, sedangkan nilai parameter S1 masih tetap diperoleh melalui data sub-area yang bertampalan dengan kejadian longsor; (Tabel C.4)
- 3) Pilih satu kombinasi fitur yang memiliki nilai rasio ketepatan dan rasio cakupan tertinggi;
- 4) Contoh hasil perhitungan dapat dilihat pada Gambar B.12.

7.3.4 Membuat peta potensi longsor berdasarkan kombinasi fitur geologi dan mikrotopografi

- 1) Lakukan analisa pertampalan antara sub-area dengan fitur geologi dan mikrotopografi berdasarkan kombinasi terbaik. Sebagai contoh, jika kombinasi yang terpilih adalah "A atau B", maka sub-area yang bertampalan setidaknya dengan fitur A atau dengan fitur B maupun dengan kedua fitur, maka sub-area tersebut potensial/rawan terhadap longsor;
- 2) Tandai sub-area yang potensial ini dan petakan untuk membuat peta potensi longsor berdasarkan fitur geologi dan mikrotopografi.
- 3) Contoh peta dapat dilihat pada Gambar B.13.

7.4 Analisa potensi longsor berdasarkan faktor topografi

Secara teori ada dua hal yang berdasarkan faktor topografi yang mengakibatkan semakin mungkin longsor gelincir terjadi. Hal tersebut adalah: semakin besarnya kemiringan suatu topografi akan menjadikan semakin tidak stabilnya topografi tersebut; semakin luasnya daerah tangkapan air mengakibatkan semakin banyaknya air akan berkumpul pada suatu area.

Pada analisa tahap ketiga ini, data yang dibutuhkan adalah data kemiringan, data akumulasi aliran, serta data kejadian longsor masa lalu.

Bagan alir proses analisa ini dapat dilihat pada Gambar A.5.

7.4.1 Mengubah data kemiringan dan data akumulasi aliran menjadi data titik

- 1) Konversi data kemiringan dan data akumulasi aliran yang keduanya berformat raster menjadi data titik (berformat vektor) menggunakan perangkat lunak SIG;
- 2) Tujuan dari konversi adalah mengekstraksi nilai yang terkandung di dalam suatu piksel untuk dimasukkan ke dalam data atribut suatu data titik;
- 3) Hasil konversi adalah data titik yang memiliki atribut nilai kemiringan dan data titik yang memiliki atribut nilai akumulasi aliran;
- 4) Contoh data hasil konversi dapat dilihat pada Gambar B.14.

7.4.2 Gabung kedua nilai atribut dari dua data titik menjadi satu data titik

- 1) Gabung kedua nilai atribut (yaitu nilai kemiringan dan nilai akumulasi aliran) dari dua data titik menjadi satu data titik saja;
- 2) Hasil penggabungan adalah data titik yang memiliki dua nilai atribut yaitu nilai kemiringan dan nilai akumulasi aliran;

7.4.3 Memilih titik-titik kemiringan dan akumulasi aliran yang berada di dalam area penelitian

- 1) Pilih titik-titik hasil tahapan Bab 7.4.2 yang hanya berada di dalam area penelitian;
- 2) Area penelitian ini berdasarkan data sub-area;
- 3) Ekstraksi data atribut data titik hasil pilihan ini untuk memperoleh: ID titik, nilai kemiringan, dan nilai akumulasi aliran;
- 4) Masukkan data atribut ini ke dalam suatu tabel menggunakan perangkat lunak tabel perhitungan.

7.4.4 Memilih titik-titik kemiringan dan akumulasi aliran yang bertampalan dengan area longsor di dalam area penelitian

- 1) Pilih titik-titik hasil tahapan Bab 7.4.2 yang bertampalan dengan area longsor di dalam area penelitian;
- 2) Area longsor ini berdasarkan data kejadian longsor masa lalu;
- 3) Ekstraksi data atribut data titik hasil pilihan ini untuk memperoleh: ID titik, nilai kemiringan, dan nilai akumulasi aliran;
- 4) Masukkan data atribut ini ke dalam suatu tabel menggunakan perangkat lunak tabel perhitungan.

7.4.5 Menyiapkan tabel data untuk menghitung rasio kejadian longsor

- 1) Buat satu kolom baru pada kedua tabel dari tahap Bab 7.4.3 dan tahap Bab 7.4.4, yang berisi nilai dengan rumus: "log(luas piksel x nilai akumulasi aliran)", dimana luas piksel = $50 \times 50 = 2500$;
- 2) Nilai yang diperoleh harus dibulatkan menjadi dua angka di belakang koma;
- 3) Contoh tabel dapat dilihat pada Tabel C.5.

7.4.6 Menghitung tabel rasio kejadian longsor

- 1) Siapkan suatu tabel yang prinsipnya adalah untuk menghitung jumlah titik yang memiliki kisaran nilai kemiringan dan kisaran nilai log(luas piksel x nilai akumulasi aliran) tertentu. Bentuk tabel adalah sebagai berikut:
 - Kolom pertama berisi kisaran nilai kemiringan. Isi mulai baris kedua ke arah bawah. Kisaran kemiringannya adalah: 0° - 10° , 10° - 15° , 15° - 20° , 20° - 25° , 25° - 30° , 30° - 35° , 35° - 40° , 40° <.
 - Baris pertama adalah kisaran nilai log(luas piksel x nilai akumulasi aliran). Isi mulai kolom kedua ke arah kanan. Kisaran nilainya adalah: 3.40-3.70, 3.70-3.88, 3.88-4.10, 4.10-4.44, 4.44-4.72, 4.72-5.11, 5.40-5.70, 5.70<.
 - Sel di dalam tabel berisi nilai yang menunjukkan jumlah titik yang memiliki kisaran nilai kemiringan dan nilai log(luas piksel x nilai akumulasi aliran).
 - Total akan terdapat, $9 \times 8 = 72$ sel dalam tabel ini.
- 2) Isikan data kepada format tabel di atas menggunakan data dari tahapan Bab 7.4.3; (Tabel C.6)
- 3) Isikan data kepada format tabel di atas menggunakan data dari tahapan Bab 7.4.4; (Tabel C.7)
- 4) Lakukan proses pembagian yaitu nilai dari tiap sel tabel kedua (menggunakan data Bab 7.4.4) dibagi nilai dari tiap sel tabel pertama (menggunakan data Bab 7.4.3) sesuai dengan posisi selnya;
- 5) Masukkan nilai hasil pembagian tersebut ke dalam tabel baru yang formatnya sama;
- 6) Lakukan proses pembagian yaitu jumlah total semua titik dari tabel kedua (menggunakan data Bab 7.4.4) dibagi jumlah total semua titik dari tabel pertama (menggunakan data Bab 7.4.3). Nilai ini adalah nilai rasio rata-rata.
- 7) Contoh perhitungan dapat dilihat pada Tabel C.8.

7.4.7 Penentuan titik potensi longsor berdasarkan kriteria kisaran nilai kemiringan dan nilai log(luas piksel x nilai akumulasi aliran)

- 1) Bagi semua nilai di tiap sel pada tabel yang dihasilkan pada Bab 7.4.6 dengan nilai rasio rata-rata;
- 2) Masukkan nilai hasil pembagian ini ke dalam tabel baru yang formatnya sama;
- 3) Cari nilai di tiap sel pada tabel baru yang nilainya sama dengan atau lebih dari dua kali nilai rasio rata-rata;
- 4) Tandai sel yang memiliki nilai kriteria tersebut (Tabel C.9);
- 5) Tandai/warnai semua sel ke arah kanan dan ke arah bawah dari sel yang ditandai sebelumnya;
- 6) Peroleh informasi final tentang kisaran nilai kemiringan dan kisaran nilai log(luas piksel x nilai akumulasi aliran) yang potensial terhadap longsor berdasarkan posisi semua sel warna tersebut;
- 7) Contoh tabel dapat dilihat pada Tabel C.10.

7.4.8 Membuat peta sebaran titik potensi longsor

- 1) Pilih titik-titik di dalam area penelitian yang sesuai dengan kriteria kisaran nilai kemiringan dan nilai log(luas piksel x nilai akumulasi aliran) yang diperoleh dari tahap sebelumnya;
- 2) Plot titik-titik yang sesuai kriteria tersebut dengan menggunakan perangkat lunak SIG;
- 3) Contohnya dapat dilihat pada Gambar B.15.

7.4.9 Menghitung jumlah titik potensi longsor per sub-area

- 1) Tampilkan data/peta sebaran titik potensi longsor dengan data sub-area;
- 2) Buat hasil pertampalan ke dalam data baru.

7.4.10 Menentukan sub-area yang potensial terhadap longsor

- 1) Ekstraksi data atribut dari data hasil pertampalan data titik potensi longsor dengan data sub-area untuk memperoleh data ID sub-area, kejadian longsor per sub-area, dan jumlah titik potensi longsor per sub-area;
- 2) Dengan menggunakan perangkat lunak tabel perhitungan, buat tabel dengan spesifikasi sebagai berikut:
 - kolom pertama, berisi ID sub-area;
 - kolom kedua, berisi nilai yang menunjukkan apakah suatu sub-area bertampalan dengan area longsor. Nilai "1" untuk sub-area yang bertampalan dan nilai "0" untuk yang tidak bertampalan;
 - kolom ketiga, berisi jumlah titik potensi longsor per sub-area. Nilai ini diperoleh dari hasil Bab 7.4.9;
 - kolom keempat dan seterusnya berisi nilai yang menunjukkan apakah jumlah titik potensi longsor pada satu sub-area lebih dari sama dengan nilai kelipatan 50. Nilai "1" untuk sub-area yang sesuai dan nilai "0" untuk yang tidak sesuai;
 - contoh tabel ditunjukkan Tabel C.11.
- 3) Lakukan perhitungan nilai rasio ketepatan dan rasio cakupan untuk tiap kelipatan jumlah titik 50 (contohnya 50, 100, 150, dst). Nilai parameter S1 adalah jumlah sub-area yang mengalami kejadian longsor. Nilai parameter S3 adalah jumlah sub-area yang memiliki jumlah titik tertentu. Nilai parameter S2 adalah jumlah sub-area yang memiliki jumlah titik tertentu sekaligus memiliki kejadian longsor;
- 4) Proses perhitungan yang lebih jelas terdapat pada Lampiran D.

7.4.11 Membuat peta potensi longsor berdasarkan faktor topografi

- 1) Berdasarkan hasil Bab 7.4.10, dapat diketahui sub-area yang potensial terhadap longsor berdasarkan jumlah minimal titik potensi longsor;
- 2) Tandai dan petakan sub-area ini untuk membuat peta potensi longsor berdasarkan faktor topografi;
- 3) Contoh hasil peta dapat dilihat pada Gambar B.16.

7.5 Membuat peta potensi longsor berdasarkan kombinasi tiga faktor

Gabungkan hasil analisa peta potensi longsor berdasarkan tiga faktor yaitu faktor kejadian longsor masa lalu, faktor geologi dan mikrotopografi, dan faktor topografi.

Sub-area yang memiliki tiga nilai faktor adalah sub-area yang memiliki potensi tinggi terhadap longsor. Sub-area yang memiliki dua nilai faktor adalah sub-area yang memiliki potensi sedang terhadap longsor. Sub-area yang memiliki satu nilai faktor adalah sub-area yang memiliki potensi rendah terhadap longsor. Sedangkan sub-area yang tidak memiliki sama sekali faktor, merupakan sub-area yang tidak berpotensi terjadi longsor.

Bagan alir proses analisa ini dapat dilihat pada Gambar A.6. Contoh hasil peta dapat dilihat pada Gambar B.17.

7.6 Membuat peta konsep area rawan banjir bandang menggunakan data kontur

Maksud dari pembuatan peta konsep area rawan banjir bandang ini adalah untuk memperkirakan area yang terkena limpasan banjir bandang. Peta yang dihasilkan pada tahap ini dapat dikatakan merupakan peta konsep karena penentuan area rawan banjir bandangnya menggunakan asumsi ketinggian genangan banjir tertentu yang mungkin besaran ketinggian genangannya kurang sesuai dengan kondisi/situasi lapangan suatu area,

serta analisisnya menggunakan data kontur yang mungkin tidak aktual atau memiliki resolusi yang rendah.

Data yang digunakan untuk keperluan pembuatan peta konsep area rawan banjir bandang ini adalah data DEM dan data morfologi sungai.

Bagan alir proses ini dapat dilihat pada Gambar A.7.

7.6.1 Pilih sungai-sungai yang merupakan sungai utama

- 1) Sungai yang berpotensi terjadi banjir bandang umumnya terjadi pada ruas sedimentasi atau dapat juga terjadi pada ruas transportasi;
- 2) Berdasarkan informasi kode unsur pada peta rupabumi dari BIG, pilih kode sungai-sungai utama dengan cara melihat lokasi atau nama sungai tersebut, atau dengan menggunakan referensi data akumulasi aliran;
- 3) Dengan menggunakan perangkat lunak SIG, buat data sungai hasil pilihan ini menjadi data spasial baru.

7.6.2 Pilih dan edit objek sungai-sungai utama sesuai kriteria kemiringan sungai berdasarkan wilayah penelitian

- 1) Berdasarkan kriteria kemiringan sungai pada Bab 6.3, untuk contoh kasus wilayah kabupaten Jember yang merupakan wilayah vulkanis, maka kriteria kemiringan yang digunakan untuk membatasi area rawan banjir bandang adalah pada kemiringan topografi antara 10° sampai 2°;
- 2) Gunakan data kemiringan sebagai referensi untuk membantu menentukan posisi batas hulu dan hilir sungai sesuai dengan kisaran kemiringan tersebut;
- 3) Edit atau potong data sungai utama hasil proses sebelumnya, pada bagian hulu dan hilir sesuai kisaran derajat kemiringan;
- 4) Buat data spasial baru dari data sungai hasil editing. (Gambar B.18)

7.6.3 Konversi data sungai (utama) menjadi data sungai 3 dimensi

Pada awalnya data sungai bukan merupakan data 3 dimensi yaitu data spasial yang memiliki informasi ketinggian, oleh karena itu lakukan konversi data sungai yang masih 2 dimensi menjadi data sungai 3 dimensi dengan menggunakan perangkat lunak SIG.

7.6.4 Naikkan nilai ketinggian data sungai sebesar 5 meter

Area rawan banjir bandang ditentukan dengan cara menandai batas wilayah yang tergenang banjir menurut ketinggian genangan banjir tertentu. Ketinggian genangan banjir ini dapat berbeda-beda tergantung situasi dan kondisi lapangan.

Pada tahap ini gunakan asumsi awal ketinggian genangan banjir yaitu sebesar 5 meter dari dasar sungai dengan cara menambah nilai ketinggian sebesar 5 m pada data atribut data sungai 3 dimensi.

Jika tersedia data kejadian banjir bandang masa lalu di daerah tersebut, maka besaran ketinggian genangan dapat diubah sesuai data atau informasi yang ada. Ketinggian genangan inipun selanjutnya harus dicek dengan investigasi lapangan menggunakan metoda tertentu seperti survei untuk melihat tanda-tanda banjir atau survei potongan melintang.

7.6.5 Membuat permukaan genangan sungai

Dari tahap ini sampai pada tahap selanjutnya, proses dilakukan terhadap objek data sungai secara satu persatu, artinya proses hanya dilakukan terhadap satu objek sungai dan bukan terhadap keseluruhan objek sungai secara bersamaan/otomatis.

- 1) Dengan menggunakan data sungai yang telah dinaikkan ketinggiannya sebesar 5 m, buat offset atau salin dan tempel satu objek sungai ke sebelah kiri dan kanannya kira-kira berjarak 500 m - 1000 m tegak lurus mengikuti alur sungai utama. Proses ini akan menghasilkan 3 objek sungai (Gambar B.19);
- 2) Simpan data ini menjadi data spasial baru;
- 3) Buat TIN dan DEM dari data sungai baru tersebut, dimana ukuran pikselnya sama dengan ukuran piksel data DEM area penelitian yang digunakan (Gambar B.20).

7.6.6 Membuat analisa perbandingan topografi antara permukaan offset objek data sungai yang baru dengan permukaan topografi sebenarnya

Tujuan akhir dari proses ini adalah untuk melihat area genangan banjir bandang. Teknik yang digunakan adalah dengan membandingkan topografi yang dihasilkan oleh data sungai hasil offset dengan topografi sebenarnya. Proses ini dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak SIG yang memiliki fitur analisa *cut and fill* (Gambar B.21).

Analisa *cut and fill* pada dasarnya adalah menghitung perbedaan volume antara volume yang dibentuk oleh permukaan offset data sungai dengan volume yang dimiliki topografi sebenarnya. Perbedaan volume ini akan memperlihatkan suatu perbedaan pada bidang horisontal.

Hasil proses *cut and fill* masih berformat raster, sehingga untuk keperluan editing lebih lanjut, hasil proses tersebut harus dikonversi menjadi data polygon berformat vektor. Contoh hasil area rawan banjir bandang diperlihatkan Gambar B.22. Gambar ini memperlihatkan lokasi terbentuknya banjir bandang yang akan terjadi sebagai luapan di hilirnya.

7.6.7 Membuat peta area rawan banjir bandang

Plot data polygon batas genangan hasil editing untuk membuat peta area rawan banjir bandang. Contoh hasil area rawan banjir bandang dapat dilihat pada Gambar B.23.

Ulangi lagi tahapan proses penentuan area rawan banjir bandang seperti ini untuk tiap objek sungai pada area penelitian.

7.7 Membuat peta area rawan banjir bandang menggunakan data hasil investigasi lapangan

Peta konsep area rawan banjir bandang yang dihasilkan menggunakan data kontur dan asumsi nilai ketinggian genangan, ada kemungkinan kurang mencerminkan keadaan/situasi lapangan serta topografi yang aktual.

Untuk memperbarui data topografi maupun memperbaiki kualitas peta area rawan banjir bandang yang diperoleh dari hasil analisa sebelumnya, lakukan investigasi lapangan seperti survei tanda-tanda banjir, survei terestris atau survei potongan melintang pada alur sungai untuk memperoleh data topografi yang lebih aktual.

7.7.1 Mempersiapkan bahan dan peralatan

7.7.1.1 Bahan dan peralatan

Bahan dan peralatan yang harus disiapkan antara lain:

- alat tulis;
- altimeter;
- catatan lapangan;
- data citra, seperti foto udara atau citra satelit (jika tersedia).
- *Global Positioning System (GPS)* handheld (Gambar B.28);
- kamera digital;
- klinometer (Gambar B.29);
- kompas (Gambar B.30);
- meteran gulung atau disto (Gambar B.31);
- penggaris;
- peta rupabumi;
- range pole (tiang penanda);

7.7.1.2 Analisa dan observasi peta rupabumi dan data citra

Hal-hal berikut harus diidentifikasi dan dianalisa terlebih dahulu menggunakan peta topografi dan data citra yang tersedia:

- batas drainase;
- daerah aliran sungai;
- panjang sungai;
- profil longitudinal/memanjang;
- posisi rumah dan jalan berdasarkan peta rupabumi;
- tutupan lahan.

7.7.2 Survei topografi

Survei topografi yang dilakukan adalah survei potongan melintang pada alur sungai. Sasaran yang hendak diukur pada survei ini adalah lebar sungai, kemiringan dasar sungai, ketinggian relatif terhadap tepi sungai, jarak antara tepi sungai dengan rumah terdekat, dan lain sebagainya. Jika terdapat sedimen pada potongan melintang yang diukur, posisi dan ketebalan sedimen tersebut juga harus diukur.

Beri perhatian lebih pada lokasi dimana kemiringan dasar sungai menjadi landai dan lebar sungai tiba-tiba melebar, karena titik ini dapat merupakan titik awal terjadinya banjir.

Lakukan pembaharuan peta rupabumi dari hasil survei potongan melintang. Kapasitas debit aliran sungai juga dapat diukur dengan cara mengalikan luas potongan melintang dengan kecepatan aliran.

7.7.3 Investigasi bencana banjir bandang yang lalu

7.7.3.1 Investigasi tanda-tanda banjir bandang

Tanda-tanda banjir bandang contohnya seperti goresan (pada pohon), umur vegetasi, komposisi sedimen yang tersisa, dan lain sebagainya. Tanda-tanda ini memberi informasi tinggi genangan banjir bandang yang pernah terjadi sebelumnya. Hasil dari survei ini kemudian diplot posisinya pada peta rencana dan potongan melintang.

7.7.3.2 Interview masyarakat lokal

Interview atau wawancara dengan masyarakat lokal perlu diadakan untuk memahami seberapa besar bencana banjir bandang yang telah terjadi, pengaruhnya, area genangan/limpasan, dan lain sebagainya. Untuk mengerti besaran, frekuensi, area genangan/limpasan dari bencana banjir bandang yang telah terjadi, wawancara dengan masyarakat lokal perlu dilakukan.

Dapatkan informasi-informasi berikut ini dari penduduk lokal:

- Bentuk atau jenis bencana yang terjadi.
- Waktu dan tanggal terjadinya bencana.
- Area yang terkena bencana banjir bandang.
- Ketinggian banjir bandang.

7.7.3.3 Investigasi lokasi rumah dan jalan

Lakukan survei tentang lokasi rumah dan jalan untuk melihat seberapa jauh posisinya dari sungai dan seberapa tinggi dari dasar sungai. Dari hasil survei ini diperoleh informasi tentang lokasi/area dan jalan yang aman dari banjir bandang. Hasil survei ini dapat juga memperbarui peta rupabumi yang ada.

7.7.4 Memperbarui peta konsep area rawan banjir bandang berdasarkan data hasil investigasi lapangan

Gunakan data dan informasi dari hasil investigasi lapangan untuk memperbarui peta area rawan banjir bandang dengan mempertimbangkan faktor-faktor merujuk pada Bab 6.6.

Contoh peta area rawan banjir bandang setelah diperbarui menggunakan data hasil investigasi lapangan dapat dilihat pada Gambar B.24.

7.7.5 Informasi pada peta

Peta yang dihasilkan selayaknya memiliki kelengkapan informasi sebagai berikut:

- legenda peta;
- nama instansi pembuat peta disertai waktu pembuatan;
- sistem proyeksi dan sistem koordinat yang digunakan;
- sumber peta atau data yang digunakan.

7.8 Membuat peta risiko banjir bandang

Pembuatan peta risiko banjir bandang bertujuan untuk mengetahui potensi kerugian yang timbul, baik manusia maupun materi pada suatu lokasi, keseluruhan masyarakat, atau bahkan wilayah yang lebih luas.

Tampilkan peta area rawan banjir bandang yang diperoleh dari proses sebelumnya dengan posisi/lokasi berbagai objek yang berisiko terkena bencana, seperti kawasan pemukiman, berbagai fasilitas umum, dan lain sebagainya.

Contoh peta risiko banjir bandang dapat dilihat pada Gambar B.25.

7.9 Pembuatan peta area rawan banjir bandang secara manual

Dalam kondisi tertentu, peta area rawan banjir bandang dapat juga dibuat secara manual yaitu tanpa menggunakan komputer, perangkat lunak, maupun data digital.

Diagram alur pembuatan peta area rawan banjir bandang ini dapat dilihat pada Gambar A.8.

7.9.1 Data yang dibutuhkan

Data yang dibutuhkan adalah peta rupabumi (cetakan) yang melingkupi area penelitian atau wilayah yang hendak ditentukan area rawan banjir bandangnya. Peta rupabumi dapat diperoleh di BIG. Untuk daerah pulau Jawa, peta yang tersedia umumnya memiliki skala terkecil 1:25.000, sedangkan untuk pulau di luar Jawa, peta yang tersedia umumnya memiliki skala terkecil 1:50,000.

7.9.2 Peralatan

Peralatan yang digunakan untuk pembuatan peta area rawan banjir bandang secara manual merujuk kepada Bab 7.7.1.1.

7.9.3 Cara pengerjaan

Prinsip dasar pembuatan area rawan banjir bandang secara manual ini sama seperti yang tertulis pada Bab 7.6.

Tahapan pengerjaannya adalah sebagai berikut:

7.9.3.1 Tentukan alur sungai yang hendak dibuat area rawan banjir bandangnya

Untuk membuat peta area rawan banjir bandang secara manual, terlebih dahulu harus ditentukan alur sungai yang diprediksi rawan terhadap terjadinya banjir bandang.

Prediksi ini dapat diperoleh melalui analisa sejarah kejadian banjir bandang yang pernah terjadi di suatu alur sungai seperti frekuensi terjadinya dalam rentang waktu tertentu, kekuatan banjir, area genangan, dan sebagainya. Prediksi ini juga dapat diperoleh melalui survei lapangan untuk melihat tanda-tanda alam seperti bendungan alam yang mungkin terbentuk di area hulu sungai.

7.9.3.2 Tentukan batas-batas alur sungai dari bagian hulu sampai bagian hilirnya

Penentuan batas-batas ini berdasarkan kemiringan topografi alur sungai sesuai dengan persyaratan seperti yang tertulis pada Bab 6.5. Dengan menggunakan peta rupabumi cetak, kisaran kemiringan topografi alur sungai dapat ditentukan berdasarkan kerapatan garis kontur yang memotong alur sungai.

Sebagai contoh untuk peta rupabumi skala 1:25.000, interval garis kontur pada peta tersebut adalah sebesar 12,5 m. Dalam penentuan rentang kemiringan topografi alur sungai sebesar 10° - 2° , alur sungai yang memiliki topografi kemiringan sekitar 10° , memiliki panjang ruas sungai antara perpotongan dua garis kontur kurang lebih 70 m di lapangan atau sekitar 3 mm pada peta. Sedangkan alur sungai yang memiliki topografi kemiringan sekitar 2° , memiliki panjang ruas sungai antara perpotongan dua garis kontur kurang lebih 360 m di lapangan atau sekitar 14,5 cm pada peta.

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar B.26.

7.9.3.3 Gambarkan area genangan (rawan) banjir sesuai kisaran ketinggian permukaan genangan air tertentu

Prinsip penggambaran area genangan banjir bandang ini merujuk pada Bab 7.6.4 – 7.6.5, dimana ketinggian permukaan air sungai (banjir bandang) yang digunakan adalah sebesar 5 m dari dasar sungai.

Berikut ini adalah informasi atau tips cara penggambaran area genangan (rawan) banjir bandang pada peta rupabumi cetak:

- 1) Alur sungai memiliki ketinggian topografi yang semakin menurun dari hulu sampai hilir. Informasi ketinggian topografi pada alur sungai ini diketahui dari perpotongan garis kontur dengan garis/alur sungai. Nilai ketinggian pada bagian ruas alur sungai yang lain yang bukan merupakan titik perpotongan dengan garis kontur, diperoleh melalui interpolasi ketinggian antara dua perpotongan garis kontur bersebelahan yang memiliki interval ketinggian tertentu. Sebagai contoh, pada peta rupabumi skala 1:25.000, intervalnya sebesar 12,5 m.
- 2) Untuk menerapkan prinsip dasar ketinggian permukaan banjir bandang dari dasar sungai sebesar 5 m, tahap awal adalah memfokuskan pada titik perpotongan alur sungai dengan garis kontur. Telah diketahui bahwa titik tersebut sebenarnya memiliki nilai ketinggian sama dengan nilai garis kontur yang memotong alur sungai pada titik tersebut, akan tetapi pada tahap awal ini tambahkan nilai ketinggian pada titik tersebut sebesar 5 m. Sebagai contoh, jika nilai ketinggian pada titik perpotongan alur sungai dengan garis kontur sebesar 800 m maka buatlah asumsi nilai ketinggian sebesar 805 m.
- 3) Buatlah suatu garis lurus khayal yang melintang tegak lurus dengan alur sungai yang memotong titik perpotongan alur sungai dan garis kontur. Garis tersebut harus memiliki panjang yang seimbang di sebelah kiri maupun sebelah kanan alur sungai. Garis khayal ini berguna untuk mencari nilai ketinggian sebesar 805 m (sesuai pada contoh di atas), ke arah kiri maupun ke arah kanan alur sungai dengan teknik interpolasi ketinggian.
- 4) Dengan bantuan garis khayal, setelah ditemukan titik yang memiliki ketinggian sebesar 805 m baik itu di sebelah kiri dan kanan sungai, tandai titik-titik tersebut.
- 5) Lakukan langkah 3 dan 4 untuk tiap lokasi titik perpotongan alur sungai dengan garis kontur yang lain.
- 6) Untuk lokasi pada alur sungai yang bukan merupakan titik perpotongan dengan garis kontur, terlebih dahulu harus dicari nilai ketinggiannya pada titik/lokasi tersebut menggunakan teknik interpolasi seperti yang dijelaskan langkah 1. Selanjutnya lakukan langkah 2 yaitu menambahkan nilai ketinggian sebesar 5 m, lalu lakukan langkah 3 dan 4 seperti contoh sebelumnya.
- 7) Hubungkan titik-titik hasil dari langkah 4 dengan menarik garis. Garis yang digambar dibedakan berdasarkan titik-titik yang ada di sebelah kiri dan di sebelah kanan alur sungai.
- 8) Semakin rapat titik-titik hasil dari langkah 4, maka semakin halus area rawan banjir bandang yang digambar.

Untuk lebih memperjelas pemahaman mengenai langkah-langkah pembuatan area rawan banjir bandang secara manual seperti ditulis di atas, lihat pada Gambar B.27.

7.9.3.4 Memperbarui peta area rawan banjir bandang (yang diperoleh dengan cara manual) dengan menggunakan data hasil survei lapangan

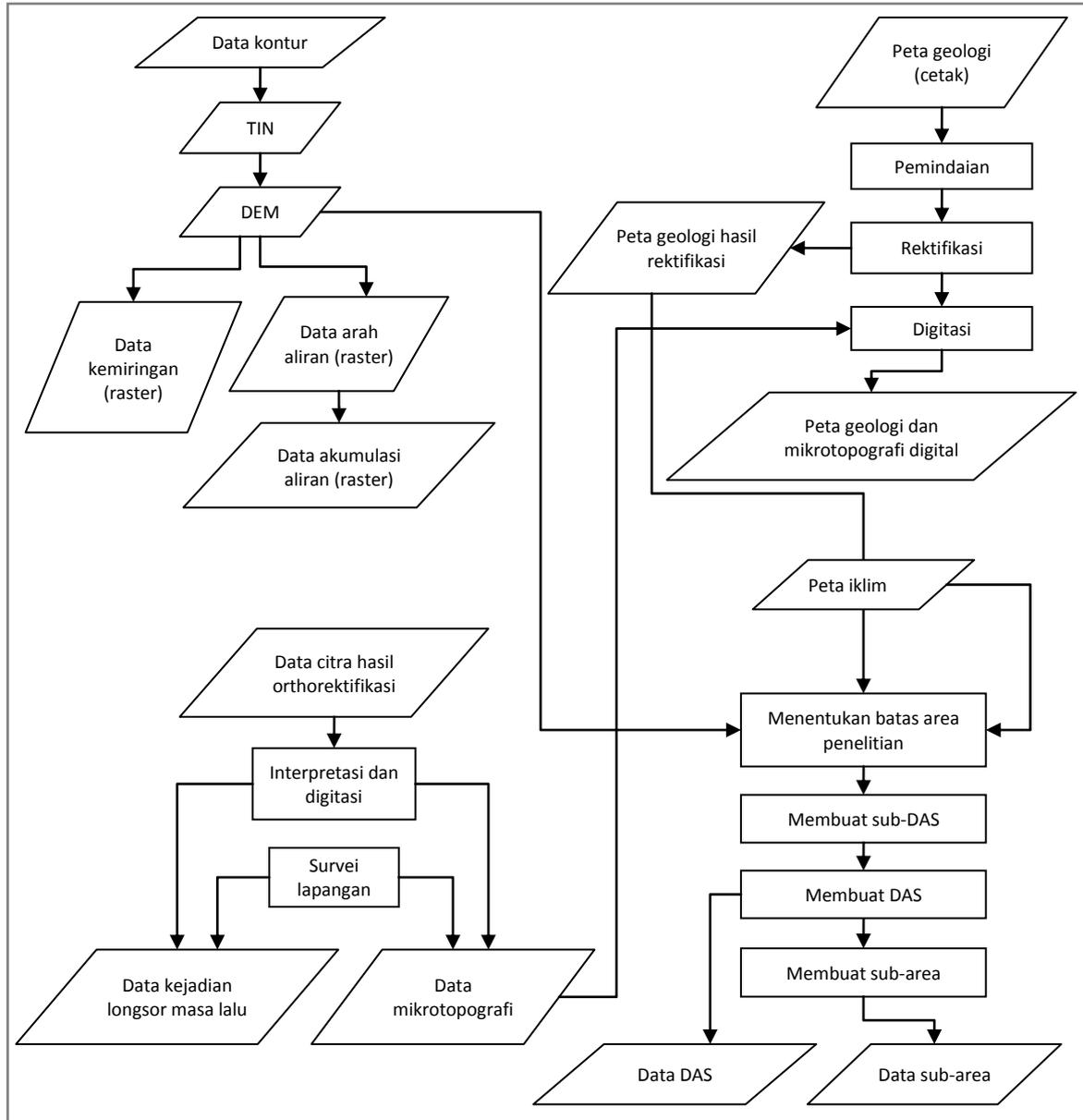
Survei lapangan yang dilakukan sama seperti yang tertulis pada Bab 7.7.3.1 yaitu survei untuk memperoleh informasi ketinggian banjir bandang yang pernah terjadi di lokasi tertentu. Survei ini berupa survei tanda-tanda banjir bandang serta melakukan wawancara dengan masyarakat setempat.

Dengan informasi ini, peta area rawan banjir bandang yang dihasilkan sebelumnya dapat diperbarui khususnya di lokasi-lokasi tertentu pada alur sungai sesuai dengan informasi ketinggian banjir bandang yang diperoleh dari lapangan. Teknik-teknik untuk menggambar ulang area rawan banjir bandang ini, merujuk pada Bab 7.9.2.3 sebelumnya.

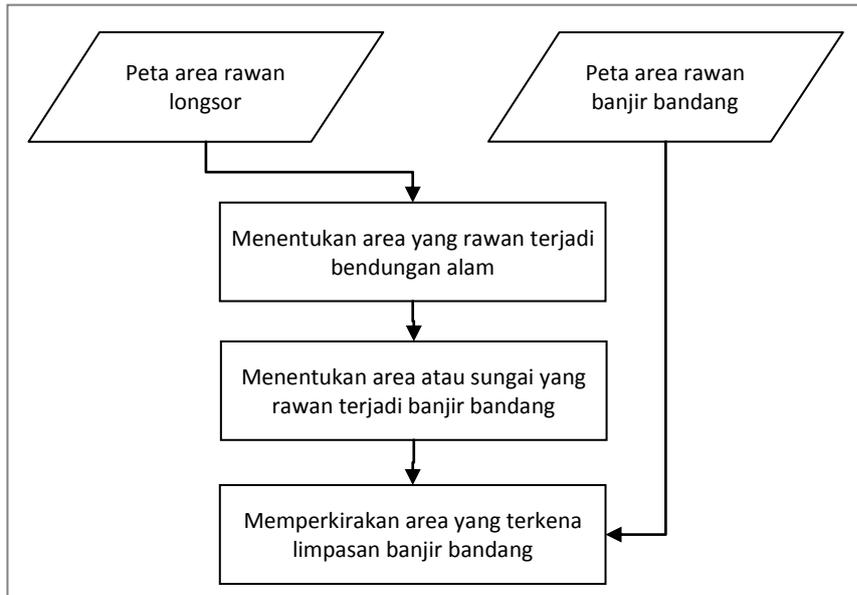
7.9.3.5 Informasi pada peta

Informasi atau keterangan lain yang harus ada pada peta yang dihasilkan, merujuk pada Bab 7.7.5.

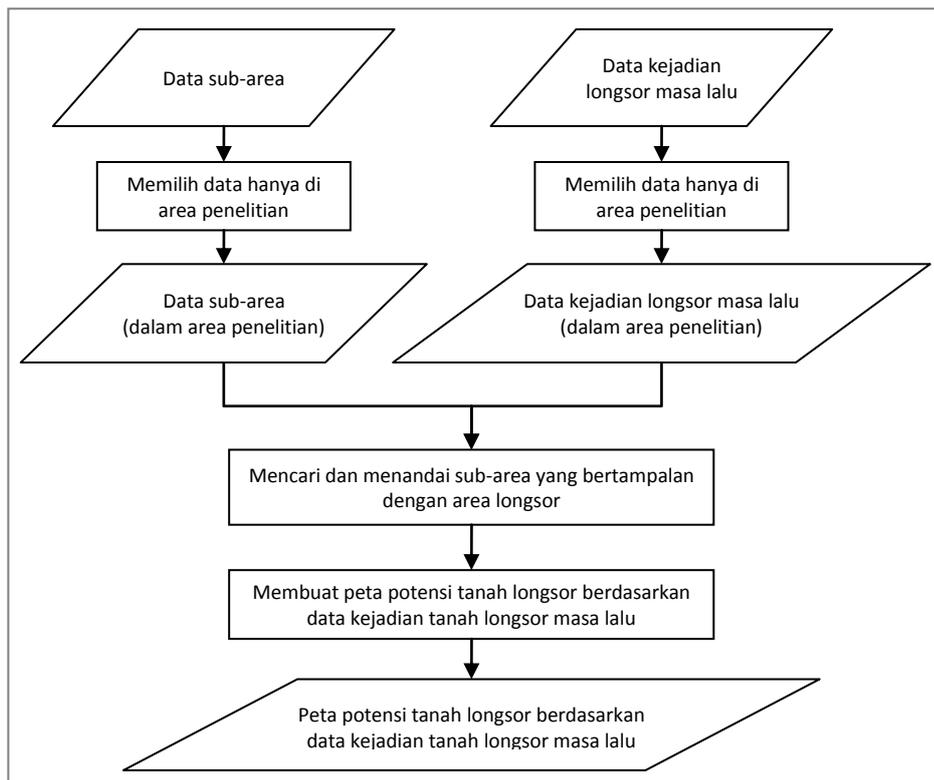
Lampiran A
(normatif)
Bagan alir



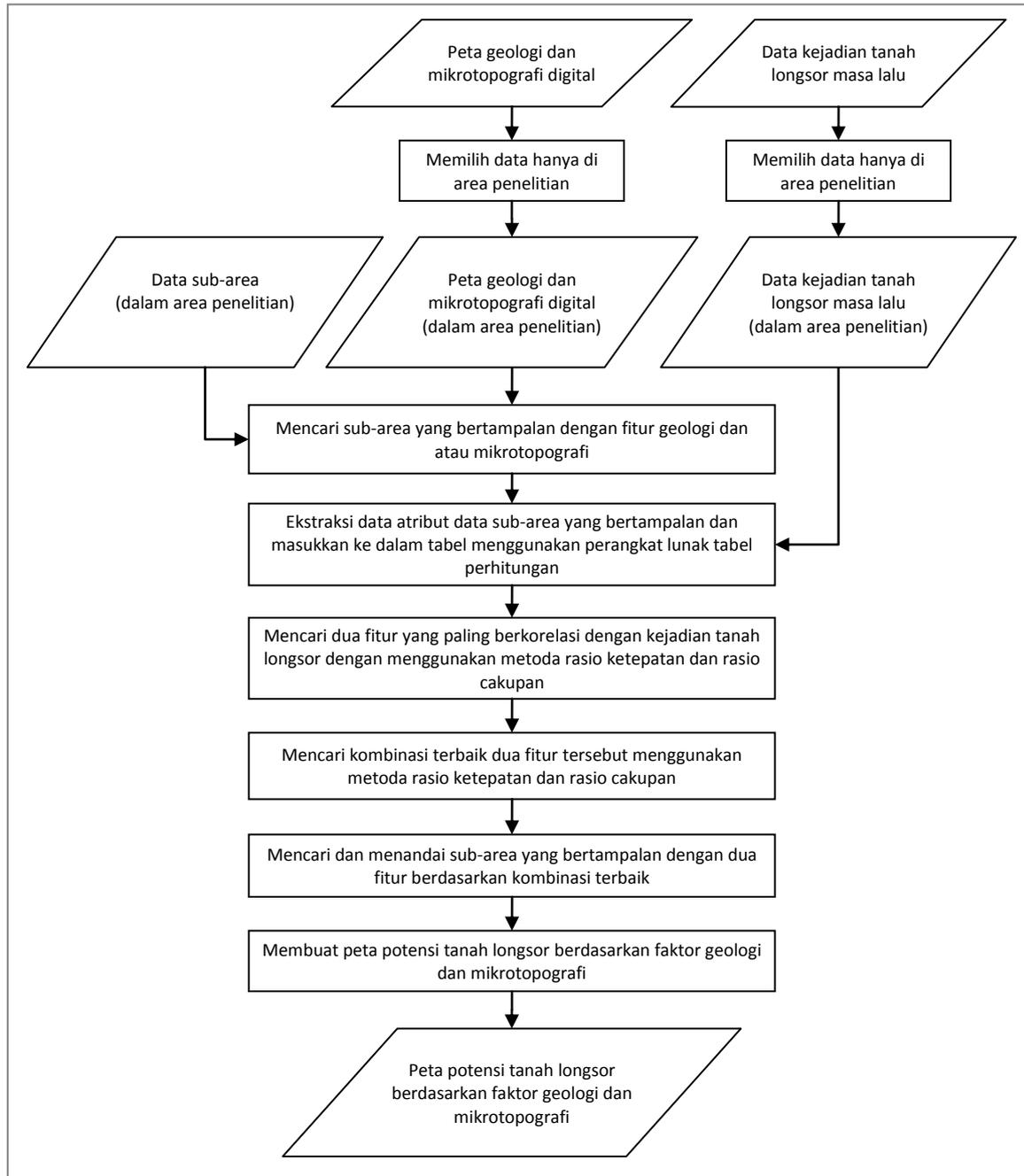
Gambar A.1 - Bagan alir proses data



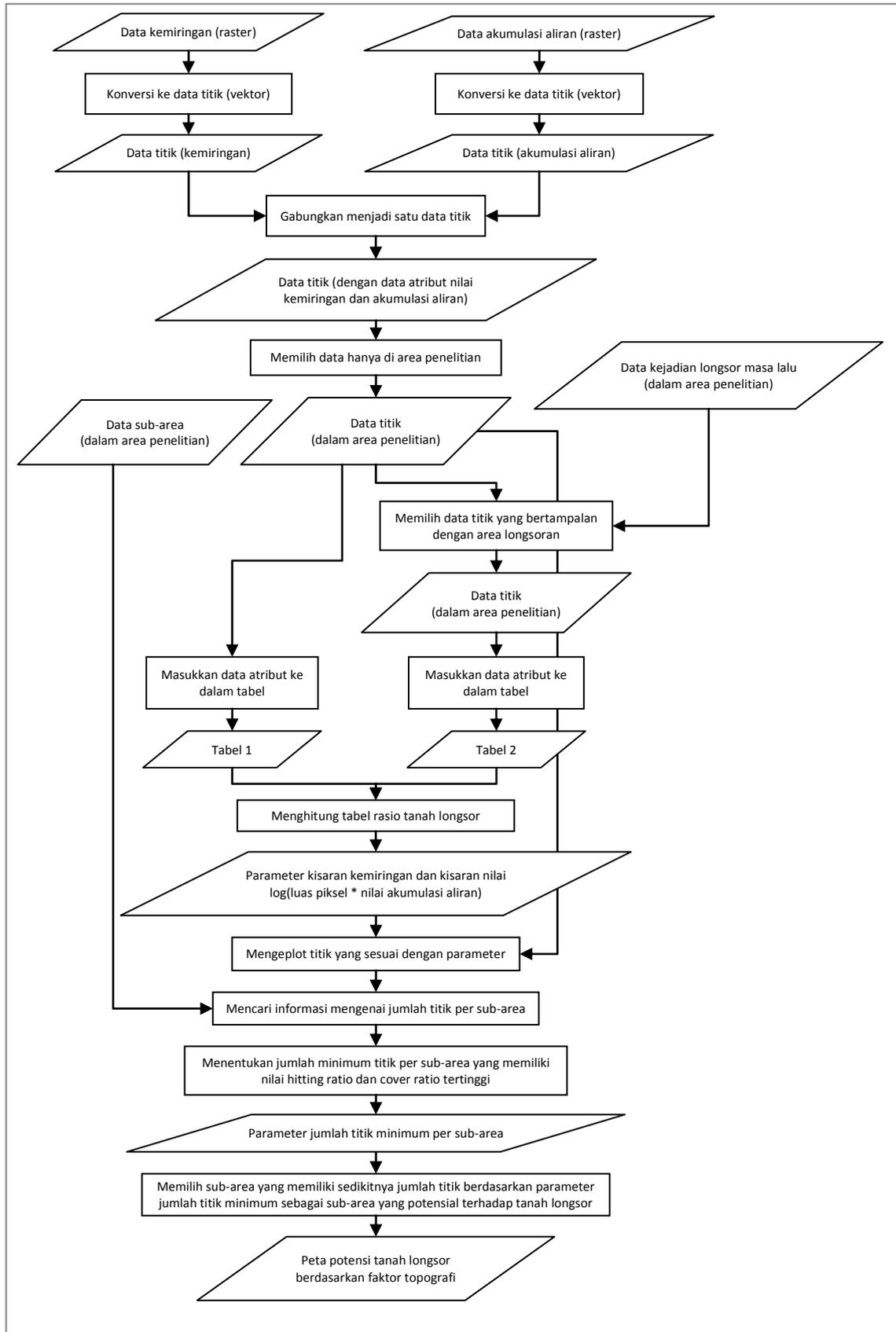
Gambar A.2 – Konsep pedoman pembuatan peta rawan longsor dan banjir bandang



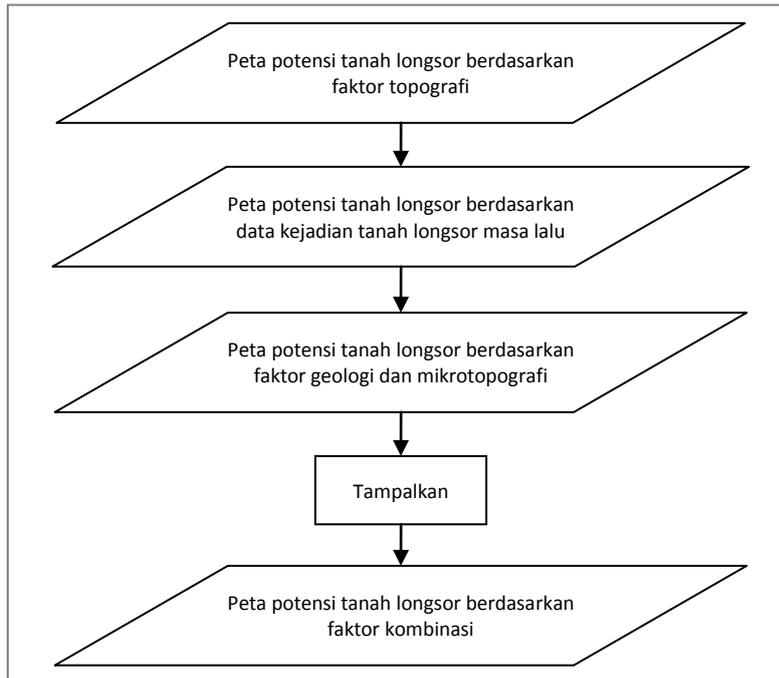
Gambar A.3 - Bagan alir pembuatan peta potensi longsor berdasarkan faktor kejadian longsor masa lalu



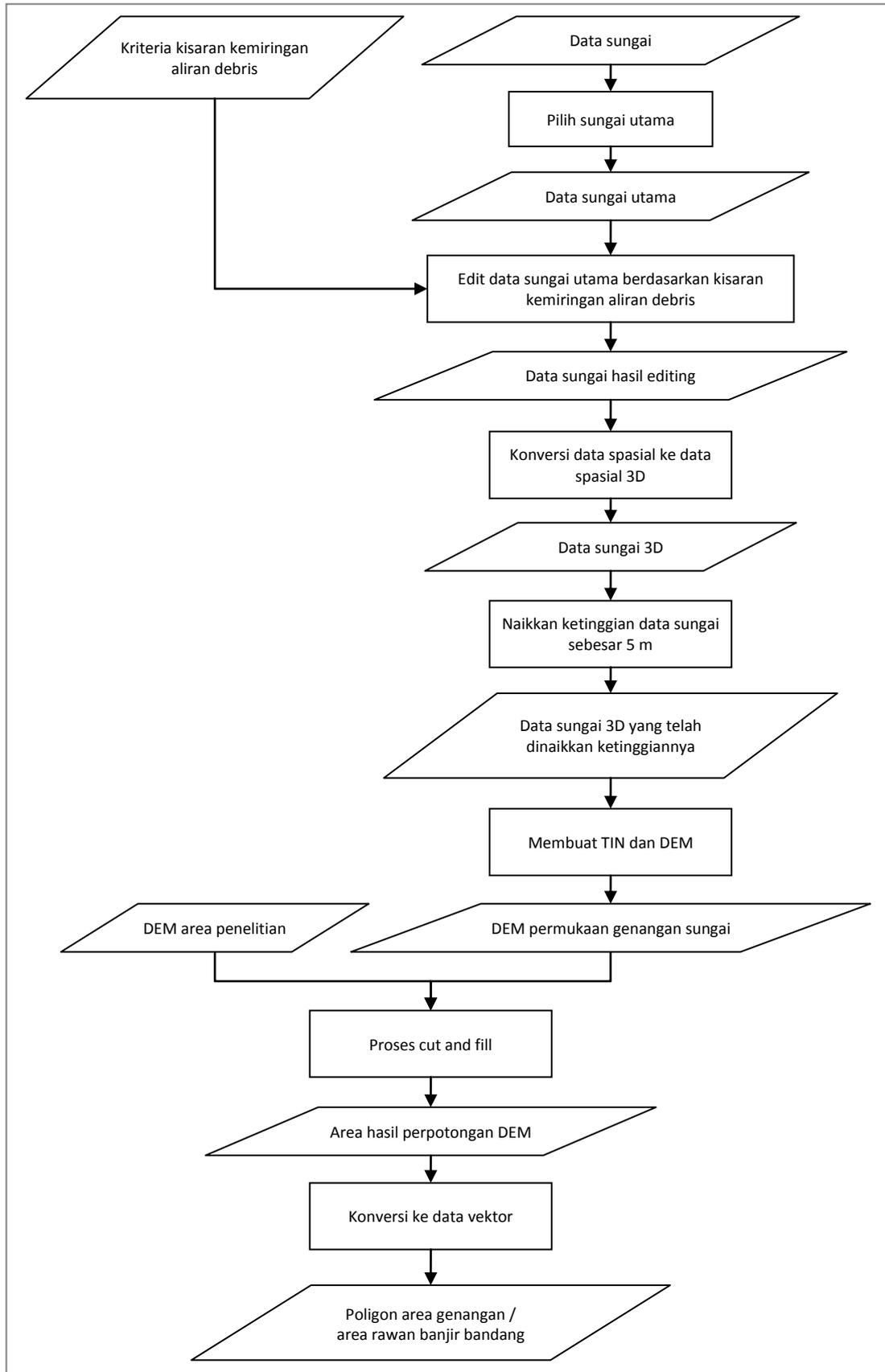
Gambar A.4 - Bagan alir pembuatan peta potensi longsor berdasarkan faktor geologi dan mikrotopografi



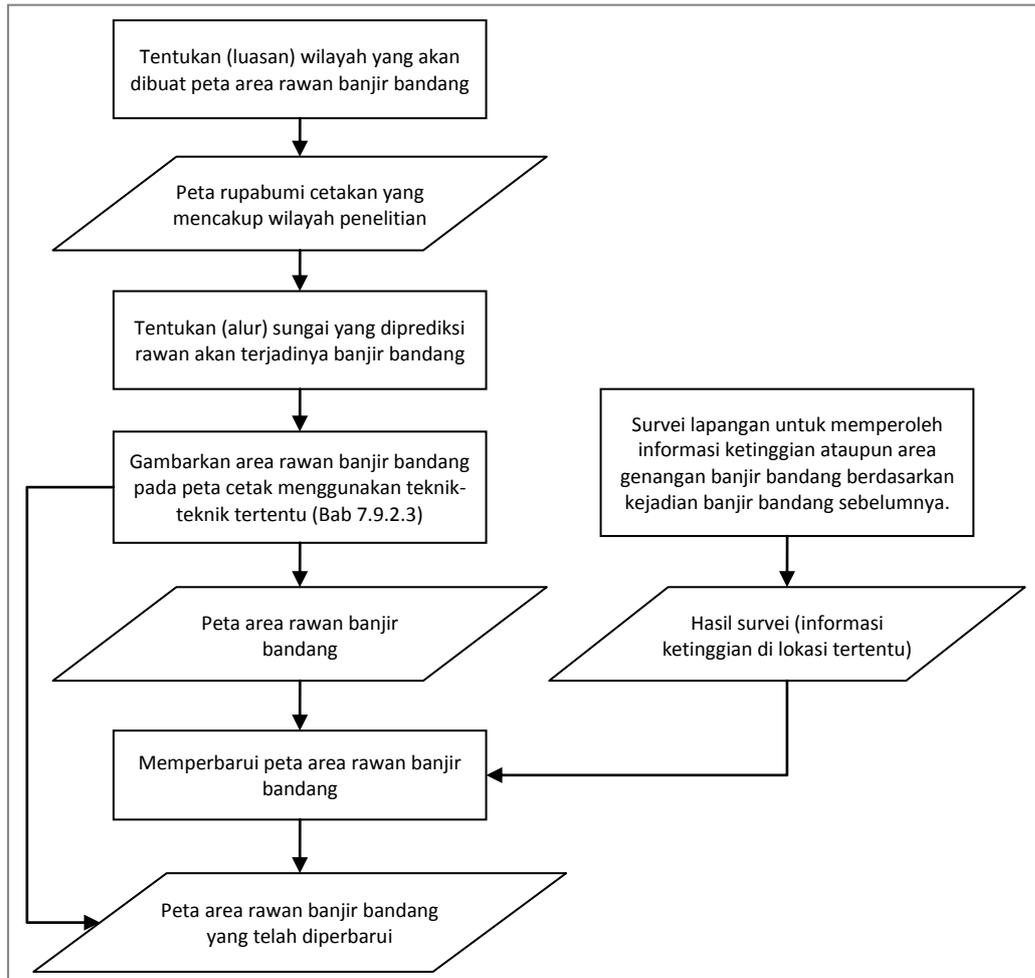
Gambar A.5 - Bagan alir pembuatan peta potensi longsor berdasarkan faktor topografi



Gambar A.6 - Bagan alir pembuatan peta potensi longsor berdasarkan faktor kombinasi

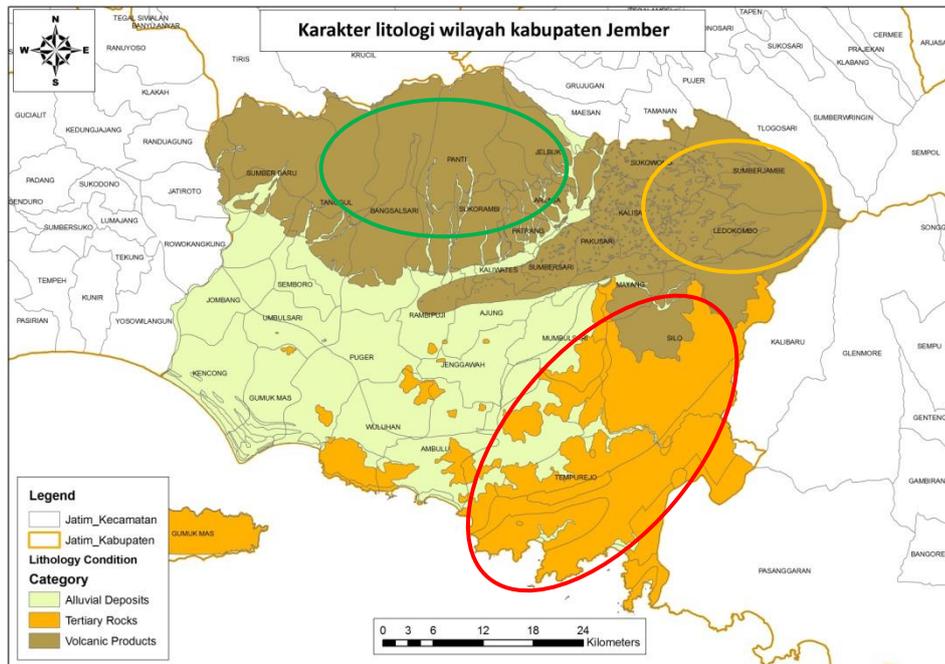


Gambar A.7 - Bagan alir pembuatan peta area rawan banjir bandang menggunakan data kontur

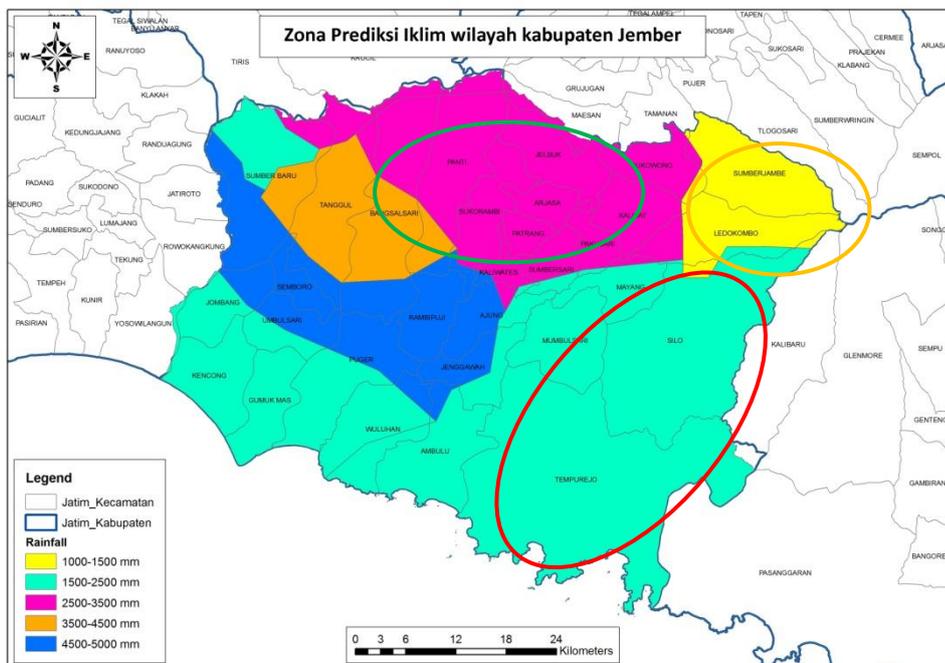


Gambar A.8 - Bagan alir pembuatan peta area rawan banjir bandang secara manual

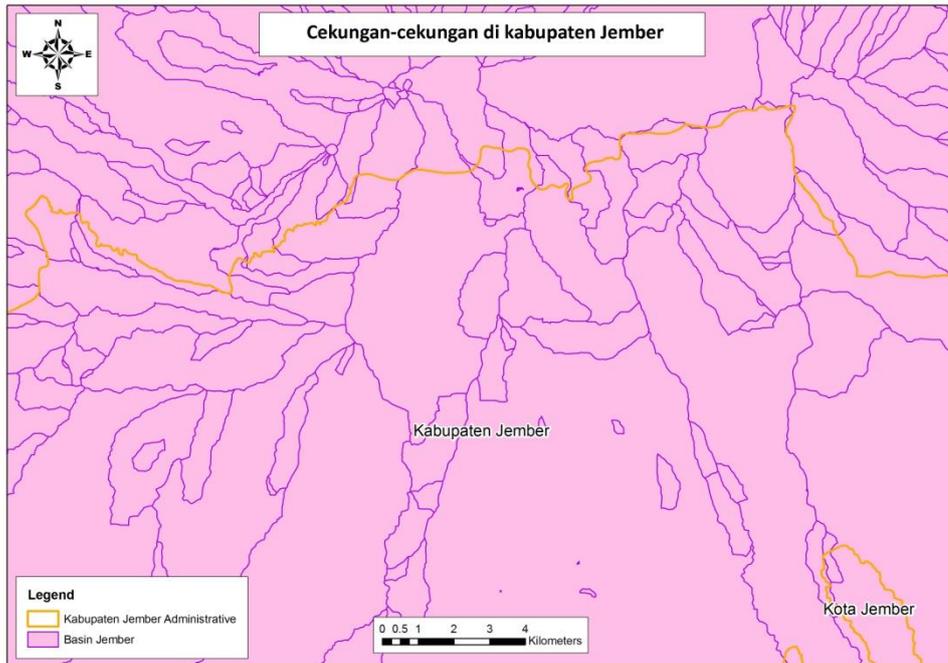
Lampiran B
(informatif)
Gambar



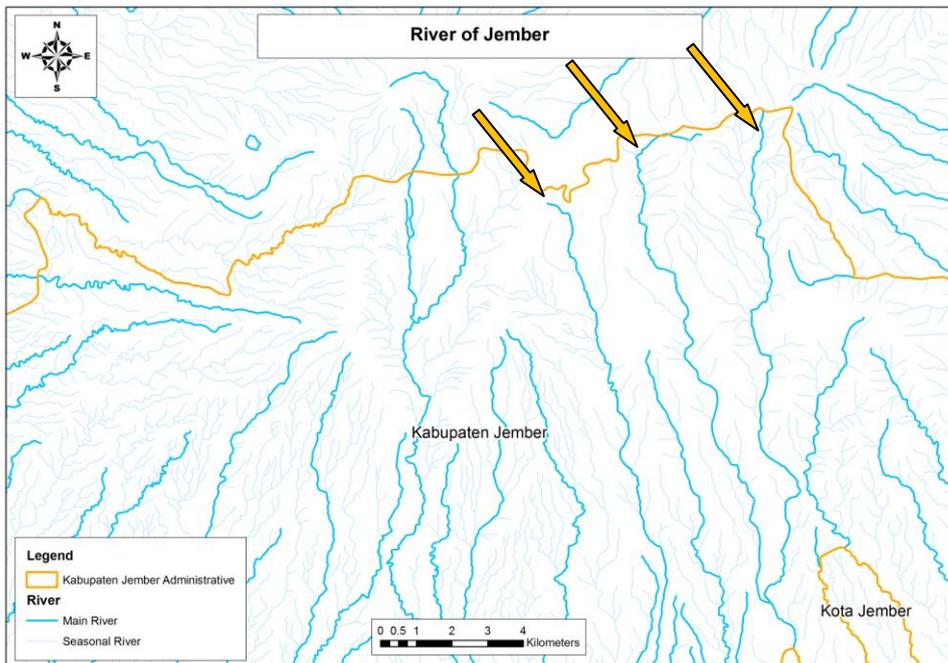
Gambar B.1 - Karakter litologi kabupaten Jember



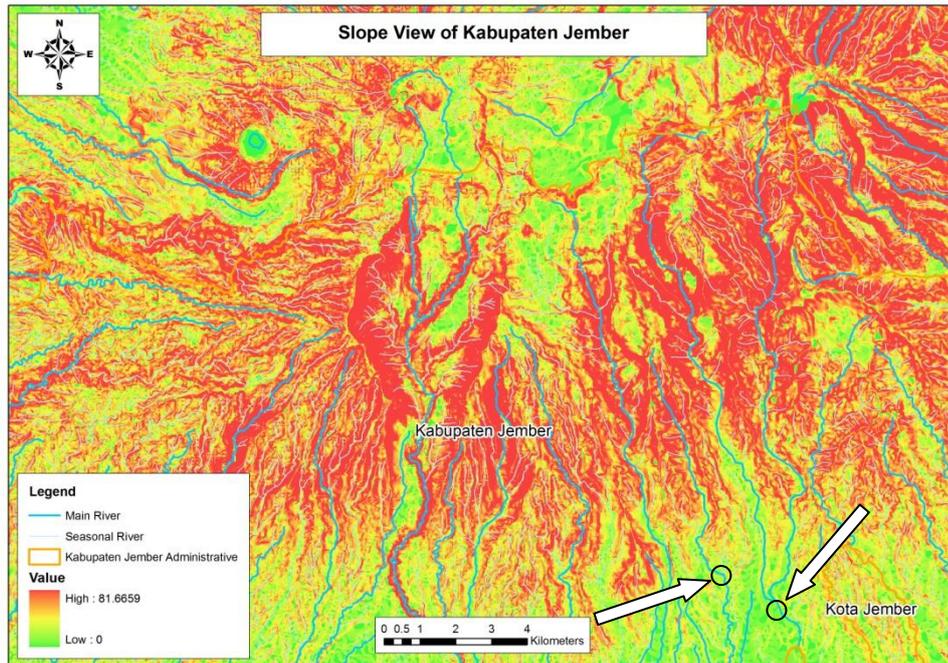
Gambar B.2 - Zona-zona iklim hasil prediksi di wilayah kabupaten Jember



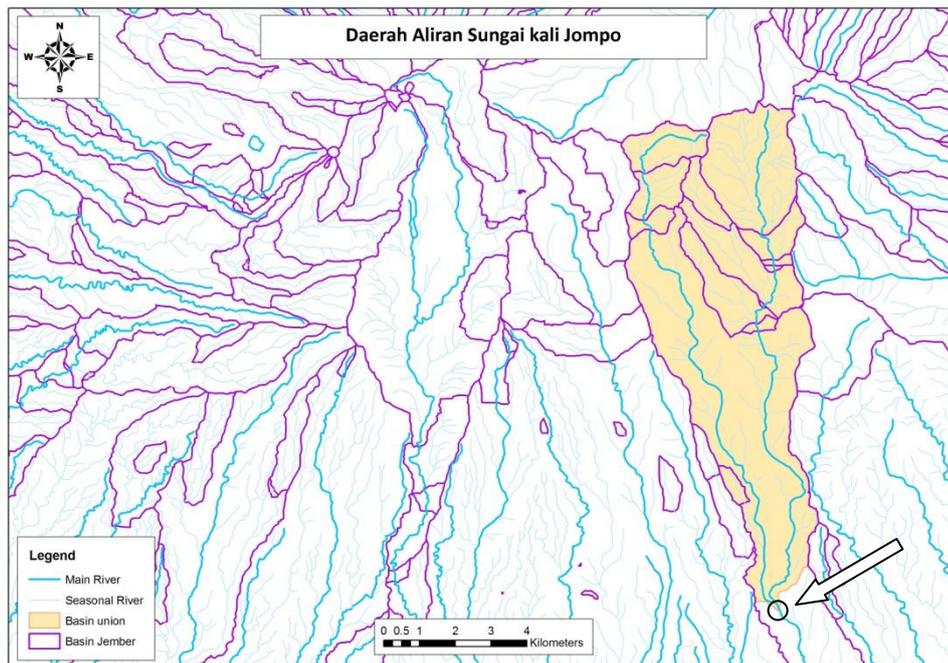
Gambar B.3 - Sub-DAS yang dihasilkan dari data DEM



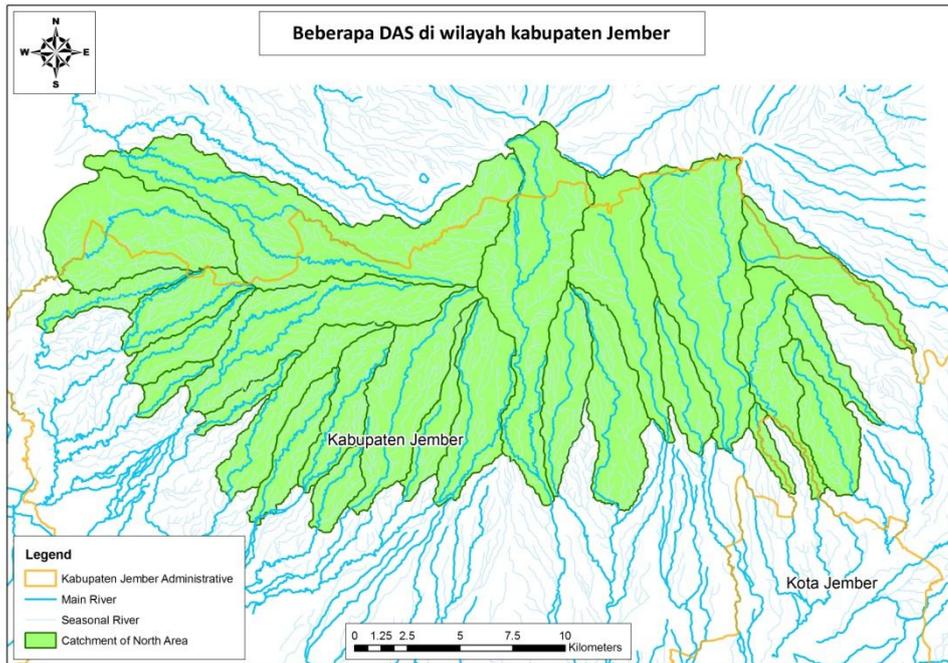
Gambar B.4 - Pemilihan sungai yang tergabung dalam satu DAS



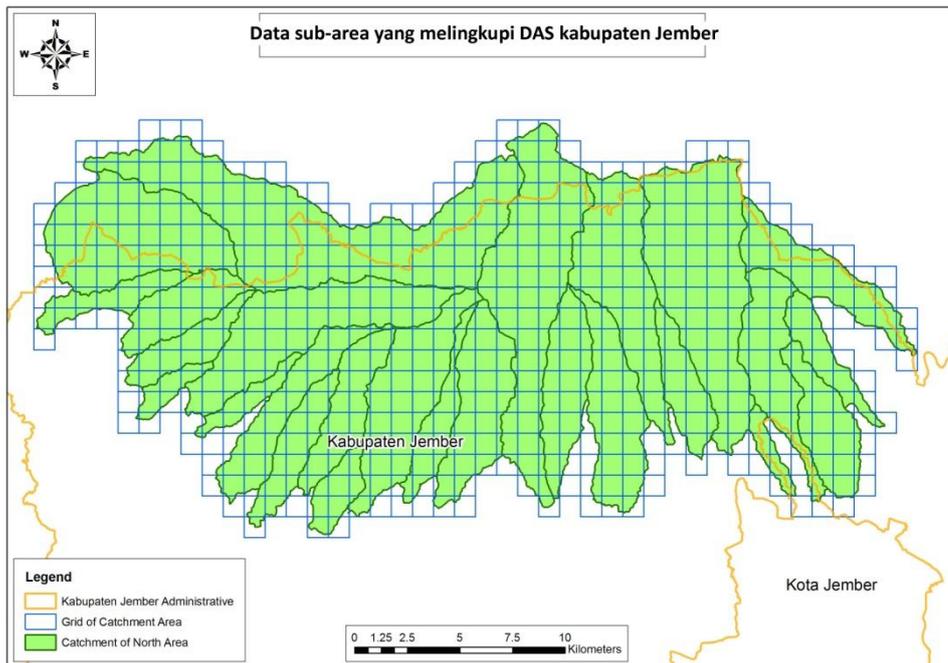
Gambar B.5 - Penetapan batas DAS pada bagian hilir menggunakan data kemiringan



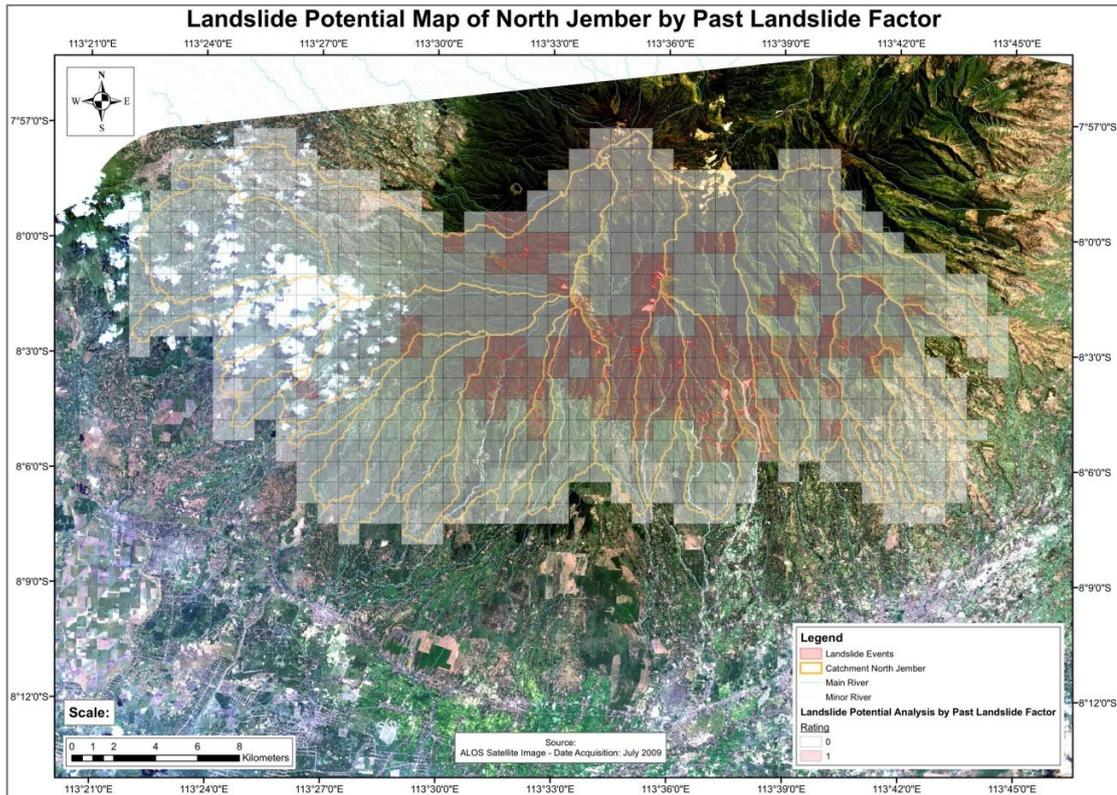
Gambar B.6 - Batas DAS pada bagian hilir



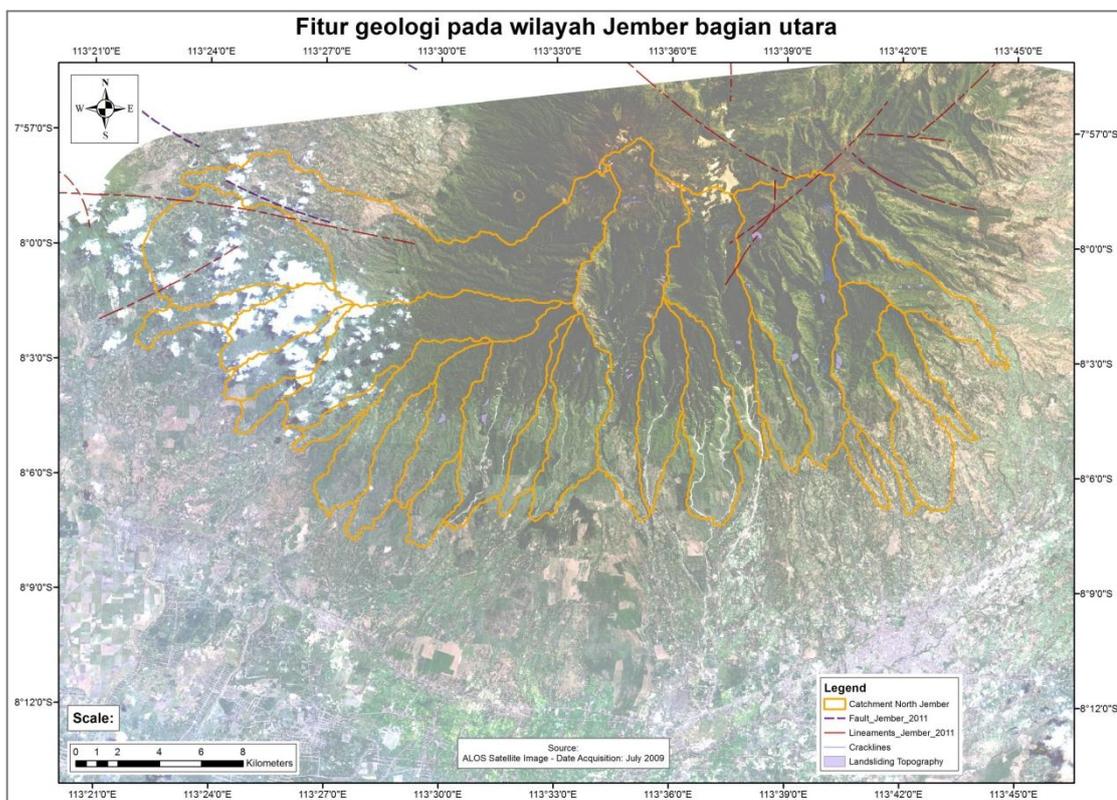
Gambar B.7 - Beberapa DAS pada wilayah utara kabupaten Jember



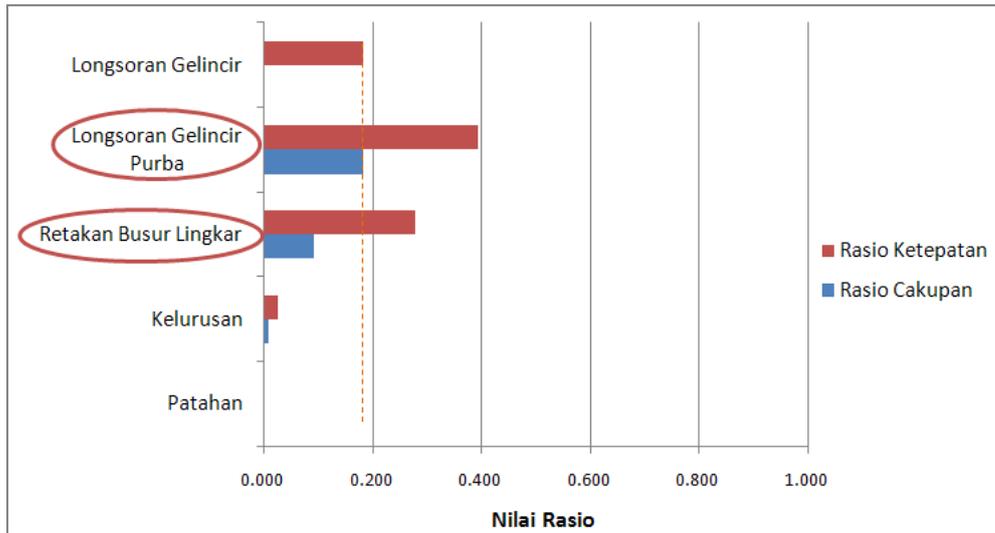
Gambar B.8 - Hasil pembuatan data sub-area pada wilayah utara kabupaten Jember



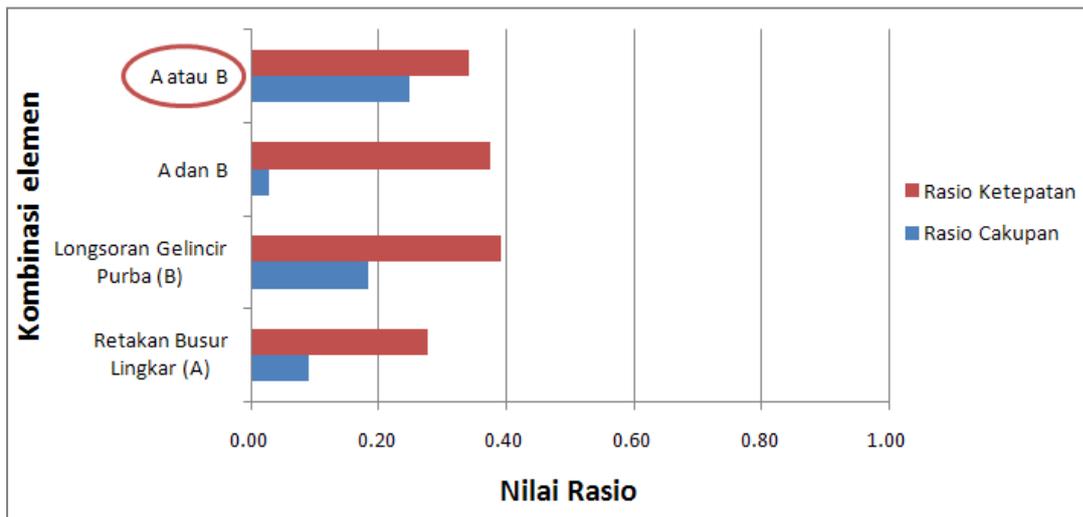
Gambar B.9 - Contoh peta potensi longsor berdasarkan data kejadian longsor masa lalu di wilayah utara kabupaten Jember



Gambar B.10 – Fitur geologi pada wilayah kabupaten Jember bagian utara.



Gambar B.11 - Contoh hasil pemilihan dua fitur geologi dan mikrotopografi yang paling berkorelasi



Gambar B.12 - Contoh hasil pemilihan kombinasi dua fitur geologi dan mikrotopografi yang memiliki nilai rasio ketepatan dan rasio cakupan tertinggi