

APLIKASI PEMANFAATAN DATA KARAKTERISTIK DAS UNTUK MITIGASI BANJIR DAN TANAH LONGSOR

Paimin dan Sukresno

Peneliti Bidang Hidrologi dan Konservasi Tanah

Balai Penelitian Kehutanan (BPK) Solo, Badan Litbang Kehutanan, Departemen Kehutanan

Jl. A Yani-Pabelan PO Box 295 Solo, Tlp/fax 0271 716709/716959

e-mail: bpksolo@indo.net.id; su_kresno@yahoo.co.id

Abstract

The currently use of natural resources in Indonesian's watershed is quite aggressive, explorative, and expansive and also exceeds its carrying capacity and capability, as a results a number of critical watershed continuously increases and the watershed functions as an environmental control continuously decreases, e.g., increase of flood and landslide frequencies. The role of watershed characteristics data as a tool for early warning of susceptibility hazard detection and watershed problem need accurately to be known to implement effective watershed management. By using a formula from "Quick Detection of Sub watershed Degradation Book", a sub-watershed characteristic in the form of a map of susceptibility level of flood disaster (potentially flood and sensitively flooding area) and sensitively landslide with map scale of 1:25.000-1:50.000 could be easily conducted. Data compiler of parameters of a flood disaster vulnerability formula are rainfall, watershed shape, river gradient, drainage density, watershed slope averages, landform, meandering, impounding water flow, river side slopes, land use-cover, and the existing of water control structures. Data compilers of parameters of a landslidesusceptibility formula are rainfall, landslope, geology (rock type and fault-strike existence), soil depth, land use, infrastructures, and settlement density. The availability of data input of each parameters, either format, scale or the age of data and map, mostly varies and need to be corrected, verified, and validated through a uniformly format, scale, and a field check, e.g., rainfall, land use-cover, infrastructures, water control structures, and settlement density data. The use of available data must be criticized and corrected in order that susceptibility information from the produced mop becomes more objective and factual. This method used in the study on evaluating susceptibility of flood and landslide disaster are only valid to be implemented in a sub watershed level within district administrative level.

Keywords: flood, landslide, watershed, susceptible, data

Abstrak

Sumber daya alam di DAS di Indonesia saat ini pemanfaatannya cukup agresif, eksploitatif, dan ekspansif serta telah melampaui daya dukung dan kemampuannya, sehingga jumlah DAS kritis terus meningkat dan fungsi DAS sebagai pengendali lingkungan terus menurun seperti seringnya terjadi bencana alam banjir dan tanah longsor. Peran data karakteristik DAS sebagai sarana untuk deteksi dini kerentanan bencana dan permasalahan DAS perlu diketahui dengan tepat agar pelaksanaan pengelolaan DAS efektif. Melalui formula pada "Buku Sidik Cepat Degradasi Sub DAS", karakteristik tingkat sub-DAS yang berupa peta tingkat kerentanan bahaya banjir (potensi banjir dan daerah rawan banjir) dan rawan longsor dengan skala peta 1:25.000-1:50.000 dapat dilakukan secara mudah. Data penyusun formula potensi banjir dan daerah rawan kebanjiran meliputi parameter-parameter: hujan, bentuk DAS, gradien sungai, kerapatan drainase, lereng rata-rata DAS, bentuk lahan, meandering, pembendungan aliran, lereng kiri-kanan sungai, penggunaan-penutupan lahan, dan keberadaan bangunan air pengendali banjir. Data penyusun formula tanah longsor meliputi parameter-parameter: hujan, lereng lahan, geologi (jenis batuan dan keberadaan sesar), kedalaman regolit, penggunaan lahan, infrastruktur, dan kepadatan pemukiman. Ketersediaan masukan data dari masing-masing parameter, baik format, skala,

maupun umur data dan peta umumnya tidak seragam sehingga perlu dilakukan koreksi, verifikasi dan validasi melalui penyamaan format dan skala serta cekung lapangan, misal untuk data: hujan, penggunaan-penutupan lahan, infrastruktur, bangunan air dan kepadatan pemukiman. Pemanfaatan data tersedia harus bersifat kritis dan korektif agar informasi kerentanan dari peta yang dihasilkan lebih obyektif dan faktual. Metode yang digunakan disini hanya berlaku untuk memitigasi kerentanan banjir dan longsor pada tingkat sub-DAS yang berada dalam satu wilayah administrasi kabupaten.

Kata kunci: banjir, longsor, DAS, rentan, data

1. Pendahuluan

DAS merupakan wilayah dimana sumber cadangan dan pasokan air yang sangat dibutuhkan untuk kehidupan di bumi berada, dan disamping itu berfungsi sebagai pengendali air hujan terhadap banjir, kekeringan, dan sedimentasi hasil erosi tanah. Namun demikian kondisi DAS di Indonesia terus mengalami degradasi atau kemunduran fungsi seperti ditunjukkan semakin besarnya jumlah DAS yang memerlukan prioritas penanganan yakni 22 DAS pada tahun 1984 menjadi berturut-turut sebesar 39, 42, dan 62 DAS (prioritas I) masing-masing pada tahun 1994, 1998 dan 2000, serta saat sekarang diperkirakan sekitar 282 DAS (Siregar et al. 2004; SK Menhutbun No. 184/Kpts-II/1999). Kondisi demikian berdampak pada sering terjadinya bencana banjir dan tanah longsor dengan menelan korban jiwa dan harta benda yang tidak sedikit. Memperhatikan kondisi tersebut pengelolaan DAS menjadi salah satu unsur Agenda Peningkatan Kesejahteraan Rakyat yang termuat dalam Revitalisasi Pertanian, Perbaikan Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Pelestarian Lingkungan Hidup, serta Percepatan Pembangunan Infrastruktur, seperti tertuang dalam Rencana Pembangunan Jangka Menengah (RPJM) Nasional (Peraturan Presiden RI No. 7 tahun 2005).

Banjir dan tanah longsor adalah suatu peristiwa alam biasa; kemudian menjadi suatu masalah apabila sudah mengganggu kehidupan dan penghidupan manusia serta menengancam keselamatannya. Dalam pengertian umum, banjir adalah berair banyak dan deras, debit aliran air sungai (limpasan) yang secara relatif lebih besar dari biasanya/normal akibat hujan yang turun di hulu atau di suatu tempat tertentu secara terus menerus, sehingga tidak dapat ditampung oleh alur sungai yang ada, maka air melirnhap keluar dan menggenangi daerah sekitarnya. Sedang banjir bandang adalah banjir besar yang datang dengan tiba-tiba dan mengalir deras menghanyutkan benda-benda besar seperti kayu dan sebagainya (Tim PKPB 2002; Tim PKPS 1997). Dengan demikian banjir harus dilihat dari besarnya pasokan air banjir yang berasal dari air hujan yang jatuh dan diproses oleh daerah tangkapan airnya (catchment area), serta kapasitas palung sungai dalam mengalirkan pasokan air tersebut. Perubahan penutupan lahan di DAS dari hutan ke lahan terbuka atau pemukiman, air hujan yang jatuh di atasnya secara nyata meningkatkan aliran permukaan (runoff) yang selanjutnya bisa memicu terjadinya banjir di hilir (Kodoatie dan Syarief 2006).

Tanah longsor menurut Brook et al. (1991) merupakan salah satu bentuk dari gerak masa tanah, batuan dan runtuhannya yang terjadi seketika bergerak menuju lereng bawah yang dikendalikan oleh gaya gravitasi dan meluncur di atas suatu lapisan kedap yang jenuh air (bidang luncur). Penyebab tanah longsor pada suatu lereng (Hardiyatno 2006) antara lain: perubahan beban pada lereng, pemotongan tanah pada kaki lereng, lereng terjal, tekanan lateral oleh air meningkat, tekanan geser menurun akibat kenaikan kadar air, tekanan pori-tekanan rembesan oleh adanya genangan, dan getaran gempa bumi. Interaksi faktor-faktor penyebab longsor seperti geologi, morfometri, relief, tanah, dan vegetasi, melalui proses alami maupun campur tangan manusia pada lereng, akan membentuk

karakteristik fisik daerah tangkapan air (DAS). Melalui pendekatan DAS yang dipandang sebagai suatu ekosistem (Asdak 1995), maka setiap air hujan yang jatuh di atas DAS akan diproses A. SueA kemudian dikeluarkan untuk menghasilkan luaran berupa limpasan permukaan yang besar (banjir) dan sedimen hasil dari tanah longsor.

Untuk memitigasi secara akurat terhadap ancaman bencana banjir dan tanah longsor di DAS diperlukan serangkaian data dan informasi untuk mendukung sistem atau formula yang akan digunakan. Salah satu formula yang dapat diadopsi adalah formula yang disusun dalam *Guay Sidik Cepat Degradasi sub-DAS* (Paimin et al. 2006). Disadari bahwa dalam pemanfaatan data tersedia (sekunder) untuk bisa diterapkan pada formula yang tersedia masih banyak dijumpai keberagaman format, skala, umur, serta akurasi sehingga masih diperlukan justifikasi melalui koreksi, validasi, dan verifikasi. Untuk memperoleh metode aplikasi keberagaman data tersebut dilakukan kajian di sub-DAS Kedung yang merupakan salah satu sungai Bengawan Solo. Tujuan penulisan makalah ini adalah untuk memberikan informasi yang dapat dipertanggungjawabkan (stakeholders) dalam merencanakan formula sidik cepat degradasi sub-DAS untuk digunakan sebagai acuan dasar dalam melakukan diagnosis dan mitigasi bencana alam banjir dan tanah longsor secara tepat, obyektif dan rasional.

2. Bahan dan Metode

2.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan di sub-DAS Kedung, DAS Solo, A. SueA secara administratif sebagian besar berada di Kabupaten Wonorejo, Provinsi Jawa Tengah. Posisi geografis lokasi penelitian berada pada $7^{\circ}43'15''$ LS dan $110^{\circ}58'39''$ MT atau $7^{\circ}46'46''$ BT. Wilayah sub-DAS mencakup luas 35.000 Ha. Sebagian besar wilayah berada pada lereng selatan C. Lawu dan sebagian kecil di sebelah selatan sub-DAS merupakan campuran penggunaan vulkanik tua dan batuan sedimen. Jenis tanah secara berturut-turut dari yang terluas yaitu tanah Latosol (Inceptisol) dan Mediteran (Alfisol) di tengah sub-DAS, Andosol di sebelah atas sub-DAS (Utara), dan Lithosol (Entisol) di sebelah bawah sub-DAS (Selatan). Sebaran vegetasi jenis penutupan hutan berada di hulu sub-DAS sebelah atas (Utara) dan perbukitan di sebelah selatan, di bagian tengah jenis vegetasi didominasi oleh pemukiman, tegal-palawija, sawah dan hutan rakyat, sedang tegal-sayuran berada di lereng utara berbatasan dengan kawasan hutan. Kondisi topografi bervariasi dari landai, bergelombang, berombak, dan terjal.

2.2 Bahan dan Peralatan

Bahan penelitian yang akan digunakan meliputi bahan-bahan untuk keperluan survei lapangan, pengolahan, dan analisis data, yaitu: peta peta dasar (berupa peta rupa bumi skala 1:25.000, peta tanah, peta geologi, peta penggunaan lahan), citra satelit (untuk koreksi peta penutupan lahan), PC, perangkat SIG (ArcView 3.3), GPS, peralatan lapangan (seperti: *abney level*, *altimeter*, *meteran*, *kamera*), alat tulis kantor, dan biaya operasional komputer.

2.3 Metode

Dalam melakukan bencana banjir dan tanah longsor, formula yang digunakan mengacu pada "Guay Sidik Cepat Degradasi Sub DAS" (Paimin et al. 2006) yang secara rinci parameter-parameter untuk mitigasi potensi banjir, daerah rawan banjir, dan daerah rawan longsor disajikan pada Lampiran 1 dan 2. Hasil A. SueA harus dicapai dalam mitigasi tersebut adalah peta kerawanan potensi banjir, daerah rawan banjir dan daerah

rawan tanah longsor yang bisa dimanfaatkan untuk sosialisai dan peringatan dini kepada masyarakat, khususnya yang berada pada daerah-daerah yang kemungkinan memiliki potensi bencana tinggi. Dalam proses penyusunan, justifikasi data yang tersedia perlu dilakukan karena ketidak-seragaman format, skala, umur, dan akurasi. Skala peta perlu diselaraskan dengan skala output-nya yaitu 1:25.000 atau 1:50.000, yaitu pada tingkat skala sub-DAS.

Parameter-parameter terkait kerentanan potensi air banjir terdiri dari parameter alami yang relatif sulit dikelola seperti data hujan harian maksimum rata-rata pada bulan-bulan basah, bentuk DAS, gradien sungai, kerapatan drainase, lereng DAS rata-rata, dan parameter manajemen yang mudah dikelola seperti data jenis penutupan-penggunaan lahan. Parameter untuk daerah rawan terkena banjir juga dibedakan antara parameter alam seperti data bentuk lahan, meandering, pembendungan oleh percabangan sungai/air pasang, drainase, dan parameter manajemen seperti data bangunan air. Sedangkan parameter kerentanan tanah longsor alami meliputi data hujan harian kumulatif 3 hari berurutan, lereng lahan, geologi/batuan penyusun, adanya sesar/patahan, kedalaman regolit, dan parameter manajemen yakni data penutupan lahan, infrastruktur, dan kepadatan pemukiman.

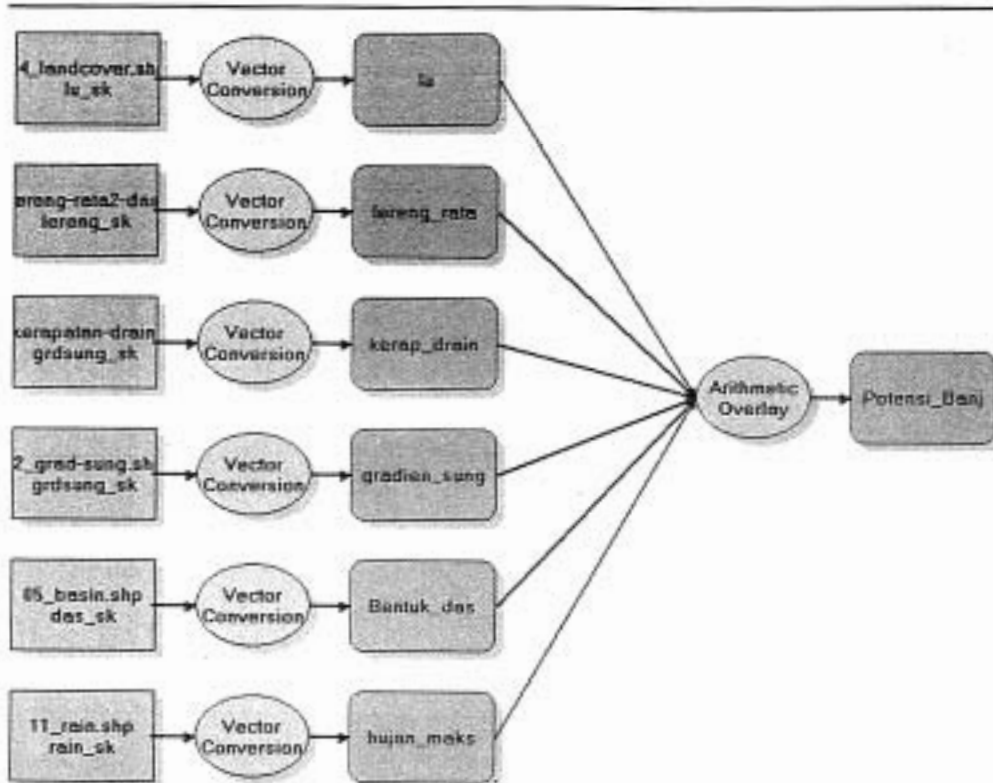
Prosedur kerja dari seluruh data yang diperoleh selanjutnya dihimpun dan dianalisis dengan bantuan perangkat *ArcView GIS* versi 3.3 untuk menyiapkan dan mengolah peta-peta tematik sebagai input sesuai dengan jenis analisis kerentanan yang akan dilakukan (potensi banjir, daerah rawan banjir, daerah rawan longsor). Sehingga penggunaan SIG disamping untuk sinkronisasi skala peta dari berbagai data dan peta yang digunakan untuk penyusunan peta tematik adalah juga untuk mengolah dan menganalisis data dan peta-peta tematik serta memformulasikan hasilnya.

Berdasarkan data dan peta-peta tersedia baik dalam bentuk point, line, dan atau poligon, serta formula yang ada pada Lampiran 1 dan 2 maka dapat disusun tingkat kerawanan banjir (potensi banjir dan daerah rawan banjir) dan tanah longsor dengan cara menjumlahkan seluruh hasil kali dari skor dan bobot pada setiap parameter masukan secara tertimbang untuk tingkat sub-DAS. Dengan menggunakan model builder pada perangkat *ArcView*, peta-peta kerawanan dapat disusun secara cepat dengan menggunakan model seperti pada Gambar 1, 2, dan 3. Nilai hasil dari proses tersebut selanjutnya dikategorikan dengan menggunakan klasifikasi peringkat seperti pada Tabel 1 untuk memperoleh tingkat kerawanan/degradasi sub-DAS.

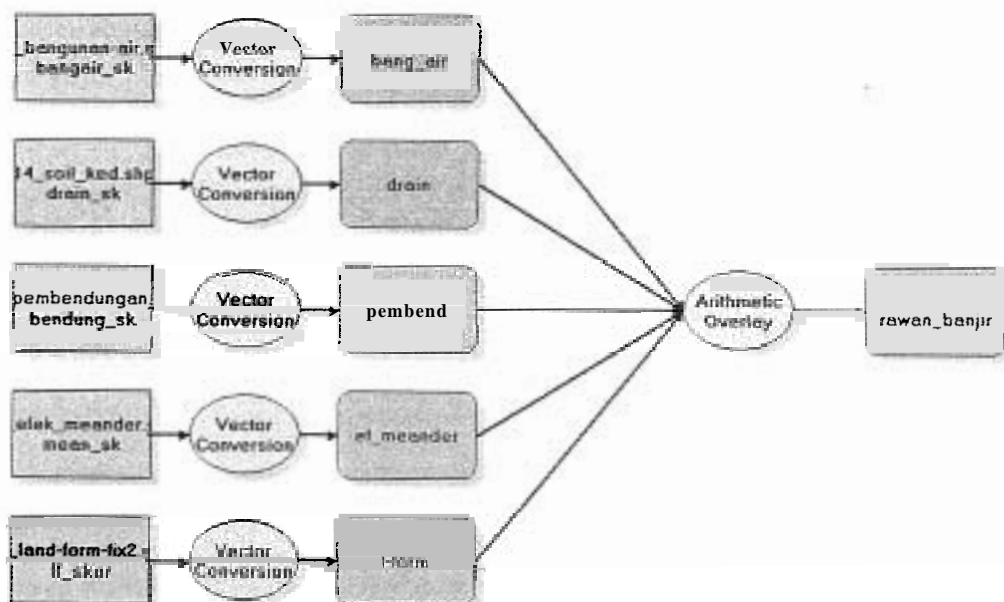
Tabel 1. Klasifikasi Tingkat Kerawanan Banjir dan Tanah Longsor

Kategori	Nilai	Tingkat Kerentanan/Degradasi
Tinggi	$\geq 4,3$	Sangat Rentan/Sangat terdegradasi
Agak Tinggi	3,5 – 4,3	Rentan/Terdegradasi
Sedang	2,6 – 3,4	Agak Rentan/Agak terdegradasi
Agak Rendah	1,7 - 2,5	Sedikit Rentan/Sedikit terdegradasi
Rendah	$< 1,7$	Tidak Rentan/Tidak terdegradasi

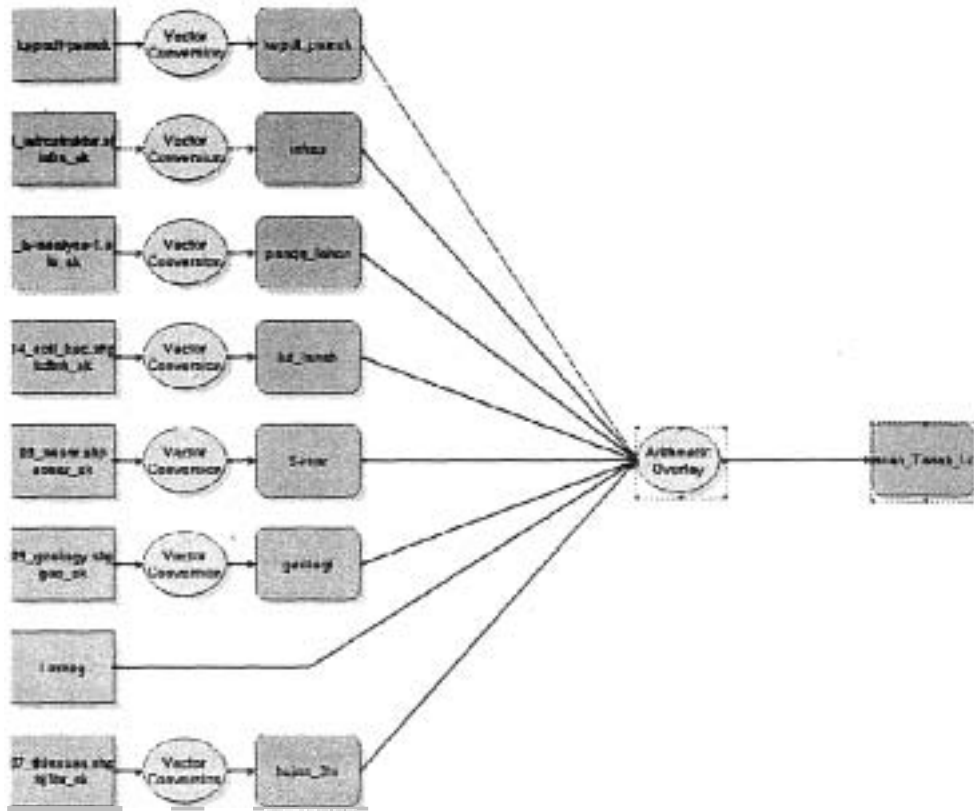
Sumber : Paimin et al. (2006)



Gambar 1. Model analisis kerentanan potensi banjir



Gambar 2. Model analisis kerentanan daerah rawan banjir



Gambar 3. Model analisis kerentanan daerah rawan longsor

3. Hasil dan Pembahasan

Data dan peta untuk pemetaan daerah rawan banjir dan tanah longsor mengacu pada formula di Lampiran I dan 2 yang secara ringkas disusun seperti pada Tabel 2. Dari peta yang tersedia, peta RBI berskala 1:25.000 digunakan sebagai peta dasar, namun perlu koreksi, baik garis kontur maupun jenis penutupan lahannya. Garis kontur perlu dikoreksi kontinuitas garisnya, peta kontur juga bisa diperoleh dari data DEM SRTM, dan dengan peta topografi skala 1:50.000 dari Jawatan Topografi Angkatan Darat. Peta kontur merupakan dasar dalam menyusun parameter morfometri DAS. Sedangkan kondisi penutupan lahan aktual dikoreksi dengan peta penutupan lahan dari Badan Planologi-Dephut, serta analisis citra satelit terbaru yang telah dikoreksi dari hasil pengamatan lapangan, yaitu dengan memperhatikan ciri-ciri yang tampak tetap di alam dimana pada titik yang khas tersebut posisinya ditetapkan dengan GPS.

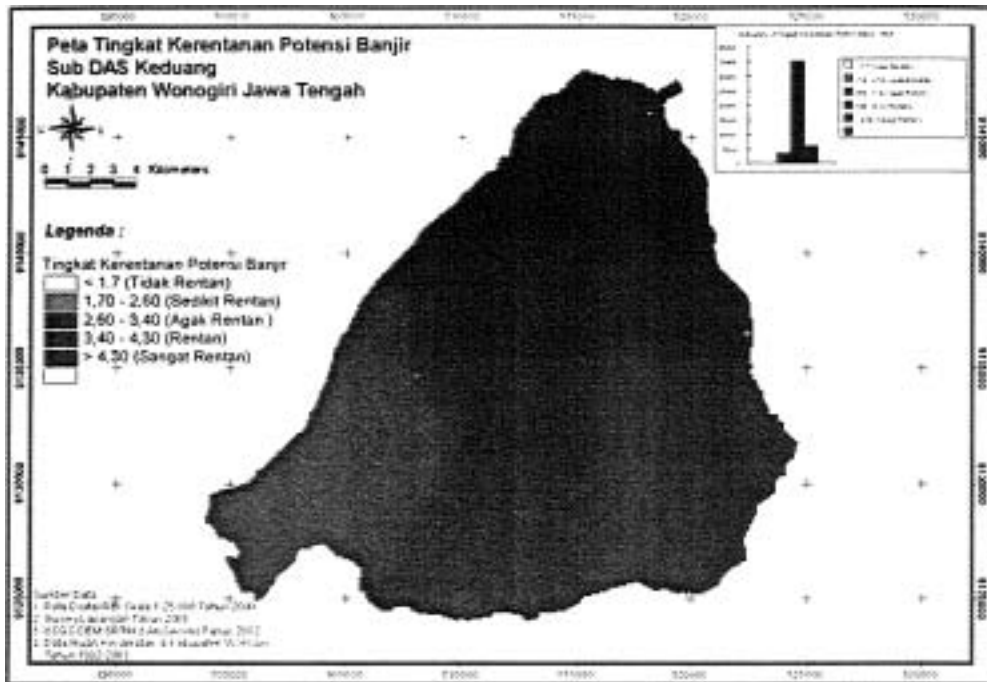
Peta geologi yang tersedia berskala 1:100.000 sehingga perlu koreksi untuk penyesuaian dengan peta dasar skala 1:25.000 yang dilakukan dengan bantuan SIG, citra satelit dan pengamatan lapangan. Parameter yang diperoleh dari peta geologi adalah jenis batuan dan keberadaan garis patahan/sesar/gawir. Dengan cara serupa koreksi dilakukan pada peta sistem lahan yang memuat parameter bentuk lahan.

Aplikasi Pemanfaatan Data Karakteristik DAS untuk Mitigasi Banjir dan Tanah Longsor

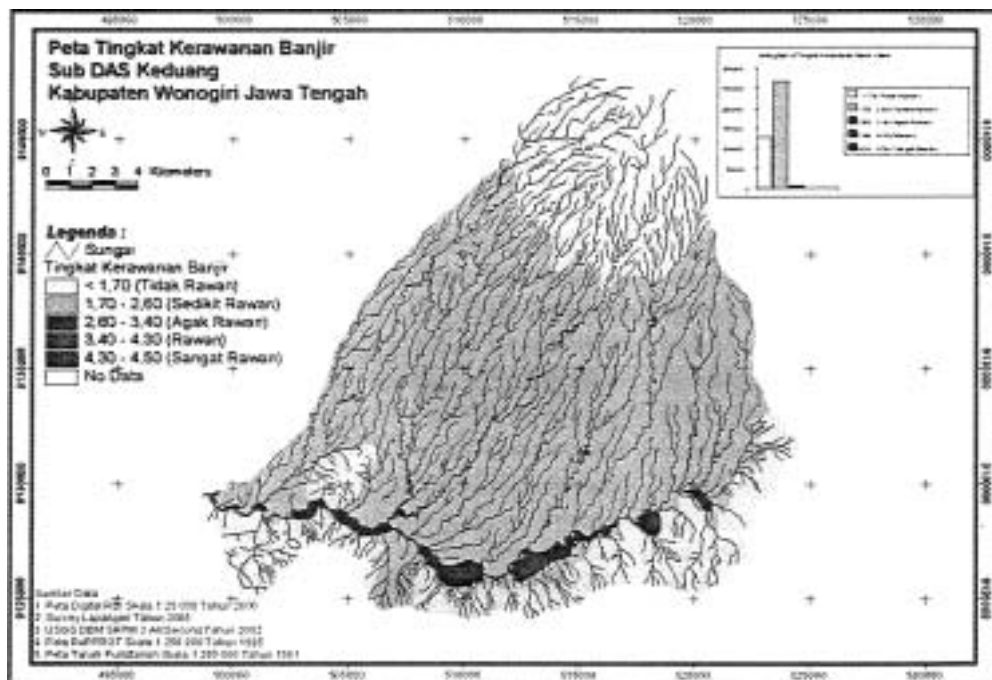
Tabel 2. Pemanfaatan Peta dan Data Sekunder Untuk Diaplikasikan Dalam Mitigasi Banjir dan Tanah Longsor Disub-DAS Keduang, DAS Solo.

No.	Sumber Data/Peta yang Dimanfaatkan	Data Diaplikasikan	Aplikasi ke Formula
1.	Hujan Harian -10 tahun terakhir (Dinas PU dan BMG)	a. Harian maksimum b. Harian kumulatif 3 hari berurutan	Banjir Tanah Longsor
2.	Peta topografi skala 1 : 50.000 tahun 1942 (Jatop TNI AD) &/ peta RBI skala 1: 25.000 tahun 1987 (Bakosurtanal)	a. Morfometri DAS : - Luas wilayah sub-DAS - Bentuk sub-DAS - Gradien sungai - Lereng rata-2 sub-DAS - Kerapatan drainase b. Kelas Lereng Lahan DAS c. Penggunaan/Penutupan lahan d. Jaringan jalan e. Meandering f. Pembendungan/ Percabangan sungai g. Estimasi bentuk lahan	Banjir Tanah Longsor Banjir Tanah Longsor Banjir Tanah Longsor Daerah rawan bajir Daerah rawan bajir Daerah rawan bajir
3.	Peta geologi (Puslitbang Geologi) Skala 1 : 100.000 Tahun 1997	a. Jenis batuan b. Garis gawir/patahan/sesar	Tanah Longsor Tanah Longsor
4.	Peta tanah, skala 1: ?? (Puslitanak)	Estimasi kedalaman regolit	Tanah Longsor
5.	Peta penutupan lahan (Baplan, DepHut)	Jenis & persen penutupan lahan	Banjir Tanah Longsor
6.	Peta sistem lahan Thn 1989 (RePPROT)	a. Bentuk lahan/fisiografi b. Geologi	Banjir Tanah Longsor
7.	Peta penggunaan lahan	a. Sistem pengelolaan b. Luas lahan pertanian	Banjir/Tanah Longsor Kepadatan Agraris
8.	Citra satelit	a. Penutupan Lahan b. Meandering c. Percabangan sungai	Banjir/Tanah Longsor Daerah rawan bajir Daerah rawan bajir
9.	Kabupaten/Kecamatan Dalam Angka 5 tahun terakhir (BPS, Pemda)	a. Penduduk – jumlah b. Luas permukiman	Kepadatan Permukiman

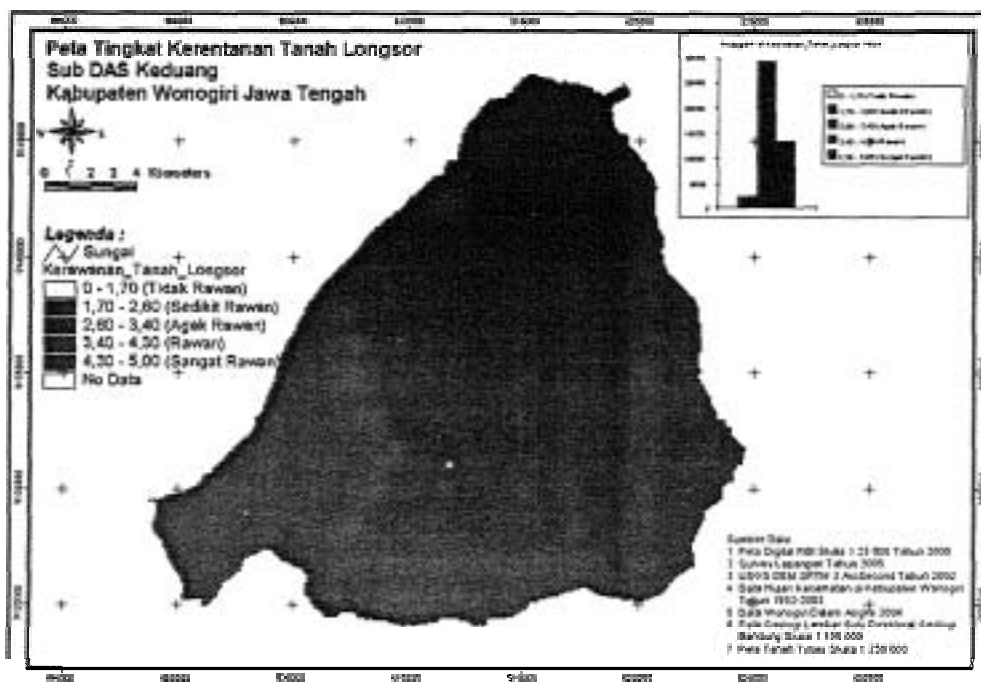
Setelah seluruh data dan peta diselaraskan, barulah diaplikasikan pada formula banjir (Lampiran 1) dan tanah longsor (Lampiran 2) serta diolah dengan menggunakan model pada Gambar 1, 2, dan 3. Hasil analisis data dengan bantuan SIC dapat diperoleh peta kerentanan potensi banjir, peta daerah rawan bencana banjir dan peta kerentanan tanah longsor seperti ditunjukkan pada Gambar 4, 5, dan 6.



Gambar 4. Peta Kerentanan Potensi Banjir di sub-DAS Keduang



Gambar 5. Peta Daerah Rawan Kebanjiran di sub-DAS Keduang



Gambar 6. Peta Daerah Rawan Tanah Longsor di sub-DAS Keduang

4. Kesimpulan dan Saran

Pemanfaatan data karakteristik sub-DAS untuk memitigasi bencana banjir dan tanah longsor perlu dilakukan justifikasi data dan peta terlebih dahulu kemudian diikuti dengan koreksi/pengamatan lapangan sehingga diperoleh keseragaman skala dan sesuai dengan kondisi lapangan aktual. SIC dapat membantu penselarasan skala, validasi data, pemrosesan serta analisis data dan peta secara cepat dan akurat. Peta spasial kerawanan potensi banjir, daerah rawan banjir, dan daerah rawan tanah longsor yang dihasilkan merupakan informasi dasar yang dapat digunakan untuk sosialisasi dan peringatan dini atas wilayah-wilayah yang rentan terhadap bencana alam di suatu sub-DAS. Informasi tersebut selanjutnya dapat dimanfaatkan sebagai sarana untuk menyusun rencana pengelolaan sub-DAS yang efektif sesuai dengan permasalahan setempat.

Keterbatasan metode yang digunakan dalam menerapkan formula penilaian kerentanan DAS ini adalah hanya untuk memitigasi tingkat kerawanan/degradasi wilayah pada skala sub-DAS, khususnya yang berada pada satu wilayah administrasi kabupaten. Sedangkan untuk wilayah yang lebih luas, yaitu pada tingkat DAS yang wilayah administrasinya sudah lintas kabupaten namun masih berada dalam satu wilayah administrasi provinsi maka analisa tingkat kerentanannya akan didasarkan pada karakteristik tipologi kewilayahannya seperti tipologi banjir dari aspek potensi air iimpasan penyebab banjir dan daerah terkena banjir.

Daftar Pustaka

- Asdak C. 1995. Hidrologi dan Pengeioloan Daerah Aliran Sungai. Gajah Mada University Press.
- Brook KN, PF Ffolliott, HM Gregersen, and JK Thames. 1991. Hydrology and The Management of Watersheds. Iowa State University Press, Ames, USA.
- Dixon JA and KW Easter. 1986. integrated Watershed Management: An Approach to Resource Management. In: Easter KW, JA Dixon, and MM Hufschmidt (Eds.). Watershed Resources Management. An Integrated Framework with Studies from Asia and the Pasific. Studies in Water Policy and Management, No. 10. Westview Press and London. Honolulu.
- Hardiyatmo HC. 2006. Penanganan Tanah Longsor dan Erosi. Gajah Mada University Press, Yogyakarta. 450p.
- Kodoatie RJ dan R Syarief. 2006. Pengelolaan Bencana Terpadu: Banjir, Longsor, Kekeringan dan Tsunami. Yarsif Watampone, Jakarta. 306 p.
- Paimin, Sukresno, dan Purwanto. 2006. Sidik Cepat Degradasi Sub Daerah Aliran Sungai (Sub DAS). Puslitbang Hutan dan Konservasi Alam, Badan Litbang Kehutanan, Dep. Kehutanan, Bogor.
- Peraturan Presiden No.7 tentang Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional tahun 2004 2009, tanggal 19 Januari 2005.
- Seyhan E. 1993. Dasar-Dasar hidrologi (edisi Indonesia-cetakan kedua). Gajah Mada University Press, Bulaksumur, Yogyakarta.
- Siregar MRT, A Djajadiningrat, Hiskin, D Syamsi, N Idayanti dan Widyarni. 2004. Road Map Teknologi: Pemantauan Daerah Aliran Sungai (DAS) dan Pengolahan Limbah. LIPI Press, Jakarta. 244p.
- Tim PKPS. 1997. Kamus Pertanian Umum. PT. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Tim PKPB. 2002. Kamus Besar Bahasa Indonesia. PT (Persero). Balai Pustaka, Jakarta.

Lampiran I. Formulasi Banjir dan Daerah Rawan Banjir

No	Parameter/Bobot	Besaran	Kategori Nilai	Skor
I	POTENSI BANJIR			
A	ESTIMASI (100%)			
1	ALAMI (70%)			
a	Hujan harian maksimum rata-rata pada bulan basah (mm/hari) (40%)	< 20 21-40 47-75 76-150 >150	Rendah Agak Rendah Sedang Agak Tinggi Tinggi	1 2 3 4 5
b	Bentuk DAS (10%)	Lonjong Agak Lonjong Sedang Agak Bulat Bulat	Rendah Agak Rendah Sedang Agak Tinggi Tinggi	1 2 3 4 5
c	Gradien Sungai (%) (10%)	< 0,5 0,5-1,0 1,1-1,5 1,6-2,0 > 2,0	Rendah Agak Rendah Sedang Agak Tinggi Tinggi	1 2 3 4 5
d	Kerapatan drainase (5%)	Jarang Agak Jarang Sedang Rapat Sangat Rapat	Rendah Agak Rendah Sedang Agak Tinggi Tinggi	1 2 3 4 5
e	Lereng rata-rata DAS (%) (5%)	< 8 8-15 16-25 26-45 > 45	Rendah Agak Rendah Sedang Agak Tinggi Tinggi	1 2 3 4 5
2	MANAJEMEN (30%)			
a	Penggunaan lahan (30%)	Hutan Alam H Prod/Perkeb Pek/Smak/Blk Sawah/Tegal-teras Tegal/Pmk-kota	Rendah Agak Rendah Sedang Agak Tinggi Tinggi	1 2 3 4 5

Lampiran 1 (lanjutan)

B	PENGUKURAN (100%)			
a	Debit puncak spesifik (m ³ /dt/km ²) (100%)	< 0,58 0,58-1,00 1,01-1,50 1,51-5,00 > 5,00	Rendah Agak Rendah Sedang Agak Tinggi Tinggi	1 2 3 4 5
II	DAERAH RAWAN BANJIR			
1	ALAMI (80%)			
a	Bentuk lahan (30%)	Pegunungan Perbukitan Kipas & Lahar Dataran Dataran Aluvial, Lembah Aluvial, Jalur Kelokan	Rendah Agak Rendah Sedang Agak Tinggi Tinggi	1 2 3 4 5
b	Meandering (25%)	Tidak ada/lurus Jarang Agak Tajam Tajam Sangat Tajam	Rendah Agak Rendah Sedang Agak Tinggi Tinggi	1 2 3 4 5
c	Pembendungan oleh percabangan sungai/air pasang (20%)	Tidak ada Anak Cab S Induk Cab S Induk S Induk/Bottle neck Pasang Air Laut	Rendah Agak Rendah Sedang Agak Tinggi Tinggi	1 2 3 4 5
d	Drainase (% lereng lahan kiri-kanan sungai) (5%)	Sangat Lancar (>15) Lancar (8-15) Agak Lancar (5-8) Agak Terhambat (2-5) Terhambat (<2)	Rendah Agak Rendah Sedang Agak Tinggi Tinggi	1 2 3 4 5
2	MANAJEMEN (20%)			
a	Bangunan air (20%)	Waduk+Tanggul tinggi dan baik Waduk Tanggul Tanggul buruk Tanpa Bangunan	Rendah Agak Rendah Sedang Agak Tinggi Tinggi	1 2 3 4 5

Lampiran 2. Formulasi Kerentanan Tanah Longsor

No	Parameter/Bobot	Besaran	Kategori Nilai	Skor
A	ALAMI (70%)			
a	Hujan harian kumulatif 3 hari berurutan (mm/3 hari) (25%)	< 50 50-99 100-199 200-300 >300	Rendah Agak Rendah Sedang Agak Tinggi Tinggi	1 2 3 4 5
b	Lereng lahan (%) (15%)	<15 15-24 25-44 45-65 >65	Rendah Agak Rendah Sedang Agak Tinggi Tinggi	1 2 3 4 5
c	Geologi (Batuan) (12.5%)	Dataran Aluvial Perbukitan Kapur Perbukitan Granit Perbukitan Bat. sedimen Bkt Basal-Clay Shale	Rendah Agak Rendah Sedang Agak Tinggi Tinggi	1 2 3 4 5
d	Keberadaan sesar patahan/gawir (m) (10%)	Tidak ada Ada	Rendah Tinggi	1 5
e	Kedalaman tanah (regololit) sampai lapisan kedap (m) (7.5%)	< 1 1-2 2-3 3-5 >5	Rendah Agak Rendah Sedang Agak Tinggi Tinggi	1 2 3 4 5
B	MANAJEMEN (30%)			
a	Penggunaan Lahan (20%)	Hutan Alam Hut Tan/Perkebunan Semak/Blikar/Rumput Tegal/Pekarangan Sawah/Pemukiman	Rendah Agak Rendah Sedang Agak Tinggi Tinggi	1 2 3 4 5
b	Infrastruktur (7.5%)	Tak Ada Jalan Memotong Lereng Lereng Terpotong Jalan	Rendah Tinggi	1 5
c	Kepadatan Pemukiman (org/km ²) (2.5%)	<2000 2000-5000 5000-10000 10000-15000 >15000	Rendah Agak Rendah Sedang Agak Tinggi Tinggi	1 2 3 4 5