

ESTIMASI SEBARAN DAERAH RAWAN BANJIR BANDANG SUB DAERAH ALIRAN SUNGAI SUMBER BRANTAS KOTA BATU: APLIKASI MODEL GENRIVER & SISTEM INFORMASI GEOGRAFI

Adimas Putro Utomo, Didik Suprayogo, Sudarto*

Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya

*penulis korespondensi: sudarto_fpub@yahoo.com

Abstract

Flood is a major disaster which often occurred in last decade. Generally, land management in upper watershed is the main driving factor that cause flood. Upper watershed area should be intended for catchment area, but in fact land use change from natural forest become agriculture practices continuously happened. This research was done in September-October 2008 in Sumber Brantas sub watershed, City of Batu and some part of Malang Regency. Spatial analysis and land mapping was done in Geographic Information System Laboratory of Soil Science Department, Brawijaya University. The objective of this research was to estimate troubled area of flash flood distribution. The parameters were: river flow discharge, slope, distance from river & elevation. The predicted river flow discharge was compared to actual river flow discharge and statistically tested using doubled regression. This was done to know the accuracy of the model. River flow debit assessment using 15 micro sub watersheds with Thiessen Fraction Distribution (TFD-micro watershed) treatment result the most accurate river flow debit compared to field measurement. River flow debit assessment using one watershed with Average Thiessen (AT-watershed) treatment result lower accurate compared to TFD-micro watershed. In AT-watershed treatment river flow debit result is slightly close to measurement, but there are a significant difference in July and August. The worst result of the validation is the method using 15 micro sub watersheds with Average Thiessen. This caused by rainfall distribution which was used as input data was inappropriate with micro sub watershed distribution in Sumber Brantas sub watershed area. Totally the troubled area of flash flood based on troubled river area of flash flood is as much as 202.23 ha. Troubled area of flash flood is located in 4 Sub Regency, they are: Batu sub- regency as much as 29.39 ha, Bumiaji sub-Regency as much as 164.43 ha, Junrejo sub-Regency as much as 6.08 ha and Pujon sub-Regency as much as 2.43 ha.

Key words: flash flood, landuse, river flow

Pendahuluan

Banjir merupakan salah satu bencana yang sering terjadi pada dekade terakhir. Pada umumnya, pengelolaan lahan pada bagian hulu sungai merupakan faktor utama penyebab terjadinya banjir. Bagian hulu sungai merupakan wilayah yang seharusnya diperuntukkan sebagai wilayah serapan. Tetapi, pada saat ini alih guna lahan hutan menjadi

lahan pertanian sangat banyak terjadi. Hal ini menyebabkan terjadinya kerusakan fungsi lahan dan fungsi ekologi antara lain tidak adanya wilayah resapan dan sedimentasi pada dasar sungai. Kerusakan ini dapat menyebabkan terjadinya bencana banjir yang berdampak negatif bagi warga dan lingkungan sekitarnya. Dampak dari banjir ini antara lain kerusakan pada lahan pertanian, kerusakan infrastruktur, serta korban jiwa dan harta

benda yang disebabkan oleh luapan air yang berlebihan. Indonesia merupakan salah satu negara yang dinilai rentan terhadap resiko iklim, baik saat ini maupun masa mendatang.

Selama periode 2003-2005 Indonesia mengalami hampir 1.429 bencana dengan persentase bencana banjir sebanyak 34.1 % (Boer dan Kartikasari 2007). Hal ini karena Indonesia merupakan salah satu negara tropis yang memiliki curah hujan yang cukup tinggi. Letak kawasan pada suatu wilayah DAS mempengaruhi karakteristik banjir yang terjadi. Pada kawasan hulu DAS debit air tinggi dan cepat terakumulasi, tetapi karena kondisi topografi yang curam dan terjal maka genangan air akan berlangsung singkat.

Pada bagian tengah DAS, banjir datangnya tidak secepat pada daerah hulu, tetapi pada kawasan ini genangan membutuhkan waktu lebih lama untuk dapat keluar dengan memanfaatkan gaya berat dari air itu sendiri. (Lukanto dalam Putra, 2006). Mengingat tingginya tingkat curah hujan dan semakin maraknya alih guna fungsi lahan di Indonesia, maka perlu adanya masukan dan informasi sebagai bahan pertimbangan dalam pengambilan keputusan mitigasi dan pengelolaan wilayah dengan mempertimbangkan aspek ekologi dan kebutuhan hidup umat manusia. Dari berbagai macam dampak yang dapat terjadi karena banjir, penulis menitik beratkan pada tingkat kerawanan dan sebaran banjir bandang.

Tujuan penelitian ini adalah untuk Validasi penggunaan model hidrologi dari Genriver dengan data pengukuran lapangan, dan untuk mengetahui daerah rawan banjir bandang.

Metode Penelitian

Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Sub daerah aliran sungai (DAS) Sumber Brantas Kota Batu dan sebagian berada di Kabupaten Malang. Analisa spasial dan pemetaan akan dilaksanakan di Laboratorium Sistem Informasi Geografi Jurusan Tanah Universitas Brawijaya. Penelitian akan dilaksanakan pada bulan September-Januari 2009.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan adalah *Printer Canon iP 1800, Scanner Epson A4, Global Positioning System (GPS) Garmin e-trex Venture, ArcGis 9.2, Arc View 3.2, Er Mapper 7.0, Erdas Imagine 8.0, Pci Geomatic 9.0, Microsoft Exel, Stell 7.0.3 (GenRiver)*. Bahan yang digunakan adalah Citra Satelit Landsat 7 ETM + Thn1989 dan 2002 *Path 118 & Row 065*, Citra Satelit ASTER Tahun 2006 *Path 115 Row 20*, Peta RBI Thn 2001 Bakosurtanal, Data Debit air tahun 1998-2007, Data Curah Hujan Harian thn 1998-2007, Data Suhu Harian thn 1998-2000.

Tahapan Penelitian

Dalam penelitian tentang sebaran daerah rawan banjir bandang ini, dilakukan beberapa tahap untuk melakukan integrasi terhadap data-data baik spasial maupun non spasial. Sebelum melakukan estimasi daerah rawan banjir bandang, terlebih dahulu perlu dilakukan validasi data debit aliran sungai yang diperoleh dari pemodelan dalam GenRiver. Hasil simulasi data debit aliran yang diperoleh dari pemodelan ini digunakan sebagai masukan data yang berfungsi sebagai salah satu parameter dalam melakukan estimasi sebaran daerah rawan banjir bandang. Secara rinci, proses estimasi daerah rawan banjir bandang sebagai berikut:

Validasi Data Pemodelan Genriver Dengan Data Pengukuran Lapangan.

Data yang paling utama digunakan sebagai dasar melakukan validasi data pemodelan adalah sebaran (jumlah) Sub-DAS mikro pada kawasan Sub DAS Sumber Brantas. Sebagai awal pengolahan data, terlebih dahulu batas DAS yang ada di bagi menjadi beberapa Sub-DAS mikro yang selanjutnya akan digunakan sebagai area pengolahan untuk pemodelan dalam GenRiver. Sebelum batas DAS ini digunakan, terlebih dahulu perlu dilakukan pengujian terhadap akurasi data debit hasil pemodelan. Untuk melakukan pengujian Sub-DAS mikro dibedakan menjadi tiga yaitu: 1 Sub-DAS, 10 Sub-DAS dan 20 Sub-DAS. Data yang digunakan untuk membuat batas Sub-DAS adalah data *Digital Elevasi Model (DEM)* yang diolah dengan menggunakan Arc Hydro

9.0 dalam ArcGis 9.1. Selanjutnya ke tiga Sub-DAS ini di masukan sebagai satuan area untuk acuan dalam menghitung luasan landuse, jarak SubDAS dengan outlet, jarak Sub-DAS dengan sungai utama dan parameter lain yang dibutuhkan dalam pemodelan GenRiver. Hasil keluaran debit dari ketiga batas Sub-DAS ini selanjutnya dibandingkan dengan data debit pengukuran lapang yang diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum (DPU) Kota Batu. Analisis statistika digunakan untuk melihat regresi antara data debit sungai simulasi hasil pemodelan dengan data debit sungai hasil pengukuran. Batas Sub-DAS yang mendekati nilai debit pengukuran lapang digunakan sebagai area kerja dalam penelitian ini.

Estimasi Sebaran Daerah Rawan Banjir Bandang

Sebaran daerah rawan banjir bandang diperoleh dengan melakukan integrasi data-data spasial dengan metode pembobotan parameter yang digunakan seperti debit aliran sungai, curah hujan, kelerengan, ketinggian tempat, jarak dari sungai.

Hasil dan Pembahasan

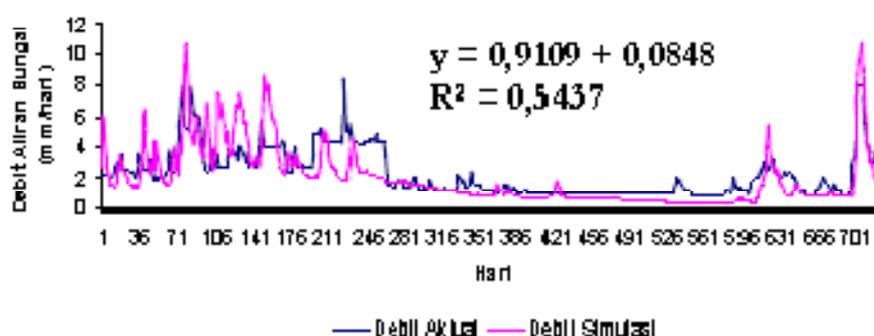
Validasi Model Debit Aliran Sungai

Dalam melakukan validasi terhadap model untuk menduga debit aliran sungai, digunakan tiga metode yaitu: Pendugaan Debit Aliran Sungai Berdasarkan Satu DAS Besar Dengan Perlakuan Thiessen Rata-Rata (TRDAS), Pendugaan Debit Aliran Sungai Berdasarkan 15 Sub DAS Mikro Dengan Perlakuan Thiessen Rata-Rata (TR-DAS Mikro), Pendugaan Debit Aliran Sungai Berdasarkan 15 Sub DAS Mikro Dengan Perlakuan Sebaran Fraksi Thiessen (FST-DAS H Mikro).

TR-DAS

Dari hasil pemodelan metode ini diperoleh nilai regresi $R^2 = 0,5437$. Hal ini menunjukkan debit aktual (sumbu x) mempengaruhi debit simulasi (sumbu y) sebesar 54 %. Tiap peningkatan 1 m³/hari debit aktual diikuti dengan kenaikan debit simulasi sebesar 1,41 m³/hari. Hal ini di dapat dari rumus $y = 0,827x + 0,587$.

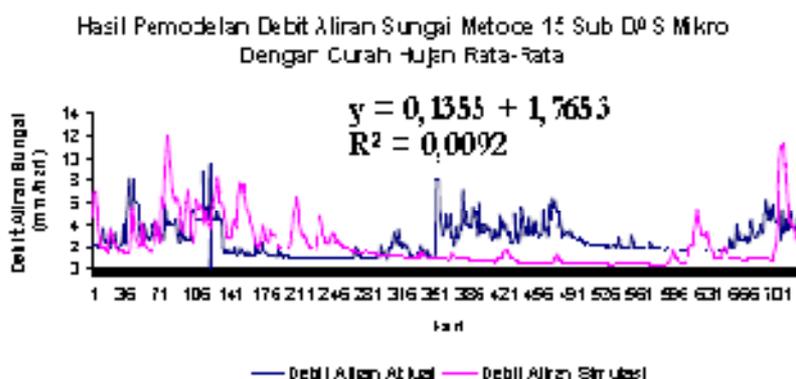
Hasil Pemodelan Debit Aliran Sungai Metode Satu DAS Besar Dengan Curah Hujan Rata-Rata



TR-DAS Mikro

Pemodelan dalam metode ini menggunakan sebaran 15 sub DAS mikro dan kemudian digunakan sebaran curah hujan rata-rata untuk melakukan pendugaan debit aliran sungai. Dari hasil pemodelan diperoleh koefisien hubungan antara debit aliran sungai simulasi dengan debit

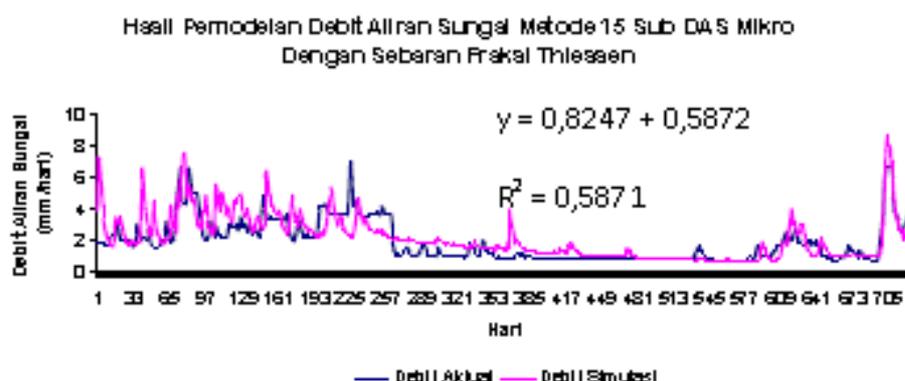
aliran sungai aktual sebesar $R^2 = 0,0092$. Hal ini menunjukkan debit aktual (sumbu x) mempengaruhi debit simulasi (sumbu y) sebesar 0,92 %. Tiap peningkatan 1 m³/hari debit aktual diikuti dengan kenaikan debit simulasi sebesar 1,9 m³/hari. Hal ini di dapat dari rumus $y = 0,827x + 0,5872$.



FST-DAS Mikro

Dalam pemodelan curah hujan yang digunakan adalah curah hujan yang diperoleh berdasarkan sebaran fraksi Thiessen yang ada pada sub DAS Sumber Brantas. Dari hasil pemodelan diperoleh diperoleh nilai regresi $R^2 = 0,5871$. Hal ini menunjukkan debit aktual (sumbu x) mempengaruhi debit simulasi (sumbu y) sebesar 58 %. Tiap peningkatan 1 m³/hari debit aktual diikuti dengan kenaikan debit

simulasi sebesar 1,41 m³/hari. Hal ini di dapat dari rumus $y = 0,827x + 0,5872$. Hasil pemodelan dengan menggunakan 3 metode diatas ditemukan bahwa pemodelan dengan metode FST-DAS Mikro merupakan pemodelan dengan nilai koefisien R² tertinggi yaitu $R^2 = 0,5871$. Hal ini berarti menunjukkan bahwa metode FST-DAS Mikro akan digunakan dalam pemodelan estimasi sebaran banjir bandang.



Penutupan Lahan Sub DAS Sumber Brantas

Penutupan Lahan Tahun 2006

Dari hasil analisa citra satelit ASTER ditemukan luasan penggunaan lahan pada Sub DAS Sumber Brantas tahun 2006. Sebaran penggunaan lahan dapat dilihat pada Tabel 1.

Penutupan Lahan Tahun 2002

Hasil analisa penutupan lahan Sub DAS Sumber Brantas pada tahun 2002 menggunakan citra Landsat 7 ETM+ dapat dilihat pada tabel 2.

Penutupan Lahan Tahun 1989

Hasil analisa penutupan lahan Sub DAS Sumber Brantas tahun 1989 menggunakan citra satelit Landsat 7 ETM+ dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 1. Luasan Penggunaan Lahan Tahun 2006

Penggunaan Lahan	Luasan (ha)	Persentase (%)
Kebun	3185	18
Tegalan	3496	20
Hutan Alami	1377	8
Lahan Terbuka	95	1
Pemukiman	1255	7
Bayangan	352	2
Sawah	269	2
Awan	550	3
Semak	4404	25
Hutan Terganggu	807	5
HP Berbasis Pohon	1595	9
Luasan Total	17385	100

Tabel 2. Luasan Penggunaan Lahan Tahun 2002

Penggunaan Lahan	Luasan (ha)	Persentase (%)
Kebun	2928	17
Tegalan	2298	13
Hutan Alami	1629	9
Lahan Terbuka	26	0
Pemukiman	975	6
Bayangan	993	6
Sawah	672	4
Awan	59	0
Semak Belukar	3742	22
Hutan Terganggu	2405	14
HP Berbasis Pohon	1656	10
Luasan Total	17385	100

Analisa Perubahan Penggunaan Lahan

Hasil analisa citra satelit Landsat 7 ETM+ periode 1989-2002 menunjukkan bahwa luasan hutan alami pada tahun 1989 sebesar 5.357 ha dan mengalami penurunan pada tahun 2002 menjadi 1.629. Perubahan luasan hutan alami sebesar 3.728 ha atau 70 %. Hutan produksi berbasis pohon mengalami peningkatan sebesar 433 ha (35 %), dimana pada tahun 1989 luasan penggunaan lahan ini mencapai 1.222 ha menjadi 1.656 ha pada tahun 2002. Hal ini disebabkan karena adanya konversi lahan hutan alami menjadi hutan produksi yang

memiliki nilai ekonomi tinggi. Penggunaan lahan kebun pada tahun 1989 sebesar 4.081 ha dan tahun 2002 menjadi 2.928 ha. Luasan lahan ini mengalami penurunan luasan sebesar 28 %.

Tabel 3. Luasan Penggunaan Lahan Tahun 1989

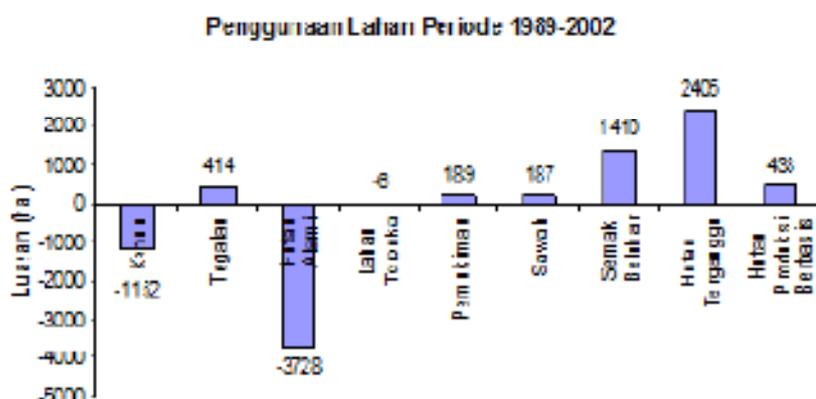
Penggunaan Lahan	Luasan (ha)	Persentase (%)
Semak Belukar	2332	13
Hutan Alami	5357	31
Sawah	485	3
Kebun	4081	23
Tegalan	1884	11
Hutan Produksi	1222	7
Bayangan	492	3
Pemukiman	786	5
Lahan Terbuka	32	0
Awan	712	4
Luasan Total	17385	100

Tegalan mengalami peningkatan luas pada tahun 2002, dimana pada tahun 1989 luas tegal sebesar 1.884 ha menjadi 2.298 ha. Peningkatan luas lahan sebesar 414 ha (22 %). Luasan lahan terbuka tahun 1989 adalah 32 ha dan tahun 2002 sebesar 26 ha. Pada penggunaan lahan ini terjadi penurunan luas sebesar 19 %. Hal ini disebabkan karena dimanfaatkannya lahan terbuka di tahun 2002 menjadi lahan tegalan. Untuk lahan pemukiman mengalami peningkatan sebesar 189 ha (24 %). Salah satu faktor penyebab peningkatan jumlah pemukiman ini karena pertumbuhan penduduk yang meningkat pada tahun 2002. Luasan lahan sawah tahun 1989 sebesar 485 ha dan pada tahun 2002 menjadi 672 ha, hal ini berarti bahwa lahan sawah mengalami penurunan luasan sebesar 187 ha (39 %). Sementara untuk semak belukar mengalami peningkatan luasan sebesar 1.410 ha (60 %) dari 2.332 ha menjadi 3.742 ha. Hasil analisis perubahan penutupan lahan tahun 2002 dan 2006 menunjukkan bahwa total luasan hutan alami mencapai 1.629 ha pada tahun 2002. Hutan alami pada tahun 2006 sebesar 1.377 ha, penggunaan lahan ini mengalami penurunan sebesar 252 ha atau mengalami penurunan 15 %. Hutan terganggu pada tahun 2002 sebesar 2.405 ha dan pada tahun 2006

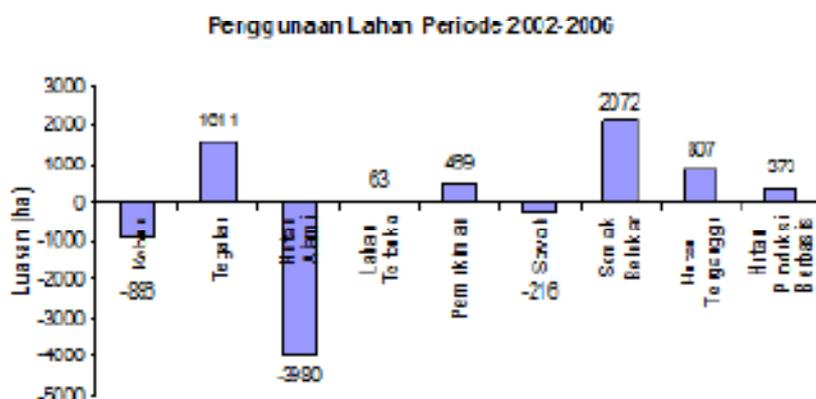
mengalami penurunan sebesar 1.599 ha (66 %) dengan luas area menjadi 807 ha. Untuk penggunaan lahan hutan produksi berbasis pohon, pada tahun 2002 luas area sebesar 1.656 ha dan mengalami penurunan 4 % pada tahun 2006 menjadi 1.595 ha. Penggunaan lahan kebun mengalami peningkatan sebesar 256 ha atau sebesar 9 % menjadi 3.185 ha pada tahun 2006. Hal ini berkaitan dengan kebutuhan ekonomi masyarakat kota batu yang meningkat. Tegalan pada tahun 2002 sebesar 2.298 ha dan pada tahun 2006 sebesar 3.496 ha. Untuk tahun 2006 tegalan mengalami peningkatan luasan sebesar 1.198 ha (52 %). Peningkatan luasan wilayah juga terjadi pada lahan terbuka, dimana pada tahun 2002 luas lahan terbuka adalah 26 ha dan pada tahun 2006 sebesar 95 ha. Terjadi peningkatan luasan

lahan sebesar 69 ha atau 268 %. Tahun 2002 luasan lahan sawah mencapai 672 ha dan pada tahun 2006 mengalami penurunan sebesar 403 ha (60 %) menjadi 269 ha. Semak belukar mengalami peningkatan luasan sebesar 661 ha (18 %) dari 3.742 ha menjadi 4.404 ha tahun 2006. Peningkatan luasan semak belukar ini disebabkan karena terdapat lahan kebun/tegalan yang sudah tidak digunakan lagi, sehingga ditumbuhi oleh semak belukar. Perkembangan sosial menyebabkan terjadinya peningkatan jumlah penduduk di kota Batu yang berakibat pada peningkatan luasan wilayah untuk bermukim. Tahun 2002 pemukiman memiliki luas sebesar 975 ha dan meningkat menjadi 1.255 ha pada tahun 2006. Lahan pemukiman mengalami peningkatan sebesar 280 ha atau 29 %.

Penggunaan Lahan Periode 1989-2002



Penggunaan Lahan Periode 2002-2006



Analisa Sebaran Daerah Rawan Banjir Bandang

Pendugaan sebaran daerah rawan banjir bandang pada Sub DAS Sumber Brantas dilakukan dengan menggunakan metode pembobotan (weighted overlay). Pembobotan dilakukan berdasarkan keempat faktor yang mempengaruhi terjadinya banjir bandang, yaitu : lereng, ketinggian tempat, curah hujan dan debit aliran sungai. Kelerengan dan debit aliran sungai memiliki pengaruh yang sangat besar terhadap potensi terjadinya banjir bandang, sehingga lereng dan debit aliran sungai diberi bobot sebesar 35 %. Kemudian untuk curah hujan dan ketinggian tempat masing-masing diberikan bobot sebesar 20 % dan 10 %. Peta tingkat kerawanan banjir bandang dibagi menjadi lima kelas yaitu kelas 1 (aman), kelas 2 (agak aman), kelas 3 (agak rawan), kelas 4 (rawan) dan kelas 5 (sangat rawan). Selanjutnya dilakukan pendugaan area sungai yang rawan mengalami banjir bandang. Pendugaan ini menggunakan parameter yang sama dengan pendugaan kawasan rawan banjir bandang, tetapi dalam pendugaan ini ditambahkan parameter jarak daratan dari sungai. Untuk nilai pembobotan dalam menentukan area sungai rawan banjir bandang adalah kelerengan sebesar 20%, ketinggian tempat sebesar 10 %, curah hujan sebesar 20 %, debit aliran sungai sebesar 30 % dan jarak dari sungai sebesar 20 %.

Daerah Kecamatan Rawan Banjir Bandang

Secara keseluruhan luasan daerah rawan banjir bandang berdasarkan area sungai rawan banjir bandang sebesar 202,23 ha. Daerah rawan banjir bandang tersebar di 4 kecamatan yaitu : kecamatan Batu sebesar 29,39 ha, kecamatan Bumiaji sebesar 164,43 ha, kecamatan Junrejo sebesar 6,08 ha dan kecamatan Pujon sebesar 2,43 ha. Daerah rawan banjir bandang terluas terletak pada wilayah kecamatan Bumiaji yaitu sebesar 164,43 ha. Hal ini disebabkan karena kondisi kelerengan pada wilayah ini memiliki luasan kelerengan datar sebesar 1489,57 ha. Selain itu kondisi ini juga disebabkan karena wilayah ini terletak pada kawasan yang memiliki curah hujan yang cukup tinggi yaitu sebesar 2300 – 3000 mm/tahun dengan luasan sebesar 2448,79 ha. Sedangkan untuk

kecamatan Batu memiliki luasan banjir bandang yang cukup luas, yaitu sebesar 29,39 ha. Untuk wilayah ini, luasnya daerah banjir bandang disebabkan karena kecamatan Batu memiliki debit aliran cepat dengan luasan sebesar 4693,07 ha. Hal lain yang menyebabkan kondisi ini adalah wilayah ini terletak pada wilayah yang memiliki elevasi rendah dengan luasan sebesar 2531,97 ha. Selain itu kelerengan yang relatif datar juga menjadi salah satu faktor penyebab kondisi banjir bandang pada wilayah ini. Pada kecamatan Junrejo luasan daerah rawan banjir bandang sebesar 6,08 ha. Hal ini disebabkan karena kecamatan ini memiliki debit aliran kelas sedang dengan luasan sebesar 114,62 ha. Selain itu kondisi topografi baik lereng maupun ketinggian tempat, wilayah ini terletak pada lereng yang datar dengan sebagian besar terletak pada daerah yang rendah. Luasan lereng datar dan elevasi yang rendah masing-masing sebesar 512,26 ha dan 1099,48 ha. Daerah rawan banjir bandang yang memiliki luasan terkecil terletak pada kecamatan Pujon dengan luasan sebesar 2,34 ha. Hal ini disebabkan karena wilayah ini terletak pada kawasan dengan kemiringan lereng curam-sangat terjal dengan luasan sebesar 1112,54 ha. Selain itu, kecamatan Pujon juga terletak pada kawasan yang memiliki curah hujan hanya pada kisaran kelas rendah-agak rendah dengan luasan cakupan wilayah sebesar 1502,93 ha.

Tabel 4. Luasan Kecamatan Rawan Banjir Bandang

Nama	Aman	Agak Aman	Agak Rawan	Rawan	Sangat Rawan
Kecamatan	(ha)	(ha)	(ha)	(ha)	(ha)
Batu	0,07	71,93	162,45	29,39	0,00
Bumiaji	0,25	159,66	574,54	162,52	1,91
Junrejo	0,65	51,37	78,59	6,08	0,00
Pujon	0,00	40,70	39,98	2,34	0,00

Penggunaan Lahan Rawan Banjir Bandang

Grafik diatas menunjukkan bahwa luasan terbesar mengalami banjir bandang adalah semak dengan luasan sebesar 6 1,63 ha, kemudian tegalan sebesar 30,62 ha,

penggunaan lahan kebun memiliki luasan sebesar 28,22 ha. Hutan produksi memiliki luasan sebesar 28,19 ha, hutan alami sebesar 20,63 ha. Untuk hutan terganggu memiliki luasan sebesar 14,60 ha. Sementara untuk lahan pemukiman luasan wilayah yang mengalami banjir bandang sebesar 11,77 ha, lahan sawah sebesar 1,64 ha. Dan luasan penggunaan lahan yang paling kecil mengalami banjir bandang adalah lahan terbuka sebesar 4,39 ha.



Kesimpulan

Validasi pemodelan debit aliran sungai menggunakan metode 15 Sub DAS Mikro dengan sebaran fraksi Thiessen memiliki nilai regresi terbaik yaitu $R^2=0,5971$. Kemudian nilai regresi $R^2=0,54$ didapatkan dari metode validasi menggunakan satu DAS Besar dengan Thiessen rata-rata. Sedangkan hasil pemodelan terburuk ditemukan pada metode 15 Sub DAS Besar dengan Thiessen rata-rata dengan nilai 0,0092. Pendugaan debit aliran sungai dengan menggunakan sebaran Sub DAS yang detail menghasilkan tingkat keakuratan data yang baik. Terjadi penurunan terhadap penggunaan lahan berbasis pohon pada periode 2002 – 2006, yaitu hutan alami menurun 15,48 %, hutan terganggu menurun sebesar 66,47 % dan hutan produksi mengalami penurunan sebesar 3,65 %. Luasan daerah rawan banjir bandang yaitu : kecamatan Batu sebesar 29,39 ha, kecamatan Bumiaji sebesar 164,43 ha, kecamatan Junrejo sebesar 6,08 ha dan kecamatan Pujon sebesar 2,43 ha. Luasan penggunaan lahan semak, tegalan, kebun, hutan produksi, hutan alami, hutan terganggu, pemukiman, sawah, lahan terbuka yang rawan mengalami banjir bandang berturut-turut

sebesar 61,63 ha, 30,62 ha, 28,22 ha, 28,19 ha, 20,63 ha, 14,60 ha, 11,77 ha, 1,64 ha dan 4,93 ha.

Daftar Pustaka

- Anonymous(a). 2008. Spesifikasi Citra ASTER. Available At: [http:// aster.indomicrowave.com/](http://aster.indomicrowave.com/). (Verified 10 Jun. 2008).
- Arifin, Y. F. 2006. Faktor Penyebab Banjir dan Kebakaran Hutan dan Lahan Berdasarkan Analisis Data Perubahan Penutupan Lahan dan Iklim Kalimantan Selatan. Available At: <http://lemlit.unlam.ac.id/wp-user.org/downloadpubdoc.php?doc=342> 1. (Verified 5 May. 2008).
- Bapalu G.V dan R. Sinha. 2004. Gis In Flood Hazard Mapping. Available online at [http://www.mailarchive.com/bihanetwork@yahoo.com / msg/00154.html](http://www.mailarchive.com/bihanetwork@yahoo.com/msg/00154.html) content/uploads/2008/02/ yudi-firmanula.pdf. (Verified 17 Apr. 2008).
- Barrett E.C dan L.F. Curtis. 1974. Environmental Remote Sensing. Fletcher & Son Ltd. Norwich.
- Barus, Baba. 1997. Sistem Informasi Geografi : Sarana Manajemen Sumberdaya. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Kartikasari, K. dan R. Boer. 2007. Assessment of Capacity and Needs to Address Vulnerabilities, Adaptations and Resilience to Climate Risks in Indonesia. Available At: <http://www.sea-putra.com>
- Putra, E. H. 2006. Estimasi Daerah Rawan Bencana Banjir Menggunakan Metode Pendekatan Topographic Wetness Index. Available At: [http://www.bpdas-tondano.net/file upload/karyailmiah/ rawanbencana banjir.htm](http://www.bpdas-tondano.net/fileupload/karyailmiah/rawanbencana_banjir.htm). (Verified 12 May. 2008).