

APLIKASI METODE AMBANG BERTINGKAT UNTUK ANALISIS POTENSI BANJIR: STUDI PENDAHULUAN PADA 15 DAS DI JAWA TIMUR
Identification of Potential Flood Flow Using Threshold Level Method: Preliminary Study at 15 Watersheds in East Java

Indarto^{1)*}, Sri Wahyuningsih¹⁾, Muhardjo Pudjojono¹⁾, Hamid Ahmad¹⁾, Tino Bachtiar¹⁾

¹⁾Lab. Teknik Pengendalian dan Konservasi Lingkungan, Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember

Jalan Kalimantan No. 37 Kampus Tegalboto, Jember 68121

*E-mail: indarto.ftp@unej.ac.id

ABSTRACT

This research deals with identification of potential flood discharge from 15 watersheds located in Eastern Part of East Java Province. Recorded times series of daily discharges data are used as main input for the analysis. The discharge data for each watershed are ranked from lowest to high value. Then, the value of discharge correspond to quantile 90% (Q_{90}) is calculated and determined as the threshold level for each watershed. In this case, discharge data more than $> Q_{90}$ value is categorized as flood events. Then, the frequency of flood events are calculated based on monthly or annual time interval. Furthermore, spatial distribution of flood events are visualized by comparing the frequency of flood events amongs the watersheds. Finally, thematics maps corresponde to waterheds properties, frequency of flood events, and rainfall event are presented.

Keywords: *Threslod level method, waterheds, flood indice, East Java*

PENDAHULUAN

Di hampir seluruh penjuru dunia, sumberdaya alam dan lingkungannya telah berada pada kondisi yang sangat mencemaskan, yang tidak terbayangkan sebelumnya. Aktivitas manusia telah merubah karakteristik hidrologi dan ekologi yang alami. Suplai air tidak mencukupi untuk semua penduduk dunia. Bermilyar orang masih dalam status kekurangan air. Resiko banjir meningkat, terjadi penurunan bio-diversivitas sebagai konsekuensi peru-sakan ekosistem perairan sungai. Dampak aktivitas manusia pada permukaan tanah tidak saja terasa pada tingkat lokal, tetapi juga merambah melalui interaksi permukaan tanah – atmosfer, menyebabkan gangguan iklim, mengakibatkan perubahan besar dan frekuensi banjir dan kekeringan sampai merambah wilayah yang terisolir sekalipun (Sivapalan *et al.*, 2003).

Paradigma yang dikembangkan oleh para ahli kebencanaan telah beralih dari

“bagaimana menanggulangi bencana” kepada “bagaimana upaya kita secara proaktif dapat mengurangi resiko terhadap bencana”.... Berkaitan dengan paradigma tersebut, pengurangan dan manajemen resiko bencana membutuhkan data, sistem pelayanan dan sistem informasi yang memadai berbasis pada penerapan pengetahuan dan teknologi untuk membantu proses pengambilan keputusan (Golnaraghi *et al.*, 2013).

Di tingkat Global paradigma penanggulangan bencana mengarah pada implementasi Agenda Post-2015, yang antara lain beralih dari “Pengurangan Resiko Bencana (*Disaster Risk Reduction/DRR*)” kepada “Manajemen Resiko Bencana (*Disaster Risk Managment /DRM*)”. Dalam rangka implementasi DRM, baik pada skala global, regional, nasional maupun lokal ada tiga skenario yang diusulkan (Mitchell *et al.*, 2013).

Skenario 1: Murni upaya Manajemen Resiko Bencana. Upaya pengelolaan resiko bencana (disaster risk management) hanya ditujukan untuk satu tujuan, yaitu mengurangi dan mengelola resiko bencana, mengurangi jumlah korban dan kerugian yang ditimbulkan dari suatu bencana. Skenario 2: Sinergi antara Manajemen Resiko Bencana (MRB) dan Pengurangan Kemiskinan. Dalam hal ini, upaya pengelolaan resiko bencana (*disaster risk management*) hanya ditujukan untuk satu tujuan, yaitu mengurangi dan mengelola resiko bencana, mengurangi jumlah korban dan kerugian yang ditimbulkan dari suatu bencana. Skenario 3: Sinergi antara Manajemen Resiko Bencana, Peningkatan pendidikan dan Kesehatan.

Dalam rangka implementasi Skenario 1, khususnya untuk bencana banjir, saat ini telah dikembangkan berbagai macam indikator terkait dengan bencana banjir (Lanen *et al.*, 2008).

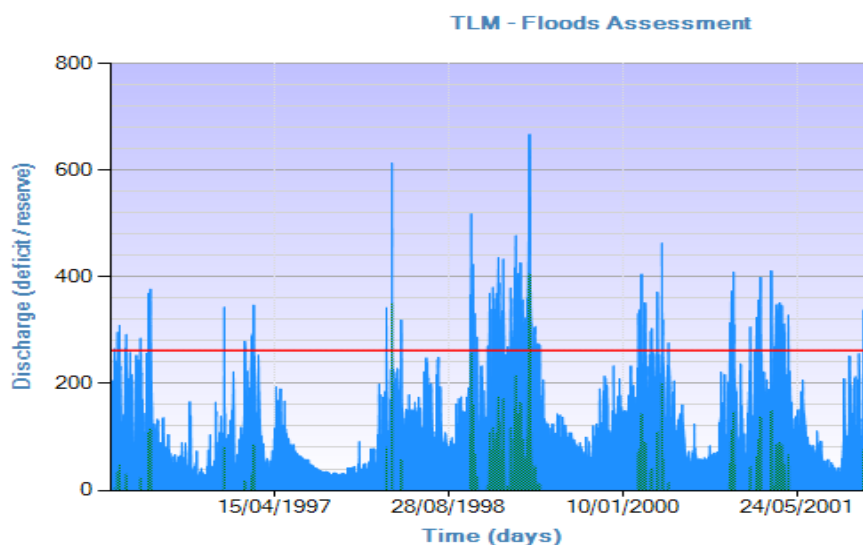
Salah satu-nya adalah Metode Ambang Bertingkat (MAB) atau *Threshold Level Method (TLM)*. *TLM* dapat digunakan untuk analisis banjir dan kekeringan. Modul *TLM* termuat dalam paket aplikasi HidrOffice. *TLM* menggunakan data debit rekaman dari suatu DAS sebagai masukan utama untuk analisis surplus atau defisit air. Surplus air

berpotensi menghasilkan banjir, sedangkan defisit air berpotensi menyebabkan kekeringan. Di dalam *TLM*, nilai ambang banjir atau amambang kekeringan dapat diatur dalam interval waktu: tetap sepanjang tahun, musiman (1 sd 4 musim), bulanan, N-hari dan setiap hari (Gregor, 2010).

Surplus air atau kelebihan air yang terjadi pada waktu tertentu atau debit yang berpotensi menghasilkan kejadian banjir adalah kejadian debit yang melebihi nilai ambang yang ditentukan (Tallaksen dan Lanen, 2004). Selanjutnya, penentuan awal dan akhir kejadian banjir, frekuensi dan lama kejadian, surplus volume dianalisis menggunakan sub-menu "*TLM – floods statistic*" (**Gambar 1**).

Ada berbagai macam kriteria untuk ambang batas banjir. Misalnya, Weeink (2010) membedakan dua jenis, yaitu: (1) ambang aliran seketika, yang ditentukan oleh para pengelola DAS berdasarkan pengalaman kejadian banjir di wilayah tersebut, dan (2) ambang batas peramalan, yang umumnya dipakai untuk perkiraan atau peramalan kejadian banjir (seperti: analisis frekuensi).

Dalam hal ini, *TLM* menentukan nilai ambang banjir berdasarkan pada *EFAS (European Flood Alert System)*, dimana semua kejadian debit yang melampaui ambang tertentu dihitung dan



Gambar 1. Ilustrasi cara kerja metode *TLM flood assesment* (Sumber: adaptasi dari Gregor, 2010)

dipertimbangkan. Nilai ambang yang digunakan umumnya berupa nilai kuantil (Quantile) 70% sampai kuantil 95%. Nilai kuantil 90% (Q_{90}) umumnya digunakan sebagai nilai ambang banjir pada DAS dengan aliran sungai yang kontinu sepanjang tahun (Ramos *et al.*, 2007).

Nilai debit pada (Q_{90}) dicari dengan mengurutkan data debit harian sepanjang periode rekaman yang tersedia. Selanjutnya, debit harian tersebut dirangking secara statistik dari yang terkecil ke yang terbesar (Walpole, 1995). Ambang batas banjir atau nilai Q_{90} , dihitung menggunakan rumus (pers 1):

$$Q_{xi} = \frac{X_i}{100}(n + 1) \dots\dots(\text{Persm. 1})$$

Keterangan:

Q_{xi} = rangking data yang menunjukkan persentil ke-xi

X_i = persentil yang akan dicari

N = jumlah data.

Jika Q_{xi} menghasilkan bilangan desimal maka dilakukan interpolasi menggunakan persentil terdekat (di atas dan di bawah nilai persentil yang dicari), menggunakan rumus:

$$Q = (Q_{xi}') (P_2 - P_1) + P_1 \dots\dots\dots(\text{Persm. 2})$$

Dimana :

Q = nilai debit (ambang batas)

Q_{xi}' = nilai desimal dari persentil ke-xi

P_1 = nilai 1 debit hasil pencarian persentil

P_2 = nilai 2 debit hasil pencarian persentil

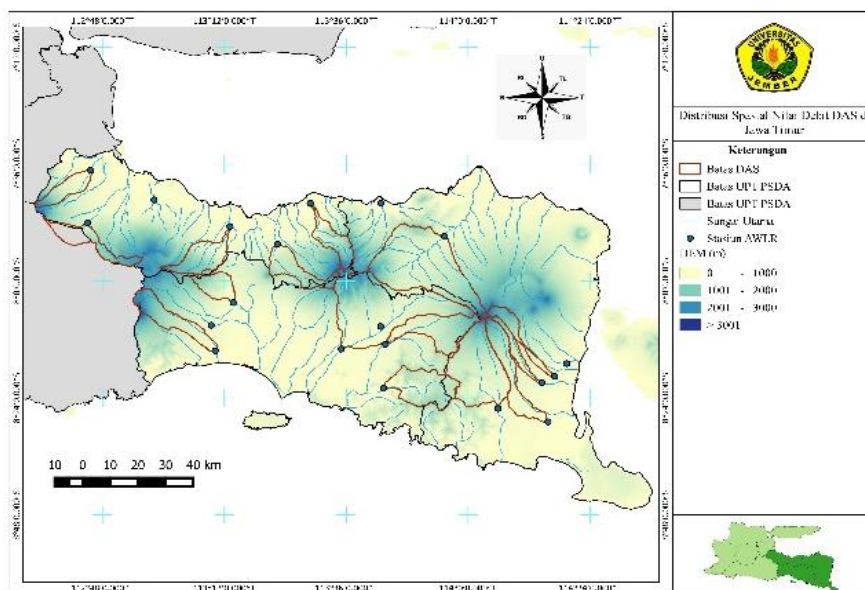
Selanjutnya, *TLM* dapat digunakan untuk analisis statistik data debit DAS, menentukan kondisi awal dan akhir musim penghujan, menentukan frekuensi dan lama kejadian banjir per interval waktu yang bervariasi (bulanan, tahunan) dan analisis terkait dengan frekuensi dan lama kejadian kekeringan.

Penelitian ini bertujuan untuk (1) mengembangkan indikator terkait dengan kejadian banjir; (2) menganalisis frekuensi, sebaran waktu kejadian debit dan variasi kejadian debit yang berpotensi menghasilkan banjir pada 15 DAS sampel. Hasil penelitian berguna untuk mendukung sistem peringatan dini dalam penanganan banjir dan pengurangan resiko bencana banjir, khusus-nya di Jawa Timur.

METODE PENELITIAN

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian pendahuluan ini dilakukan pada 15 DAS di wilayah timur dari Provinsi Jawa Timur (**Gambar 2**).



Gambar 2. Lokasi penelitian

Semua data debit yang terekam oleh stasiun pengukur debit atau AWLR dari masing-masing DAS digunakan dalam penelitian ini. Data hujan untuk masing-masing DAS dihitung dari nilai rerata data hujan harian yang diperoleh dari sejumlah stasiun yang ada di dalam DAS.

Panjang periode rekaman bervariasi antara satu lokasi dengan lokasi lain, dengan rentang antara 5 sampai dengan 10 tahun. Keterbatasan data dan ketidakseragaman periode rekaman data diabaikan dalam penelitian ini dengan asumsi bahwa penelitian lebih menekankan pada aspek nilai rerata dalam hal interval waktu dan sebaran data dalam skala ruang, sehingga panjang periode rekaman yang berbeda tetap dapat digunakan.

Tahapan Penelitian

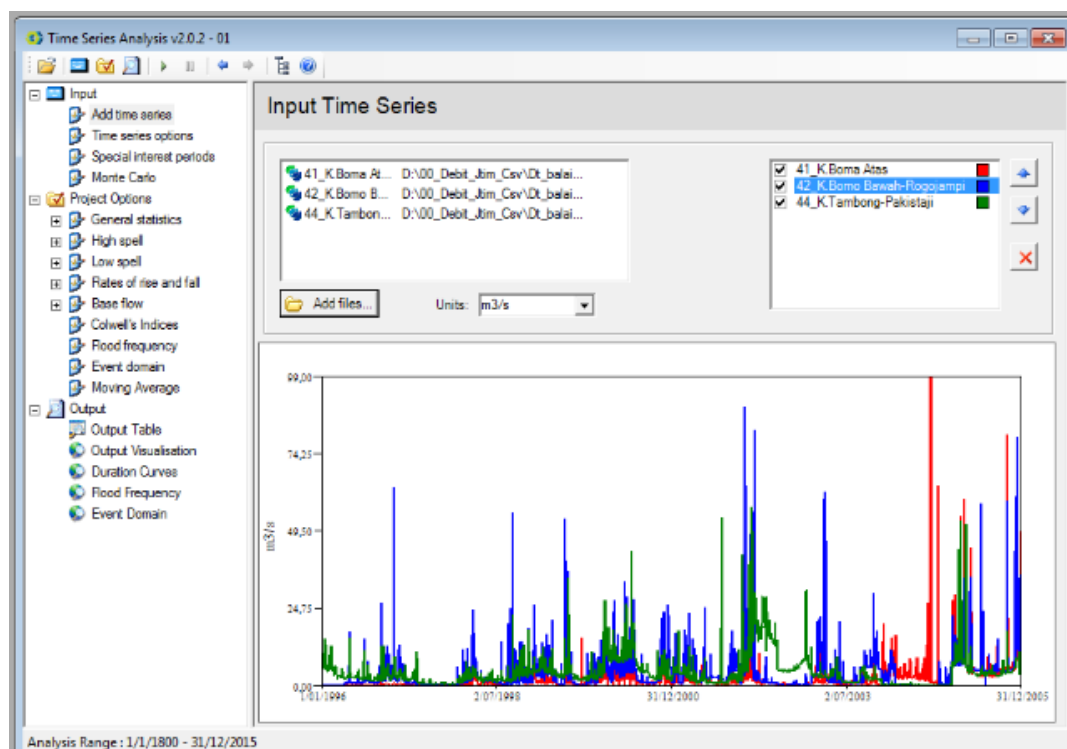
Inventarisasi dan persiapan data

Data debit harian dan data hujan berasal dari Dinas PU Pengairan Provinsi Jawa Timur dan sumber lainnya. Data

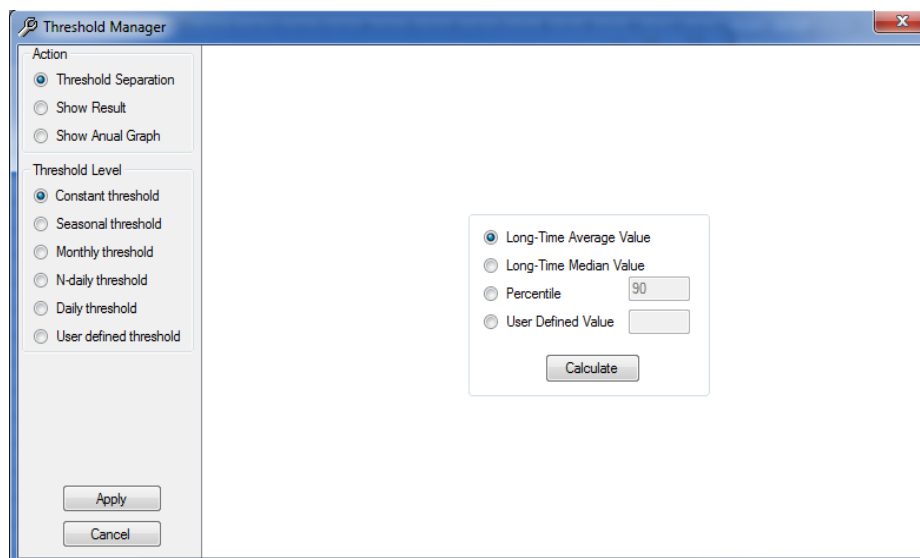
tersebut dikoleksi sejak tahun 2004 sampai dengan 2012. Selanjutnya, data diformat ke dalam Excel sebagaimana format data sumberdaya air yang berlaku di Dinas. Data dari Excel tersebut, selanjutnya diformat ke dalam file text dua kolom (x,y), dimana kolom_x berisi tanggal (urut dari awal sampai dengan akhir periode rekaman) dan kolom_y menyatakan nilai data harian tersebut. Selanjutnya, data dua kolom tersebut diformat ke dalam aplikasi *River Analysis Package* (RAP) (Marsh *et al.*, 2003) (**Gambar 3**) dan *HydroOffice* (**Gambar 4**) (Gregor, 2010).

Analisis statistik

Analisis statistik umum mencakup nilai (rerata, maksimum, minimum, median, standar deviasi, Kuantil 10% (Q_{10}) sd Kuantil 90(Q_{90}) dilakukan secara simultan menggunakan modul “*Time Series Analyst*” di atas platform RAP (Marsh *et al.*, 2003) (**Gambar 4**).



Gambar 3. Visualisasi dan analisis data di dalam RAP



Gambar 4. Visualisasi dan analisis data di dalam HydroOffice (Gregor, 2010)

Penentuan ambang batas banjir

Nilai Q_{90} untuk masing-masing DAS, digunakan sebagai dasar untuk penentuan ambang batas banjir. Dalam studi ini, nilai ambang batas Q_{90} ditentukan konstan sepanjang periode analisis. Selanjutnya, frekuensi kejadian banjir sepanjang periode rekaman dihitung secara statistik menggunakan HydroOffice (**Gambar 4**).

Interpretasi

Proses interpretasi dilakukan dengan mengeksport hasil analisis dari HydroOffice ke dalam excel dan dipresentasikan dalam bentuk tabel dan grafik.

Pembuatan peta tematik

Pembuatan peta tematik dilakukan di atas platform ArcGIS. Hasil analisis dari Excel, RAP dan Hydrooffice dijadikan masukan bagi tabel atribut untuk layer-layer tematik yang menggambarkan distribusi spasial variabel hidrologi dan kejadian banjir pada DAS-DAS di Jawa Timur.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menghasilkan database hasil analisis Debit DAS di Jawa Timur, yang berisi antara lain: (1) nilai

karakteristik fisik DAS, (2) nilai statistik debit DAS, (3) nilai statistik hujan di dalam DAS, (4) hasil analisis terkait dengan kejadian banjir, (5) hasil analisis kekeringan hidrologi, dan (6) peta tematik terkait dengan variabilitas data hidrometeorologi DAS di Jawa Timur.

Tabel 1 meringkaskan nilai statistik tentang karakteristik fisik (luas dan bentuk).

Tabel 1. Perbandingan bentuk dan luas DAS

No.	DAS	Karakteristik DAS	
		Bentuk	Luas (km ²)
1	Bomoatas		37,81
2	Mujur		183,1
3	Setail	Bulu Burung	218,5
4	Welang		157,3
5	Bomobawah		137,9
6	Pekalen		165,8
7	Kramat		178,1
8	Wonorejo		214,9
9	Mayang	Radial	218,8
10	Sanenrejo		290,9
11	Kloposawit		685,6
12	Rawatamtu		783,2
13	Rondodingo	Paralel	135,8
14	Kadalpang		205,5

15 Karangdoro 478,8

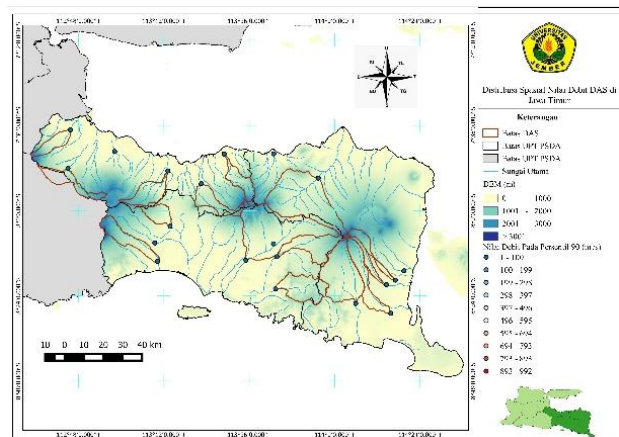
Tabel 2 menunjukkan debit (maksimum, minimum, rerata dan nilai Q_{99}) pada 15 DAS tersebut.

Tabel 2. Statistik debit pada 15 DAS

No.	DAS	Q_{max}	Q_{rat}	Q_{99}
		(m^3/s)		
1	Rawatamtu	588,00	35,26	255,00
2	Mayang	70,45	4,98	22,54
3	Wonorejo	196,06	17,94	61,79
4	Mujur	51,50	4,77	15,00
5	Sanenrejo	184,00	10,15	71,00
6	Bomobawah	89,62	3,93	28,92
7	Bomoatas	99,00	2,30	15,83
8	Karangdoro	205,35	17,69	68,61
9	Kloposawit	242,78	9,33	38,10
10	Setail	498,00	9,24	71,84
11	Kadalpang	69,04	2,91	20,25
12	Welang	32,55	3,89	14,46
13	Kramat	193,03	2,62	24,83
14	Pekalen	94,30	10,94	31,89
15	Rondodingo	101,00	4,99	29,71

Analisis statistik dapat diperpanjang untuk berbagai parameter yang dapat menyatakan karakteristik fisik, morfometrik, dan hidrologi DAS.

Dari **Tabel 2** tersebut, selanjutnya dibuat peta tematik yang menggambarkan sebaran spasial (variabilitas antar DAS) dan sebaran menurut waktu (variabilitas temporal: bulanan dan tahunan) nilai statistik kejadian debit dan debit yang melebihi ambang Q_{90} . Peta pada Gambar 5 memperlihatkan distribusi spasial debit Q_{90} DAS – DAS di Jawa Timur.



Gambar 5. Debit Q_{90} pada 15 DAS

Peta tematik terkait dengan variasi atau distribusi spasial tentang : karakteristik fisik, variabel hidrologi dan hujan di dalam DAS dapat dibuat dan ditampilkan dengan cara yang sama.

Selanjutnya, peta pada **Gambar 6** menunjukkan distribusi spasial frekuensi kejadian banjir dari bulan: (a) November, (b) Desember, (c) Januari, (d) Pebruari dan € Maret, yang dinyatakan dalam jumlah kejadian per bulan.

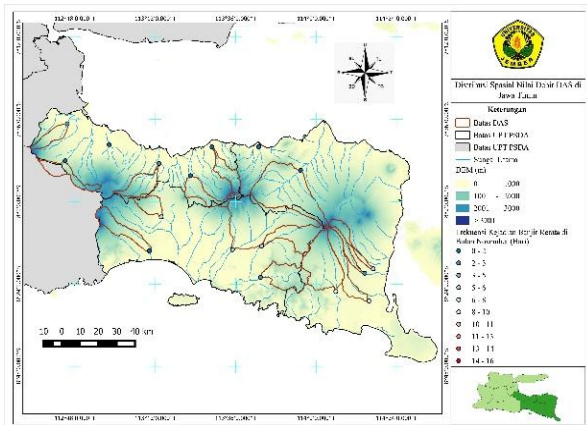
Analisis lebih detail dapat dilakukan dengan mencari lama waktu tiap kejadian debit yang melebihi Q_{90} , misalnya terjadi selama berapa hari. Hal ini bermanfaat untuk mencari nilai kuantil yang tepat yang berpotensi menghasilkan kejadian banjir besar.

Interpretasi

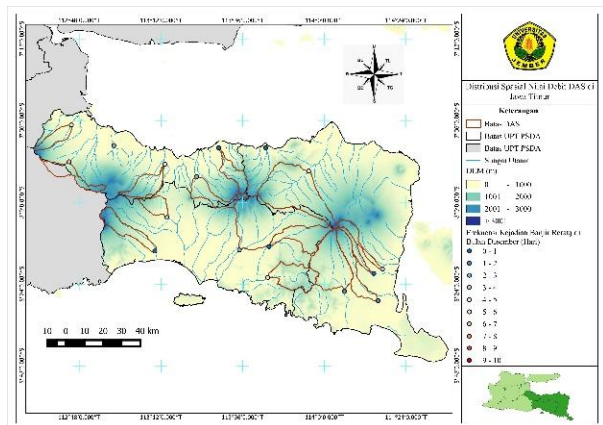
Informasi yang dijadikan sebagai acuan dalam penentuan debit banjir antar satu wilayah dengan wilayah lain sangat bervariasi. Salah satu cara menyatakan debit yang berpotensi banjir adalah dengan melihat tinggi-muka-air (TMA) sungai melalui alat pengukur level air, yang ditentukan berdasarkan pengalaman pengelola DAS dengan mempertimbangkan kejadian banjir sebelumnya. Penerapan praktis metode ini banyak dilakukan pada DAS di Jawa Timur dan di tempat lain.

Dalam kasus ini, maka TMA pada lokasi yang diukur dapat dikonversi menjadi debit melalui analisis dan pengukuran debit dan kurva lengkung aliran (*rating-curve*). Selanjutnya, perlu

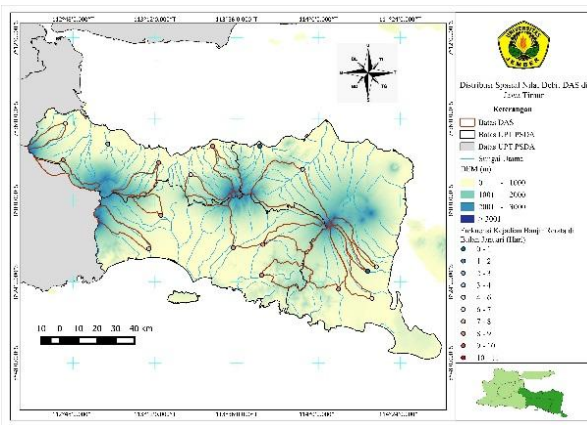
dikalibrasi TLM pada (Q_{80} , Q_{90} , atau Q_{95}) dengan nilai TMA acuan di lokasi tersebut. Apakah penentuan debit banjir lebih pas menggunakan kuantil Q_{80} , Q_{90} , Q_{95} .



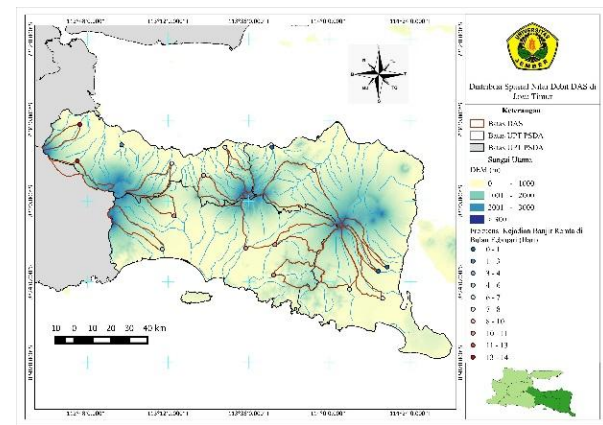
(a) November



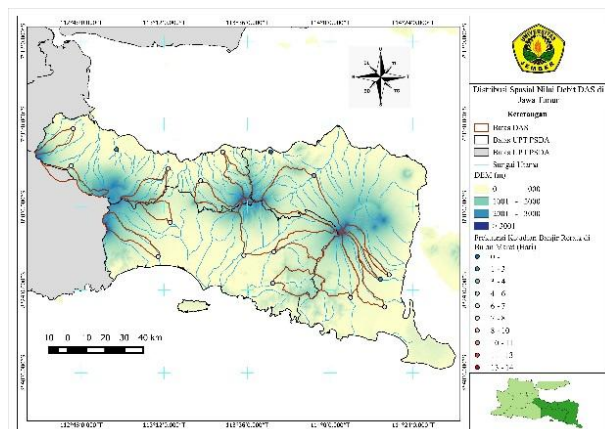
(b) Desember



(c) Januari



(d) Februari



(e) Maret

Gambar 6. Distribusi spasial frekuensi potensi kejadian banjir dari bulan November sampai dengan Maret

Survei lapang lebih lanjut diperlukan untuk menghubungkan antara perhitungan statistik melalui *TLM* dengan praktek monitoring dan peringatan dini banjir (penentuan banjir) yang ada dan diterapkan pada beberapa DAS, sehingga diperoleh hubungan antara konsep teoritis dan aplikasi di lapangan.

KESIMPULAN

Potensi kejadian banjir hampir merata untuk semua DAS dan terjadi antara bulan November sampai dengan Maret. Penelitian menghasilkan peta tematik distribusi spasial: karakteristik fisik, karakteristik hidrologi dan debit banjir, kejadian banjir dan peta tematik lain yang dapat digunakan sebagai masukan untuk mendukung pengurangan resiko bencana. Hasil penelitian masih perlu di kalibrasi dengan standar yang berlaku di lapang.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Dinas PU pengairan provinsi Jawa Timur, Universitas Jember, DP2M – Dikti, para mahasiswa di program studi Teknik Pertanian, FTP - UNEJ dan semua pihak yang telah membantu suksesnya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Golnaraghi, M., A WMO Factsheet. 2013. WMO disaster risk reduction programme. <http://www.wmo.int>.

Gregor, M. 2010. User Manual TLM 2.1. Department of Hydrogeology-Faculty of Natural Science-Comenius University. Slovakia.

Lanen, Kundzewicz, Tallaksen, Hisdal, Fendekova, Prudhomme. 2008. Indices for Different Types of Drought and Flood at Different Scale. Water and Global Change. *Technical Report No. 11*.

Madsen, H., Rasmussen, P.F., Rosbjerg, D.1997. Comparison of annual

maximum series and partial duration series method for modeling extreme hydrologic event. *Water Resources Research* 33 (4): 747-757.

Marsh, N. A., Stewardson, M. J., Kennard, M. J. .2003. *River Analysis Package, Cooperative Research Centre for Catchment Hydrology*. Monash University Melbourne.

Mitchell, T., Jones, L., Lovell, E., Comba, E. 2013. (Eds) *Disaster Risk Management in Post-2015 Development Goals: Potential Targets and Indicators*. London: Overseas Development Institute.

Sivapalan, M., Takeuchi, K., Franks, S. W., Gupta, V. K., Karambiri, H., Lakshmi V., Liang, X., McDonnell, J. J., Mendiola, E. M., O'Connell, P. E., Oki, T., Pomeroy, J. W., Schertzer, D., Uhlenbrook, S., Zehe, E. 2003. IAHS Decade on Predictions in Ungauged Basins (PUB), 2003–2012: Shaping an exciting future for the hydrological sciences, *Hydrological Sciences Journal*, 48(6): 857-880, DOI: 10.1623/hysj.48.6.857.51421 <http://dx.doi.org/10.1623/hysj.48.6.857.51421>.

Ramos, M., Bartholmes, H., Pozo, J. 2007. Development of decision support products based on ensemble forecasts in the european flood alert system. *Atmospheric Science Letters* 8: 113-119.

Tallaksen, L. M., Lanen, V. 2004. *Hydrological Drought Processes and Estimation Methods for Streamflow and Groundwater*. Developments in water Science, 48. Amsterdam.

Walpole, R. E. 1995. *Pengantar Statistika Edisi ke-3*. PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

Weeink, W. H. A. 2010. *Thresholds for Flood Forecasting and Warning: Evaluation of Streamflow and Ensemble Thresholds*. Twente: University of Twente.