

POLA ALIRAN BANJIR DAS TABO DI SUMATERA BARAT

Sapratisto Daim Fakhriyanto¹⁾, Mamok Suprpto²⁾, Agus Prijadi Saido³⁾

¹⁾ Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

^{2), 3)} Pengajar Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

Jln Ir. Sutami 36 A, Surakarta 57126

e-mail :simpulsipil@gmail.com

Abstract

Tabo watershed is located in West Sumatra is prone to flood galodo disaster. To minimize the risk of galodo disaster consequences and accuracy in an effort to anticipate the disaster, is important to know relationship between characteristic of watershed and flood flow pattern. Analysis of flood discharge using HEC-1, HEC-HMS, TR-55, TR-20 model. Result of tabo watershed characteristics analysis include: a) watershed shape index 2,478; b) watershed shape factor 0,330; c) circularity ratio 0,379; d) elongation ratio 1,364; e) slope 0,120 m/m; f) elongation watershed shape; g) stream flow pattern parallel; h) drainage density 0,732 km/km²; i) bifurcation ratio 3; j) stream order frequency ratio 0,7; k) land use that dominates is moor; l) curve number 78. Analysis of rain areas derived from the annual maximum rainfall. Frequency agihan test results are eligible E.J. Gumbel method. Flood peak discharge approaching Creager equation is a HEC-1 model with PMF 293,08 m³/s. Using the shape of hydrograph model result to obtain flood flow pattern. Based on HEC-1 hydrograph model obtained time base 26 hours, reached the peak time 12,5 hours. The relation between watershed characteristic and flood flow pattern of Tabo watershed based on elongation watershed shape then the time of concentration becoming quick.

Keyword : flood flow pattern , watershed characteristics , flood discharge

Abstrak

DAS Tabo terletak di Sumatera Barat sangat rawan terhadap bencana banjir galodo. Untuk memperkecil resiko akibat bencana galodo dan ketepatan dalam upaya mengantisipasi bencana tersebut perlu diketahui hubungan antara karakter DAS dan pola aliran banjir. Analisis debit banjir rancangan dengan menggunakan model HEC-1, HEC-HMS, TR-55, TR-20. Hasil analisis karakteristik DAS Tabo meliputi: a) indeks bentuk DAS 2,478; b) faktor bentuk DAS 0,330; c) nisbah kebulatan 0,379; d) nisbah memanjang 1,364; e) kemiringan 0,120 m/m; f) bentuk DAS memanjang; g) pola aliran sungai parallel; h) kerapatan aliran 0,732 km/km²; i) *bifurcation ratio* 3; j) ratio frekuensi orde sungai 0,7; k) tata guna lahan yang mendominasi tegalan; l) *curve number* 78. Analisis hujan wilayah didapat dari hujan maksimum tahunan. Hasil uji agihan frekuensi yang memenuhi syarat yaitu Metode E.J. Gumbel. Debit banjir rancangan yang memenuhi rumus Creager yaitu model HEC-1 dengan debit PMF sebesar 293,08 m³/s. Menggunakan bentuk hidrograf hasil model untuk mendapatkan pola aliran banjir. Sesuai hasil hidrograf model HEC-1 didapatkan waktu dasar 26 jam, waktu mencapai puncak 12,5 jam. Hubungan karakteristik DAS dengan pola aliran banjir DAS Tabo berdasarkan bentuk DAS memanjang sehingga waktu konsentrasi singkat.

Kata Kunci : Pola aliran banjir, karakteristik DAS, debit banjir

PENDAHULUAN

Indonesia memiliki ribuan sungai. Pada dasarnya sungai memiliki potensi manfaat sekaligus potensi menimbulkan bencana. Sumatera khususnya Sumatera Barat dilalui banyak sungai dengan potensi bencana alam banjir (galodo). Banjir (galodo) termasuk bencana alam yang sering terjadi pada setiap datangnya musim penghujan. Seperti yang terjadi di Sumatera Barat, banjir (galodo) adalah peristiwa pergerakan massa material debris secara gravitasi yang dalam bahasa teknik dikenal sebagai aliran debris (*debris flow*). Aliran debris seringkali membawa batu-batu besar dan batang pohon, dengan kemampuan daya rusak yang besar dan mengancam kehidupan manusia. (BKSDA Sumatera Barat, 2008).

Mengingat kejadian banjir yang dapat mengakibatkan kerugian dan korban yang tidak sedikit, maka masalah banjir dan hubungannya dengan karakteristik DAS menarik untuk dikaji. Dalam penelitian ini lokasi kajian dilakukan pada DAS Tabo yang terletak di kabupaten Agam, Sumatera Barat.

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

Karakteristik morfologi suatu DAS yang dinyatakan secara kuantitatif disebut morfometri (Horton, 1945). Seyhan (1977) menyatakan bahwa terdapat 61 variabel morfometri DAS. Menurut Majed (2009), variabel penting yang menggambarkan kondisi DAS antara lain: nisbah memanjang (R_c), nisbah mengedarkan (R_c), dan faktor bentuk (R_f). Putra (2012) menggunakan luas DAS, panjang sungai utama, keliling, kerapatan jaringan sungai, tingkat percabangan sungai, tekstur jaringan, nisbah membulat, nisbah memanjang, rasio relief, dan

gradien tingkat kemiringan DAS sebagai variabel analisis morfometri DAS di Jawa Bagian Barat.

Ariani, dkk (2011) menyatakan metode SCS umumnya selalu menghasilkan debit yang lebih besar dibandingkan metode Snyder, Nakayasu, dan GAMA 1. Cluckie (1990) menggunakan debit PMF untuk mendesain banjir suatu bendungan. Lalozaee, dkk (2013) menyimpulkan model HEC-1 lebih baik digunakan sebagai alat simulasi parameter hujan-aliran dibandingkan TR-20. Sedangkan Venkata (2014) menyatakan kombinasi GIS dan model TR-55 membuat perhitungan limpasan permukaan menjadi lebih cepat dan akurat. Nur Azizah, dkk (2007) menggunakan HEC-HMS dalam pemodelan hujan-aliran karena HEC-HMS memiliki fasilitas kalibrasi, kemampuan simulasi model dengan data terdistribusi, model aliran kontinyu, dan kemampuan GIS.

Untuk mendapatkan pola aliran yang lebih akurat pada DAS berukuran kecil, diperlukan penurunan unit hidrograf dengan waktu yang singkat (Dyah, dkk, 2012). Reshma (2010) menyatakan metode SCS-CN untuk model TR dan HEC menghasilkan pola aliran banjir antara lain debit puncak (Q_p), waktu dasar (T_b), waktu puncak (T_p). I Wayan (2006) menyatakan bahwa debit puncak (Q_p), waktu dasar (T_b), waktu puncak (T_p) dipengaruhi faktor bentuk DAS.

Menggunakan metode SCS untuk mendapatkan debit banjir rancangan dengan model HEC-1, HEC-HMS, TR-55, dan TR-20 kemudian membandingkan setiap model sehingga didapatkan satu model yang terdekat dengan Creager.

Model TR-55 dan TR-20 menggunakan persamaan berikut:

$$q_p = q_u \times A_m \times Q \times F_p \dots\dots\dots [1]$$

Model HEC-1 dan HEC-HMS menggunakan persamaan berikut:

$$q_u = 0,0021 \times Q \times A / T_p \dots\dots\dots [2]$$

Myers menggunakan persamaan berikut:

$$Q = 10,000 \times A^{0.5} \dots\dots\dots [3]$$

Creager menggunakan persamaan berikut:

$$Q = 46 \times C \times A^{(0.894A^{-0.048})} \dots\dots\dots [4]$$

Pola aliran banjir menggunakan analisis vertikal (metode Nakayasu) dan analisis horisontal (metode Snyder).

METODE PENELITIAN

DAS Tabo terletak di Kabupaten Agam, Sumatera Barat. Data yang digunakan meliputi: Peta topografi DAS Tabo skala 1:25.000, Data hujan harian tahun 1992-2011. Alat bantu yang digunakan meliputi: ArcGIS versi 9.3 untuk mendigitasi kontur dan memproduksi peta tataguna lahan, Global Mapper versi 13 untuk mengkonversi kontur hasil digitasi ke format dem, WMS 8.1 untuk mendapatkan debit banjir rancangan metode SCS-CN dan HEC-HMS 3.3 untuk mendapatkan debit banjir rancangan hasil input dari WMS.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Karakteristik DAS

Hasil analisis karakteristik DAS Tabo meliputi: panjang sungai 4,134 km, keliling DAS 14,847 km, lebar DAS 1,364 km, Indeks bentuk DAS 2,478; Faktor bentuk DAS 0,330; *Circularity Ratio* (R_c) 0,379; *Elongation Ratio* (R_e) 1,364; kemiringan sungai utama 0,120 m/m, kemiringan lereng DAS 0,4 m/m, kerapatan pengaliran 0,732 Km/Km², *Bifurcation Ratio* (R_b) 3, W_{Rb} 3; Rasio frekuensi orde sungai 0,7; Bentuk DAS memanjang dan aliran sungai paralel menyebabkan kenaikan dan penurunan debit puncak akan cepat terjadi. Apabila terjadi hujan merata di seluruh DAS maka akan terjadi banjir besar pada bagian hilir sungai, Persentase tata guna lahan hutan 28,02%, pemukiman 6,97%, sawah 17,40%, tegalan 47,59%; CN 78.

Analisis Debit Banjir Rancangan

Deret data hujan yang telah pangkah paling tepat mengikuti metode E.J. Gumbel. Sehingga menghitung hujan rancangan dengan periode ulang tertentu dilakukan dengan metode E.J. Gumbel dan metode isohyet untuk kala ulang 100 tahun dan 1000 tahun.. Kemudian kedua metode tersebut dibandingkan dan dipilih hasil yang terbesar.

Tabel 1. Perhitungan Hujan Rancangan.

No	Probabilitas	Kala ulang	Hujan Rancangan (mm)
1	0,5	2	74

2	0,2	5	98
3	0,1	10	114
Tabel 1. Perhitungan Hujan Rancangan (Lanjutan)			
4	0,05	20	129
5	0,02	50	149
6	0,01	100	221
7	0,002	500	198
8	0,001	1000	318

Hujan Maksimum Boleh Jadi (PMP)

Perhitungan PMP untuk DAS Tabo menggunakan metode *Hershfield* dan metode isohyet kemudian dibandingkan dan dipilih yang terbesar. Hasil PMP yaitu 451 mm menggunakan metode *Hershfield*.

Intensitas Hujan

Intensitas hujan sangat erat kaitannya dengan durasi hujan, semakin cepat kejadian hujan, intensitas semakin tinggi. Durasi didahului dengan waktu konsentrasi, ada beberapa metode antara lain: Kirpich, ARR (*Australian Rainfall and Runoff*) dan lain- lain.

Waktu Konsentrasi

Besarnya aliran dianggap mencapai puncak pada saat waktu konsentrasi. Nilai t_c di dapat dengan membandingkan persamaan waktu konsentrasi metode Kirpich dan metode ARR yang kemudian dipilih yang paling kecil.

Waktu konsentrasi metode Kirpich.

$$t_c = 0,06628xL^{0,77}xS^{-0,385} \dots\dots\dots [5]$$

Waktu konsentrasi metode ARR (*Australian Rainfall and Runoff*).

$$t_c = 0,76 x A^{0,38} \dots\dots\dots [6]$$

Waktu konsentrasi yang digunakan metode Kirpich sebesar 0,444 jam dan dibulatkan menjadi 1 jam.

Agihan Hujan Jam-jaman

Untuk mendapatkan debit rancangan berdasarkan hujan rancangan diperlukan data hujan jam-jaman. Disebabkan data hujan jam jaman tidak tersedia untuk wilayah penelitian, maka hujan jam jaman diturunkan dari hujan harian berdasarkan perkiraan lama hujan atau waktu konsentrasi. Penurunan hujan jam-jaman dari hujan harian menggunakan cara *modified Mononobe*.

Tabel 2. Agihan Hujan Jam-jaman untuk Beragam Kala Ulang

T (jam)	Kala Ulang (thn)								
	2	5	10	25	50	100	500	1000	PMP
1	74	98	114	129	149	221	198	318	415

Debit Banjir Rancangan

Analisis debit banjir rancangan dengan menggunakan 4 model yaitu HEC-1, HEC-HMS, TR 55 dan TR 20 menggunakan hujan PMP akan menghasilkan debit PMF, kemudian keempat metode tersebut dibandingkan dengan rumus *Creager* dan *Myers* untuk mendapatkan nilai debit banjir rancangan yang paling akurat.

Tabel 3. Debit Banjir Rancangan Menggunakan 4 Model

Model	Debit Banjir Rancangan (m ³ /s)
HEC-1	293,088
HEC-HMS	293,08
TR-55	514,156
TR-20	322,868

Perbandingan Debit PMF

Rumus *creager* dan *myers* digunakan untuk membandingkan hasil analisis debit PMF dengan model HEC-1, HEC-HMS, TR 55, dan TR-20.

Tabel 4. Nilai Debit PMF Berbagai Model

Model	Debit PMF (m ³ /s)
<i>Creager</i>	254,61
<i>Myers</i>	417,86
HEC-1	293,088
HEC-HMS	293,08
TR-55	514,156
TR-20	322,868

Maka debit banjir rancangan yang digunakan model HEC-1 karena mendekati *Creager*.

Pola Aliran Banjir

Menggunakan analisis vertikal dan analisis horisontal pada kala ulang 5 tahun dan 100 tahun didapatkan pola aliran dengan waktu dasar 26 jam, waktu puncak 12,5 jam, dan debit puncak 36,398 untuk kala ulang 5 tahun dan 123,975 untuk kala ulang 100 tahun.

SIMPULAN

Karakteristik DAS Tabo antara lain: a) indeks bentuk DAS 2,478; b) faktor bentuk DAS 0,330; c) nisbah kebula-tan 0,379 sehingga kenaikan dan penurunan debit puncak menjadi cepat; d) nisbah memanjang 1,364; e) kemiringan 0,120 m/msehingga waktu konsentrasi pada sungai utama menjadi lebih panjang; f) bentuk DAS memanjang; g) pola aliran sungai parallel; h) kerapatan aliran 0,732 km/km²termasuk kategori sedang, menyebabkan sedimen yang terangkut aliran akan lebih besar; i) *bifurcation ratio* 3; j) ratio frekuensi orde sungai 0,7; k) tata guna lahan yang mendominasi tegalan; l) *curve number* 78. Debit PMF dipilih model HEC-1 yaitu 293,08 m³/s karena mendekati *Creager*. *Output* model HEC-1 yaitu unit hidrografs sehingga pola aliran banjir DAS Tabo menghasilkan waktu dasar (*time base*) yaitu 26jam dan waktu mencapai puncak selama 12,5jam. Hubungan karakteristik DAS dengan pola aliran banjir DAS Tabo berdasarkan bentuk DAS memanjang sehingga waktu konsentrasi singkat.

REKOMENDASI

Sebaiknya tidak hanya satu stasiun hujan karena dengan luas yang ada kurang mewakili luas DAS Tabo. Data debit pengukuran dilapangan harusnya ada sebagai pembanding model sehingga hasil hidrograf mendekati kenyataan.

UCAPAN TERIMAKASIH

REFERENSI

- Ariani B.S., 2011, Clusterization of Synthetic Unit Hydrograph Method Based on Watershed Characteristics. *International Journal of Civil and Environmental Engineering IJCEE-IJENS Vol: 11 No: 06*.
- BKSDA Sumatera Barat (Balai Konservasi Sumber Daya Alam), 2008. *Agar Banjir Bandang Tak Kembali Datang*. http://bksda-sumbar4.blogspot.com/2008_11_01_archive.html (diakses : 4 Agustus 2013, 08.04 WIB).
- Cluckie, I.D. and Pessoa, M.L., 1990, Dam safety: an evaluation of some procedures for design flood estimation. *Hydrological Sciences-Journal des Sciences Hydrologiques*, 35 »5,1. Water Resources Research Group, Department of Civil Engineering, University of Salford, Salford, M54WT, United Kingdom.
- Dyah Indriana K. dan Dwi Jokowinarno, 2012, Time Step Issue in Unit Hydrograph for Improving Runoff Prediction in Small Catchments. *Journal of Water Resource and Protection*, 2012, 4, 686-693, Department of Civil Engineering, University of Lampung, Bandar Lampung, Indonesia.
- Horton, H.E. 1945. *Erosional Development of Streams and their Drainage Basins*. *Bulletin*, Geological Society of America, V. 56 pp. 275-370.
- I Wayan Sutapa, 2006, Studi Pengaruh dan Hubungan Variabel Bentuk DAS Terhadap Parameter Hidrograf Satuan Sintetik, *Jurnal SMARTek*, Vol. 4, No. 4, Nopember 2006: 224 – 232.

- Lalozaee, dkk. 2013. *Efficiency Comparison HEC-1 and TR-20 Methods in Flood Hydrograph Simulation*. Faculty of Natural Resources, University of Teharn, Iran.
- Nur Azizah, A., dkk. 2007. *Pemodelan Hujan-Debit Menggunakan Model HEC-HMS di DAS Sampean Baru*. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Sipil, Institut Teknologi Surabaya.
- Reshma T, 2010. Simulation Of Runoff in Watershed Using SCS-CN and Muskingum-Cunge Methods Using Remote Sensing and GIS. *International Journal of Advanced in Science and Technology, Volume 25, December 2010, Guntur Dist, A.P, India*.
- Seyhan E, 1977, *The Watershed as an Hydrologic Unit*. Utrecht, Netherland.
- Subhi A.S. Majed, 2009, Estimation Of Runoff For Small Using Watershed Modelling System (WMS) And GIS. *Thirteenth International Water Technology Conference, IWTC 13 2009, Hurghada, Egypt*.
- Utut Rara Putra, 2012, *Morfometri DAS di Jawa Bagian Barat*. FMIPA UI, Depok.
- Venkata Ramana G, 2014. Rainfall Runoff Modeling Between TR-55 Hydrologic Watershed Model and Overland Time of Concentration Model. *International Journal of Advances in Computer Science and Technology, Volume 3, No.3, March 2014, Hyderabad, India*.