

POLA ALIRAN BANJIR BERDASARKAN MORFOMETRI DAS (DAERAH ALIRAN SUNGAI) PADA DAS BINUANG SUMATERA BARAT

Agus Rifani¹⁾, Mamok Suprpto R²⁾, Suyanto³⁾

¹⁾ Mahasiswa Fakultas Teknik, Jurusan teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

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

Jl. Ir. Sutami 36A, Surakarta 57126; Telp. 0271-634524.

Email: rifani_agus@ymail.com

Abstract

Binuang watershed located in West Sumatra is one area that is prone to flooding because it is filled with sediment. As a result, during heavy rains or large river discharge, water overflowed and flooded the surrounding areas. This study was conducted to predict the maximum discharge hydrograph at the watershed Binuang using software Watershed Modeling System (WMS). In this study to determine the maximum discharge during a particular time and re-use characteristics of the watershed Binuang modeling in WMS. HEC-1, HEC-HMS, TR-20, TR-55 is the four models used for the analysis of hydrograph Binuang watershed. Calculations performed on the stage of the flood discharge period 2, 5, 10, 25, 50, 100, 500 and 1,000 years and compared with a maximum discharge when plotting graphs Creager at 1000 years. The results of the four models in the form of the hydrograph will be compared with the maximum discharge when plotting graphs Creager in 1000 years. The results showed that the characteristics of the Binuang watershed has an area of 3.04 km², main river length 3.786 km, watershed circumference 8.83 km, elongated watershed, slope of 0.158 m/m, watershed pattern is dendritic, drainage density 1.24 km/km², bifurcation ratio 4 (normal), ratio frequency river 6.587, binuang watershed soil type is gleisol and alluvial and curve number 84. Creager graph model approach is the TR-55. The flood peak discharge return period happens in 2, 5, 10, 25, 50, 100, 500 and 1000 cfs year is 38.32 m³/s, 54.79 m³/s, 56.63 m³/s, 70.10 m³/s, 102.72 m³/s, 116.10 m³/s, 129.37 m³/s, dan 159.69 m³/s. Flow pattern in the form of flood hydrograph with a peak time for 744 minute and time of base for 1580 minute

Keywords: Flood Flow Patterns, Hydrograph, Watershed Modeling System.

Abstrak

DAS Binuang yang berada di Sumatera Barat merupakan salah satu daerah yang rentan terhadap banjir karena sudah penuh dengan sedimen. Penelitian ini dilakukan untuk memprediksi hidrograf debit maksimum pada DAS Binuang dengan menggunakan *software Watershed Modeling System (WMS)*. Dalam penelitian ini untuk mengetahui hasil debit maksimum pada kala ulang tertentu serta karakteristik dan pola aliran banjir DAS Binuang dengan menggunakan pemodelan yang ada pada WMS. HEC-1, HEC-HMS, TR-55 dan TR-20 merupakan empat model yang digunakan untuk analisis hidrograf DAS Binuang. Perhitungan debit banjir dilakukan pada kala ulang 2, 5, 10, 25, 50, 100, 500 dan 1000 tahun dan dibandingkan dengan debit maksimum plotting grafik Creager pada kala ulang 1000 tahun. Hasil penelitian menunjukkan bahwa karakteristik DAS Binuang mempunyai luas sebesar 3.04 km², panjang sungai utama 3.786 km, keliling 8.83 km, DAS berbentuk memanjang, kemiringan/slope 0.158 m/m, pola aliran sungai dendritik, kerapatan pengaliran 1.24 km/km², bifurcation ratio 4 (normal), rasio frekuensi orde sungai 6.587, jenis tanah DAS Binuang adalah gleisol dan aluvial dan *curve number* 84. Model yang mendekati grafik Creager adalah TR-55. Dengan debit banjir maksimum kala ulang berturut-turut 2, 5, 10, 25, 50, 100, 500 dan 1000 tahun adalah 38.32 m³/s, 54.79 m³/s, 56.63 m³/s, 70.10 m³/s, 102.72 m³/s, 116.10 m³/s, 129.37 m³/s, dan 159.69 m³/s. Pola aliran banjir berupa hidrograf dengan waktu puncak selama 744 menit dan waktu dasar selama 1580 menit.

Kata Kunci: Pola Aliran Banjir, Hidrograf, Watershed Modeling System.

PENDAHULUAN

Tanggal 14 Desember 2012 terjadi banjir pada Sungai Binuang. DAS Binuang yang berada di Sumatera Barat merupakan salah satu daerah yang rentan terhadap banjir karena sudah penuh dengan sedimen. Banjir tersebut mengakibatkan korban harta dan jiwa di Nagari Pakan Rabaa, Kecamatan Koto Parik Gadang Diateh, Kabupaten Solok Selatan.

Untuk memperkecil resiko akibat banjir, diperlukan penelitian yang terkait dengan karakter DAS dan pola aliran pada Sungai Binuang. Agar mempermudah penelitian ini, maka menggunakan *software watershed modeling system* atau disingkat WMS. WMS merupakan *software* pemodelan grafis hidrologi pada daerah aliran sungai.

Berdasarkan uraian tersebut maka perlu dilakukan penelitian mengenai prediksi hidrograf aliran sungai dengan menggunakan *Watershed Modeling System* pada DAS Binuang di Kabupaten Solok Selatan.

TINJAUAN PUSTAKA

Sriyana (2011) menyatakan bahwa DAS Tuntang memiliki bentuk memanjang, ordo sub DAS berkisar (4 – 6) ordo, pola aliran berbentuk *rectangular dendritic*, Tingkat kemiringan lereng 0 - 8 % (kecepatan aliran rendah) seluas 117605.56 Ha, dan sangat curam > 40 % (kecepatan aliran sangat tinggi) seluas 4219.09 Ha. Kerapatan drainase, terbesar, Sub DAS Tuntang Hilir 1,88 km/km², dan terkecil Sub DAS Blorong 1,01 km/km². Dalam penelitian ini lebih cenderung menggunakan pendapat Sriyana (2011) karena pada DAS Binuang memiliki karakteristik yang hampir sama.

Sutopo (2001) menyatakan bahwa debit puncak (Qp) dengan model HEC-1 metode SCS menghasilkan nilai yang lebih besar dari pada Qp pengamatan dengan selisih sedikit. Sedangkan Nur Azizah, dkk (2007) menyimpulkan pada pemodelan HEC-HMS mempunyai kalibrasi dengan nilai RMSE (*Root Mean Square Error*) mendekati satu dan nilai Nash mendekati 0. Wilson (2011) berpendapat prediksi model Hidrograf NRCS dan TR-20 memiliki pengaruh variabilitas parameter lebih besar terhadap debit puncak. Penelitiannya merekomendasikan penggunaan model TR-20 untuk perhitungan debit puncak selanjutnya. Indo Takko (2013) menyatakan hidrograf limpasan permukaan dengan *Watershed Modeling System* model TR55 pada sub-DAS Ta'Deang di kabupaten Maros memiliki tingkat keakuratan rata-rata 91.5%. Berdasarkan tinjauan pustaka, dalam perhitungan debit banjir penelitian ini menggunakan model HEC-1, HEC-HMS, TR-55, dan TR-20.

Hari Wibowo (2010) mendefinisikan bahwa DAS Mempawah menggunakan model hidrograf satuan sintesis US SCS. Hasil yang diperoleh debit banjir (Qp) untuk kondisi saat ini 3.687,7323 cfs dengan Tp sebesar 81,2275 jam dan Tb sebesar 406,1376 jam.

METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian berada pada DAS Binuang yang terletak di kabupaten Solok Selatan, Sumatera Barat. Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini diantaranya: data hujan, peta rupa bumi, dan peta tata guna lahan. Alat bantu yang digunakan adalah: Perangkat lunak *ArxGIS* versi 9.3 yang dibutuhkan untuk mendigitasi peta dasar, perangkat lunak *Watershed Modeling System* untuk mendapatkan debit rencana dan *Microsoft Excel* untuk perhitungan debit rencana, *Global Mapper 9* untuk mengolah peta, dan HEC-HMS 3.3 untuk mendapatkan nilai debit rancangan. Tahapan penelitian: pengumpulan data, karakteristik DAS, perhitungan debit banjir, pola aliran banjir.

Dalam perhitungan model HEC-1, HEC-HMS dan TR-20 menggunakan metode SCS (*Soil Conservation Service*). Rumus model SCS adalah sebagai berikut (Wanielista, Kersten dan Eaglin, 1997):

$$Q_p = \frac{484A}{T_p} \dots\dots\dots [1]$$

dengan:

- Qp = debit puncak (cfs)
- Tp = waktu yang diperlukan untuk mencapai laju aliran puncak (jam)
- A = luas DAS (mil²)

Dalam WMS dengan model TR 55, debit puncak (Qp) dihitung dengan menggunakan persamaan yang telah tersedia dalam *software*. Persamaan tersebut sebagai berikut:

$$q_p = q_u * A_m * Q * F_p \dots\dots\dots [2]$$

dengan:

- Qp = debit puncak (cfs)
- Qu = unit debit puncak (csm/in)
- Am = luas DAS (mi²)
- Q = limpasan (in)
- Fp = faktor penyesuaian kolam dan rawa

Pola Aliran Banjir berupa gambar hidrograf dengan nilai T_p (jam) dan T_b (jam). Penggambaran hidrograf dengan *software Watershed Modeling System*. Rumus yang digunakan metode SCS adalah sebagai berikut (Wanielista, Kersten dan Eaglin, 1997):

$$tL = \frac{L^{0.8}(S+1)^{0.7}}{1900y^{0.5}} \dots\dots\dots [3]$$

$$T_p = \frac{t_r}{2} + tL \dots\dots\dots [4]$$

$$T_b = 5T_p \dots\dots\dots [5]$$

dengan:

- tL = waktu tenggang (*time lag*) (jam)
- L = panjang aliran sungai utama (ft)
- S = retensi maksimum (inchi), $S = 1000/CN - 10$
- CN = bilangan kurva (*curve number*)
- y = kemiringan lereng (%)
- T_b = waktu dasar (jam)
- T_p = waktu yang diperlukan untuk mencapai laju aliran puncak (jam)
- T_r = lamanya Hujan (jam)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik DAS

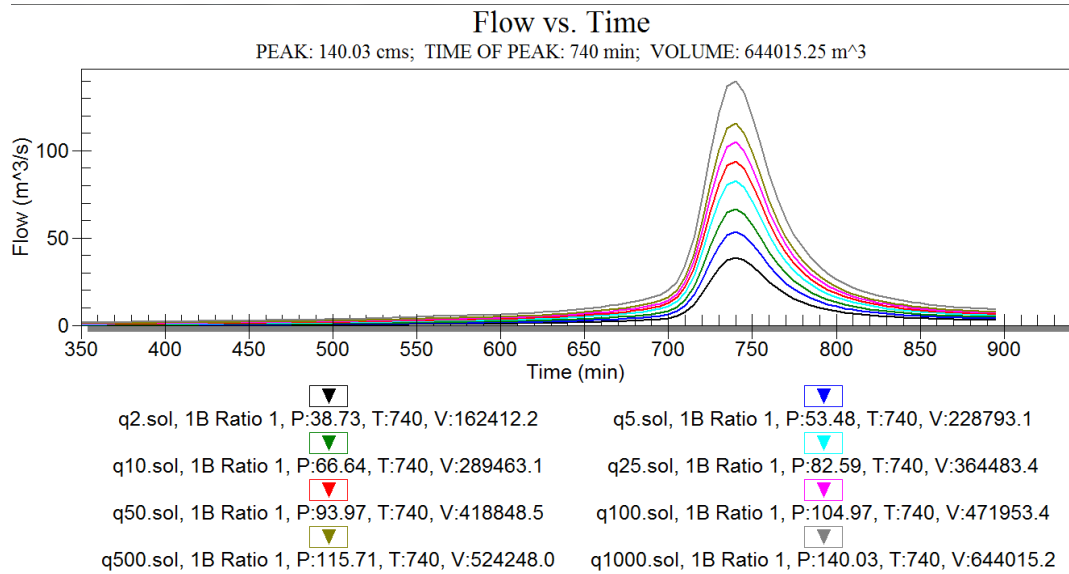
Dari hasil penelitian karakteristik DAS Binuang diperoleh luas DAS 3.04 km², panjang sungai utama 3.786 km, keliling 8.83 km, DAS berbentuk memanjang, kemiringan lereng 0.158 m/m, pola aliran sungai dendritik, kerapatan pengaliran 1.24 km/km² termasuk kategori sedang, bifurcation ratio 4.0, rasio frekuensi orde sungai 6.587, jenis tanah DAS adalah gleisol dan aluvial dan *curve number* 84.

Debit Puncak

Perhitungan debit banjir rancangan menggunakan *software* WMS dengan model HEC-1, HEC-HMS, TR-55 dan TR-20. Perhitungan debit banjir dihitung dengan menggunakan persamaan yang telah tersedia dalam *software*. Parameter dan variabel yang dimasukkan dalam WMS sebagai berikut:

Luas DAS	= 3,04 km ² / 1.17 mi ²
Hujan Rancangan (misal kala ulang 1000)	= 268,5 mm/ 10.57 in
CN (<i>Curve Number</i>)	= 84
Waktu konsentrasi	= 0.455 jam

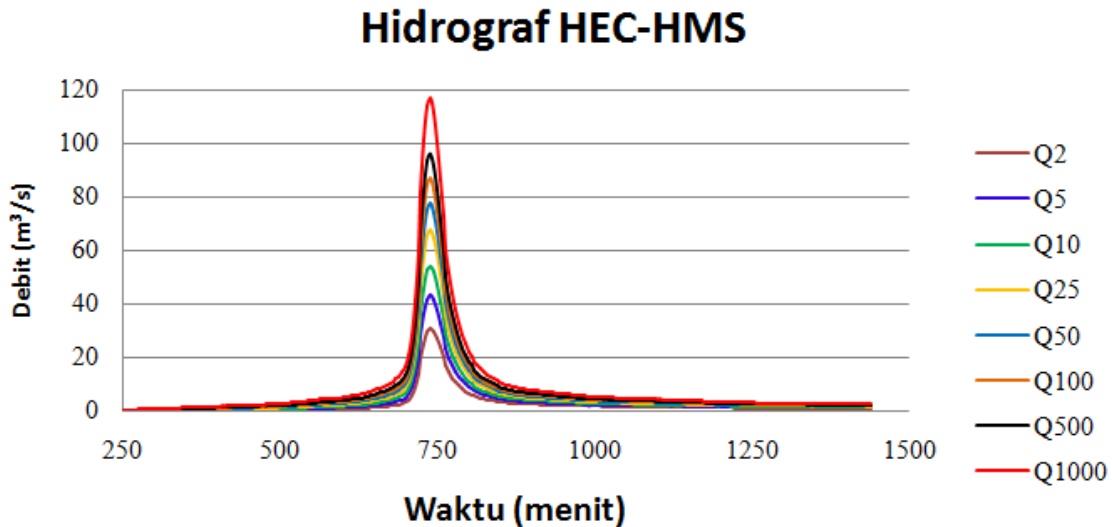
Output hasil hidrograf kalaulang 2, 5, 10, 25, 50, 100, 500 dan 1000 th perhitungan model HEC-1 dapat dilihat Gambar 1.



Gambar 1. Hidrograf aliran HEC-1 kala ulang tertentu

Dari Gambar 1. Perhitungan model HEC-1 pada debit banjir rancangan dengan kala ulang 2 th sebesar 38.73 m³/s, kala ulang 5 th sebesar 53.48 m³/s, kala ulang 10 th sebesar 66.64 m³/s, kala ulang 25 th sebesar 82.59 m³/s, kala ulang 50 th sebesar 93.97 m³/s, kala ulang 100 th sebesar 104.97 m³/s, kala ulang 500 th sebesar 115.71 m³/s, kala ulang 1000 th sebesar 140.03 m³/s. Debit banjir rancangan tersebut diperoleh dengan waktu puncak (*time of peak*) selama 740 min.

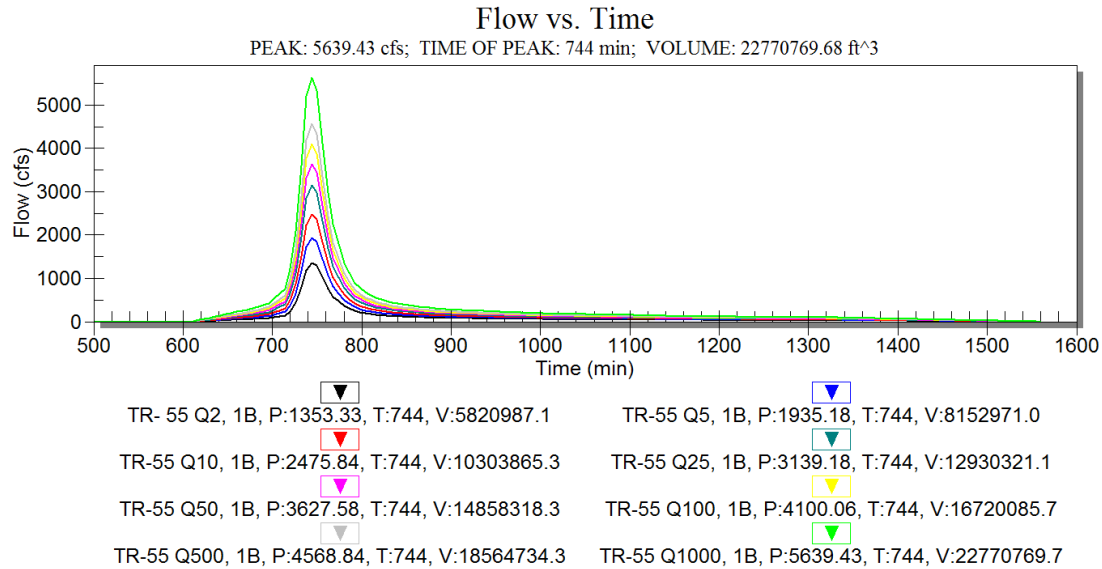
Output hasil hidrograf kala ulang 2, 5, 10, 25, 50, 100, 500 dan 1000 th perhitungan model HEC-HMS dapat dilihat Gambar 2.



Gambar 2. Hidrograf aliran HEC-HMS kala ulang tertentu

Dari Gambar 2. Perhitungan model HEC-HMS pada debit banjir rancangan dengan kala ulang 2 th sebesar 30.5 m³/s, kala ulang 5 th sebesar 42.9 m³/s, kala ulang 10 th sebesar 54 m³/s, kala ulang 25 th sebesar 67.6 m³/s, kala ulang 50 th sebesar 77.3 m³/s, kala ulang 100 th sebesar 86.7 m³/s, kala ulang 500 th sebesar 95.8 m³/s, kala ulang 1000 th sebesar 116.6 m³/s. Debit banjir rancangan tersebut diperoleh dengan waktu puncak (*time of peak*) selama 740 min.

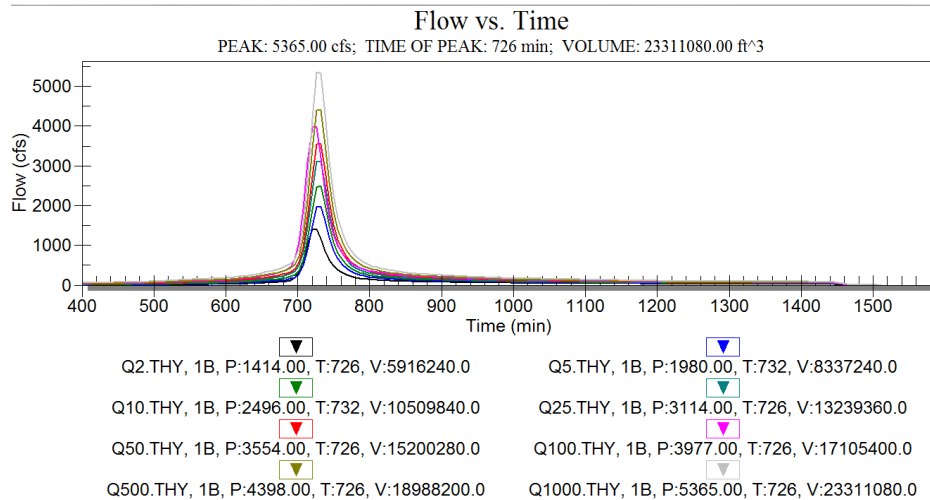
Output hasil hidrograf kala ulang 2, 5, 10, 25, 50, 100, 500 dan 1000 th perhitungan model TR-55 dapat dilihat Gambar 3.



Gambar 3. Hidrograf aliran TR-55 kala ulang tertentu

Dari Gambar 3. Perhitungan model TR-55 pada debit banjir rancangan dengan kala ulang 2 th sebesar 1353.33 cfs, kala ulang 5 th sebesar 1935.18 cfs, kala ulang 10 th sebesar 2475.84 cfs, kala ulang 25 th sebesar 3139.18 cfs, kala ulang 50 th sebesar 3627.58 cfs, kala ulang 100 th sebesar 4100.06 cfs, kala ulang 500 th sebesar 4568.84 cfs, kala ulang 1000 th sebesar 5639.43 cfs. Debit banjir rancangan tersebut diperoleh dengan waktu puncak (*time of peak*) selama 744 min.

Output hasil hidrograf kala ulang 2, 5, 10, 25, 50, 100, 500 dan 1000 th perhitungan model TR-20 dapat dilihat Gambar 4.



Gambar 4. Hidrograf aliran TR-20 kala ulang tertentu

Dari Gambar 4. Perhitungan model TR-20 pada debit banjir rancangan dengan kala ulang 2 th sebesar 1414 cfs, kala ulang 5 th sebesar 1980 cfs, kala ulang 10 th sebesar 2496 cfs, kala ulang 25 th sebesar 3114 cfs, kala ulang

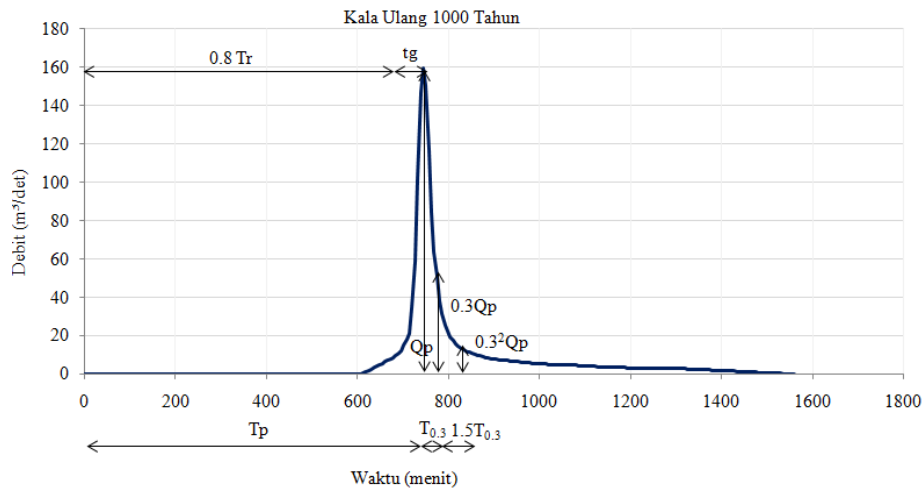
50 th sebesar 3554 cfs, kala ulang 100 th sebesar 3977 cfs, kala ulang 500 th sebesar 4398 cfs, kala ulang 1000 th sebesar 5365 cfs. Debit banjir rancangan tersebut diperoleh dengan waktu puncak (*time of peak*) selama 726 min.

Rekapitulasi perhitungan debit banjir menggunakan *software* WMS dengan 4 model dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Rekapitulasi Puncak Hidrograf

Kala Ulang (tahun)	Debit Rancangan dengan WMS			
	HEC-1 Q (m ³ /s)	HEC-HMS Q (m ³ /s)	TR-55 Q (m ³ /s)	TR-20 Q (m ³ /s)
2	38.73	30.5	38.32	40.04
5	53.48	42.9	54.79	56.06
10	66.64	54	56.63	70.67
25	82.59	67.6	70.1	88.17
50	93.97	77.3	102.72	100.63
100	104.97	86.7	116.1	112.61
500	115.71	95.8	129.37	124.53
1000	140.03	116.6	159.69	151.91

Dari Tabel 2. Rekapitulasi debit banjir rancangan yang paling besar adalah hasil perhitungan TR-55 sebesar Q1000 = 159.69 m³/s dengan waktu puncak (Tp) sebesar 744 menit dengan waktu dasar 1560 menit. Pola aliran Q1000 dapat dilihat Gambar 5.



Gambar 5. Pola aliran Q1000 dengan model TR-55

Dari hasil perhitungan maka pola aliran dengan model TR-55 dapat dilihat pada Tabel 2.

No.	Kala Ulang	Qp` m ³ /dtk	Tp menit	Tb menit	Tg menit	α	Tr menit	T0.3 menit	1.5T0.3 menit	0.3Qp m ³ /dtk	0.32Qp m ³ /dtk
1	2	38.32	744	1560	25.93	2	718.07	51.85	77.78	11.50	3.45
2	5	54.88	744	1560	25.93	2	718.07	51.85	77.78	16.47	4.94
3	10	70.11	744	1560	25.93	2	718.07	51.85	77.78	21.03	6.31
4	25	89.00	744	1560	25.93	2	718.07	51.85	77.78	26.70	8.01
5	50	102.72	744	1560	25.93	2	718.07	51.85	77.78	30.82	9.24
6	100	116.14	744	1560	25.93	2	718.07	51.85	77.78	34.84	10.45
7	500	129.38	744	1560	25.93	2	718.07	51.85	77.78	38.81	11.64

SIMPULAN

Karakteristik DAS Binnuang antara lain:

No.	Parameter	Hasil
1	Luas DAS	3.04 km ²
2	Panjang Sungai Utama	3.786 km
3	Keliling DAS	8.83 km
4	Bentuk DAS	Memanjang
	a. Indeks Bentuk	1.79
	b. Faktor bentuk DAS (Rf)	0.212
	c. Circularity Ratio (Rc)	0.34
	d. Elongation Ratio (Re)	0.86
5	Kemiringan Lereng	0.158
6	Pola Aliran Sungai	Dendritik
7	Kerapatan Pengaliran	1.24 km/km ²
8	Bifurcation Ratio	4 (normal)
9	Rasio Frekuensi Orde Sungai	6.587
10	Jenis Tanah	Gleisol dan Aluvial
11	Tata Guna Lahan	Hutan (77.10%) Pemukiman (11.11%) Sawah (11.79%)
12	Curve Number (CN)	84

Model yang mendekati grafik Creager adalah TR-55. Dengan debit banjir maksimum kala ulang berturut-turut 2, 5, 10, 25, 50, 100, 500 dan 1000 tahun adalah 38.32 m³/s, 54.79 m³/s, 56.63 m³/s, 70.10 m³/s, 102.72 m³/s, 116.10 m³/s, 129.37 m³/s, dan 159.69 m³/s.

Pola aliran banjir berupa hidrograf dengan waktu puncak selama 744 menit dan waktu dasar selama 1580 menit.

REKOMENDASI

Sebaiknya tidak hanya satu stasiun hujan karena dengan luas yang ada kurang mewakili DAS Binnuang dan data debit pengukuran dilapangan harusnya ada untuk kalibrasi model sehingga hasil hidrograf mendekati kenyataan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih saya ucapkan kepada bapak Mamok Suprpto R dan bapak Suyanto yang senantiasa memberikan bimbingan selama penelitian.

REFERENSI

- Anonim, 2009. *Kondisi Geografis Pulau Sumatera*. <http://www.bappenas.go.id/get-file-server/node/8850/>. Akses tanggal 21 Oktober 2013.
- Anonim, 2012. *Penggunaan WMS Pada Model Hidrologi*. http://www.scisoftware.com/products/wms_overview/wms_overview.html. Akses tanggal 21 Oktober 2013.
- Bambang Triatmodjo, 2008. *Hidrologi Terapan*, Beta Offset, Yogyakarta.

- Hari Wibowo, 2010. Aplikasi Model Hidrograf Satuan Sintesis US SCS Dalam Upaya Optimasi Tata Guna Lahan Daerah Aliran Sungai Mempawah Kalimantan Barat. Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura, Kalimantan Barat.
- Indo Takko, 2013. *Pendugaan Hidrograf Limpasan Permukaan dengan Watershed Modelling System Pada Sub-Das Ta'deang Di Kabupaten Maros*. Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Mamok Suprpto, 2013. *Pengalibragaman Hujan-Aliran dengan Hampiran Teragih (272A)*. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Nur Azizah, A., dkk. 2007. Pemodelan Hujan-Debit Menggunakan Model HEC-HMS di DAS Sampean Baru. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Sipil, Institut Teknologi Surabaya.
- Seyhan, Ersin, 1977. *Fundamentals of Hydrology*. Amsterdam : Institute Voor Aardwetenschappen, Vrije Universiteit. Diterjemahkan oleh Subagyo, Sentot .1995. Dasar-dasar hidrologi. Yogyakarta : Gadjah mada University Press.
- Sriyana, 2011. Kajian Karakteristik Das Tuntang Dan Model Pengelolaan Das Terpadu. Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, Semarang.
- US Army Corp Of Engineers, 2000. Hydrologic Modeling System, HEC-HMS. Technical Reference, Washington DC
- Suripin, 2004. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Andi, Yogyakarta.
- Sutopo, Purwo N., 2001. *Analisis Hidrograf Satuan Sintetik Metode Snyder, Clark, dan SCS dengan Menggunakan Model HEC-1 di DAS Cilinung Hulu*. UPT Hujan Buatan BPPT, Jakarta.
- Wilson, Courtney, 2011. *Estimating Peak Discharge Uncertainty From Standard Models Due to Parameter Variability*. Faculty of San Diego State University.