

POLA ALIRAN BANJIR BERDASARKAN KARAKTERISTIK DAS BULUH DI SUMATERA BARAT

Imam Nugroho Hadi Saputro¹⁾, Mamok Suprpto R.²⁾, Siti Qomariyah³⁾

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: imam.mpe@gmail.com

Abstract

The flood investigation in Buluh watershed can be interpreted as a procedure to determine or estimate the amount of flood in point outlet based on the data are known by the using software Watershed Modeling System (WMS). This research aimed at obtaining the discharge flood by using WMS and knowing characteristic of the Buluh watershed and get an image of a pattern the flow of the flood. Calculation discharge flood in the period 2, 5, 10, 25, 50,100, 500 and 1000 years with a model TR-55, TR-20, HEC-1 dan HEC-HMS. The results of the discharge flood period of 1000 years compared with the creager graph Indonesia. From the research characteristic Buluh watershed obtained area 17.36 km², main river length 5.198 km, watershed circumference 20.07 km, watershed shaped radial, slope of 0.1798 m/m, watershed pattern is dendritic, drainage density 1.74 km/km², bifurcation ratio 2.0, ratio frequency river 2.24, slope watershed of 0.1798, the watershed shaped radial, soil type is 90.15% andosol and 9.85% alluvial, landuse is 88.42% forest, 1.27% settlements and 10.31% moor and curve number 82. Flood peak discharge approaching Creager graph is a HEC-HMS model. The flood peak discharge return period happens in 2, 5, 10, 25, 50, 100, 500 and 1000 years is 111.1 m³/s, 159.6 m³/s, 195.7 m³/s, 245.7 m³/s, 285.9 m³/s, 328.8 m³/s, 374.7 m³/s, and 500.1 m³/s. Flow patterns used is period 5 years obtained Tp of 630 minutes with Qp of 159.6 m³/s, when T_{0.3} of 79.22 minutes with 0.3Qp of 47.88 m³/s, when 1.5T_{0.3} obtained 118.83 minutes with 0.3²Qp of 14.36 m³/s. At discharge reach 50 percent obtained Q₅₀ of 79.8 m³/s with W₅₀ of 88.3 minutes, at discharge reach 75 percent obtained Q₇₅ of 119.7 m³/s with W₇₅ of 47.5 minutes.

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

Abstrak

Penelusuran banjir di DAS Buluh dapat ditafsirkan sebagai suatu prosedur untuk menentukan atau memperkirakan besaran banjir di titik outlet berdasarkan data yang diketahui dengan menggunakan *software Watershed Modeling System* (WMS). Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan besaran debit banjir dengan menggunakan WMS serta mengetahui karakteristik DAS Buluh dan mendapatkan gambaran pola aliran banjir. Perhitungan debit banjir dilakukan pada kala ulang 2, 5, 10, 25, 50,100, 500 dan 1000 tahun dengan model TR-55, TR-20, HEC-1 dan HEC-HMS. Kemudian hasil debit banjir kala ulang 1000 tahun dibandingkan dengan grafik *creager* Indonesia. Dari hasil penelitian karakteristik DAS Buluh diperoleh luas DAS 17.36 km², panjang sungai utama 5.198 km, keliling 20.07 km, DAS berbentuk radial, kemiringan lereng 0.1798 m/m, pola aliran sungai dendritik, kerapatan pengaliran 1,74 km/km² termasuk kategori sedang, *bifurcation ratio* 2.0, rasio frekuensi orde sungai 2.24, jenis tanah DAS adalah 90.15% andosol dan 9.85% aluvial, tata guna lahan adalah 88.42% hutan, 1.27% pemukiman dan 10.31% tegalan dan *Curve Number* 82. Debit banjir rancangan yang mendekati grafik *creager* adalah model HEC-HMS. Dengan debit banjir kala ulang berturut-turut 2, 5, 10, 25, 50, 100, 500 dan 1000 tahun adalah 111.1 m³/s, 159.6 m³/s, 195.7 m³/s, 245.7 m³/s, 285.9 m³/s, 328.8 m³/s, 374.7 m³/s, dan 500.1 m³/s. Pola Aliran yang digunakan adalah kala ulang 5 tahun diperoleh Tp sebesar 630 menit dengan Qp=159.6 m³/s, pada waktu T_{0.3} sebesar 79.22 menit dengan 0.3Qp=47.88 m³/s, pada waktu 1.5T_{0.3} sebesar 118.83 menit dengan 0.3²Qp=14.36 m³/s. Pada saat debit mencapai 50% diperoleh Q₅₀=79.8 m³/s dengan W₅₀=88.3 menit, pada debit mencapai 75% diperoleh Q₇₅=119.7 m³/s dengan W₇₅=47.5 menit.

Kata kunci: Pola Aliran Banjir, Hidrograf, *Watershed Modeling System*.

PENDAHULUAN

Sumatera Barat adalah salah satu provinsi di Indonesia yang terletak di pulau Sumatera dengan Padang sebagai ibu kotanya. Wilayah provinsi ini meliputi pesisir barat Sumatera bagian tengah dan sejumlah pulau di pantai. Provinsi ini memiliki luas 42.297,30 km².

Di Sumatera Barat terdapat banyak wilayah yang rawan terhadap bencana longsor, banjir bandang (galodo), dan gempa bumi. Bencana-bencana tersebut sering mengakibatkan kerugian yang cukup besar. Banyak upaya yang telah dilakukan pemerintah untuk mengantisipasi bencana tersebut. Akan tetapi, upaya-upaya tersebut belum dapat secara tuntas menjamin keamanan harta benda dan khususnya keamanan masyarakat dari bencana yang mungkin terjadi.

Provinsi Sumatera Barat meliputi 15 DAS, salah satunya adalah DAS Buluh, yang seringkali terjadi galodo. Untuk mengurangi resiko dari galodo yang terjadi pada batang itu diperlukan kajian mengenai karakter DAS dan pola aliran Batang Buluh.

TINJAUAN PUSTAKA

Gina (2013) mendefinisikan bahwa kondisi topografi, penggunaan lahan, dan jenis tanah mempengaruhi besarnya limpasan yang terjadi pada DAS.

Graig (1987) menyatakan bahwa volume banjir dengan periode ulang tertentu (2, 5, 10, 25, dan 50 tahun) dipengaruhi oleh luas DAS (A), beda tinggi antara outlet dengan titik tertinggi dalam DAS (Hm), dan kemiringan rata-rata DAS. Dikatakannya juga, bahwa debit puncak dengan periode ulang tertentu dipengaruhi juga oleh kemiringan sungai (S), selain variabel-variabel seperti tersebut di atas.

Karakter fisik (*physical characteristics*) dari suatu daerah aliran sungai (DAS) terdiri antara lain: luas DAS, bentuk DAS, lereng (*slope*), ketinggian (*elevation*), kepadatan drainase, gradient sungai, panjang sungai, vegetasi dan penggunaan lahan, variabel tanah (Seyhan, 1977).

Sutopo (2001) menyimpulkan bahwa debit puncak (Qp) dengan model HEC-1 metode SCS menghasilkan nilai yang lebih besar daripada 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.

Lalozae, dkk (2013) menyimpulkan model HEC-1 sebagai pilihan yang lebih baik dari segi hidrologi dan kemajuan komputer. Model HEC-1 memberikan akurasi lebih lanjut untuk simulasi dan validasi aliran permukaan ketika hujan dan limpasan data tersedia. Sedangkan model TR-20 digunakan untuk banyak cekungan yang sama dan menggambarkan jaringan saluran pada debit puncak, waktu puncak dan bentuk hidrograf. Wilson (2011) mendefinisikan 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 hasil yang diperoleh pendugaan hidrograf limpasan permukaan dengan *Watershed Modeling System* memiliki tingkat keakuratan tinggi. Dengan demikian, model WMS dapat digunakan untuk menduga hidrograf aliran DAS.

Banyak model dalam menentukan pengalirragaman hujan menjadi aliran yaitu: model TR-55, TR-20, HEC-HMS dan HEC-1. Model tersebut dapat digunakan untuk menghitung volume *runoff*, *direct runoff*, *baseflow* dan *channel flow*. Perhitungan dan penyelesaian masing-masing model mempunyai komponen berupa variabel tetap, parameter, kondisi batas dan kondisi awal. Dalam analisis keempat model tersebut dapat menggunakan *Watershed Modeling System* (U.S. SCS, 1972).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan berdasarkan data hidrologi dan data grafis sekunder. Sehingga termasuk dalam penelitian deskriptif kuantitatif. Penelitian ini mendiskripsikan karakter DAS Buluh serta mendapatkan besaran debit banjir dan gambaran pola aliran banjir berdasarkan data hidrologi dan data grafis sekunder.

Lokasi penelitian berada pada DAS Buluh yang terletak di Kecamatan Simpati, Kabupaten Pasaman, Provinsi 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 *ArcGIS* versi 9.3 yang dibutuhkan untuk mendigitasi peta dasar, *Microsoft Excel* digunakan untuk perhitungan debit rencana dan perangkat lunak *Watershed Modeling System* untuk mendapatkan debit rencana.

Karakteristik DAS diperoleh dari menganalisis data grafis berupa peta DAS Buluh dengan *software ArcGIS* versi 9.3. Karakteristik terdiri dari luas DAS, panjang sungai utama, keliling DAS, bentuk DAS, kemiringan lereng, ordo sungai, pola aliran sungai, kerapatan pengaliran, *bifurcation ratio*, rasio frekuensi orde sungai, jenis tanah, tata guna lahan dan *curve number*.

Data hujan harian yang telah panggha pada stasiun hujan diubah menjadi data hujan wilayah harian maksimum tahunan. Hujan wilayah yang dihasilkan kemudian dilakukan pengukuran dispersi untuk menentukan jenis agihan

yang dipakai. Jenis agihan yang dipilih selanjutnya diuji kesesuaian dengan uji *Chi Square* dan uji *Smirnov Kolmogorov*. Setelah kedua pengujian dapat diterima hujan daerah dihitung dengan rumus agihan yang dipilih, maka akan didapatkan intensitas hujan, waktu konsentrasi dan hujan rancangan kala ulang 2, 5, 10, 25, 50, 100, 500 dan 1000 tahun. Analisis debit banjir dan pola aliran menggunakan empat model yaitu TR-55, TR-20, HEC-1 dan HEC-HMS.

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

$$Q_p = Q_u A_m Q_{fp} \dots \dots \dots [1]$$

dengan:

- Q_p = debit puncak (cfs)
- Q_u = *unit* debit puncak (csm/in)
- A_m = luas DAS (mil²)
- Q = limpasan (in)
- F_p = faktor penyesuaian kolam dan rawa

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

$$Q_p = \frac{484A}{T_p} \dots \dots \dots [2]$$

dengan:

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

HASIL DAN PEMBAHASAN

Beberapa karakteristik DAS Buluh yang dikaji dalam penelitian ini antara lain yaitu:

1. Luas DAS (A)
Perhitungan luas DAS didapatkan dari *software Watershed Modeling System* sebesar 17,36 Km².
2. Panjang Sungai Utama (L_b)
Perhitungan Panjang Sungai Utama didapatkan dari *software Watershed Modeling System* sebesar 5.198,2 m atau 5,1982 Km.
3. Keliling DAS (A_c)
Keliling atau perimeter DAS didapatkan dari *ArcGIS* sebesar 20.070 m atau 20,07 Km.
4. Bentuk DAS
Dari hasil perhitungan indeks bentuk DAS Buluh sebesar 1.9, faktor bentuk DAS (R_f) sebesar 0.64, *circularity ratio* (R_c) sebesar 0.86 dan *elongation ratio* (R_e) sebesar 3.34. Sedangkan pada faktor bentuk nya < 1 , maka bentuk DAS Buluh relatif memanjang dengan anak-anak sungainya mengkonsentrasi ke suatu titik *outlet* secara radial. Daerah ini mempunyai banjir yang besar di dekat titik *outlet*.
5. Kemiringan Lereng (*Slope*)
Kemiringan lereng DAS Buluh diperoleh 17,98%
6. Ordo Sungai
Orde sungai pada DAS Buluh paling tinggi adalah 3 dengan jumlah 6 buah. Sedangkan jumlah orde 2 adalah 12 buah dan orde 1 dengan 21 buah.
7. Pola Aliran Sungai
Pola aliran (*drainage pattern*) sungai-sungai pada DAS Buluh secara umum menyerupai bentuk percabangan pohon (*dendritik*). Pola aliran sungai mempunyai peranan dalam mempengaruhi besarnya debit puncak dan

lama berlangsungnya debit puncak. Pola aliran tersebut bila dikaitkan dengan sistem aliran sungai (*drainage system*) dapat mempercepat gerakan limpasan dan mempermudah terjadinya erosi tanah pada DAS Buluh.

8. Kerapatan Pengaliran (Dd)

Berdasarkan hasil perhitungan nilai indeks kerapatan sungai (Dd) pada DAS Buluh adalah 1,74 Km/Km². Nilai Dd termasuk kategori sedang. Secara umum semakin besar nilai Dd maka semakin baik sistem drainase di DAS tersebut. Artinya semakin kecil air tanah yang tersimpan di daerah tersebut.

9. *Bifurcation Ratio* (Rb)

Berdasarkan hasil perhitungan menunjukkan nilai Rb pada daerah muara sungai orde 1 dan orde 2 kurang dari 3, maka kenaikan muka air sungai cepat sedangkan penurunannya berjalan lambat. Dengan nilai WRb pada DAS Buluh adalah 5,48.

10. Rasio Frekuensi Orde Sungai (F)

Rasio frekuensi orde sungai pada DAS Buluh adalah 2,24

11. Jenis Tanah

Jenis tanah pada daerah penelitian terdiri atas dua jenis tanah yaitu Aluvial dan Andosol. Jenis tanah yang mendominasi di DAS Buluh adalah jenis Andosol dengan luas 15,65 km² atau 90,15 % dari luas DAS. Sedangkan alluvial sebesar 9.85 %.

12. Tata Guna Lahan

Tata guna lahan yang mendominasi DAS Buluh adalah areal hutan yang memiliki luas sebesar 15,35 Km² atau sekitar 88,42 % dari luas total sebesar 17,36 Km². Persentase terkecil adalah pemukiman dengan luas 0,22 km² atau 1,27 %.

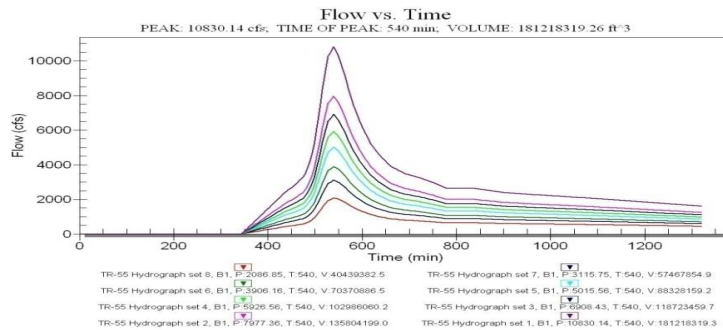
13. *Curve Number* (CN)

Penggunaan lahan Tegalan dengan kelompok hidrologi lahan D mempunyai nilai CN yang terbesar yaitu 89.. Rata-rata CN hasil perhitungan adalah 82.

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

Luas DAS	= 17,36 km ² / 6,7 mi ²
Hujan Rancangan (misal kala ulang 1000)	= 386,3 mm/ 15,21 in
CN (<i>Curve Number</i>)	= 82
Waktu konsentrasi	= 1 jam

Output hasil hidrograf kala ulang 2, 5, 10, 25, 50, 100, 500 dan 1000 tahun perhitungan model TR-55 dapat dilihat Gambar 1.

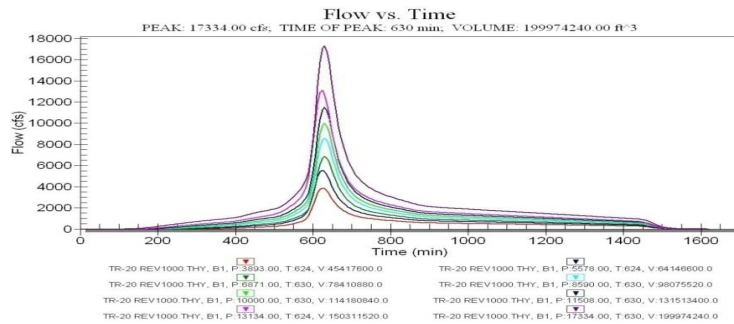


Gambar 1. Hidrograf aliran model TR-55 kala ulang tertentu

Dari Gambar 1. Perhitungan model TR-55 pada debit banjir rancangan dengan kala ulang 2 th sebesar 2086,8 cfs, kala ulang 5 th sebesar 3115,7 cfs, kala ulang 10 th sebesar 3906,1 cfs, kala ulang 25 th sebesar 5015,5 cfs, kala

ulang 50 th sebesar 5926,5 cfs, kala ulang 100 th sebesar 6908,4 cfs, kala ulang 500 th sebesar 7977,3 cfs, kala ulang 1000 th sebesar 10830,1 cfs.

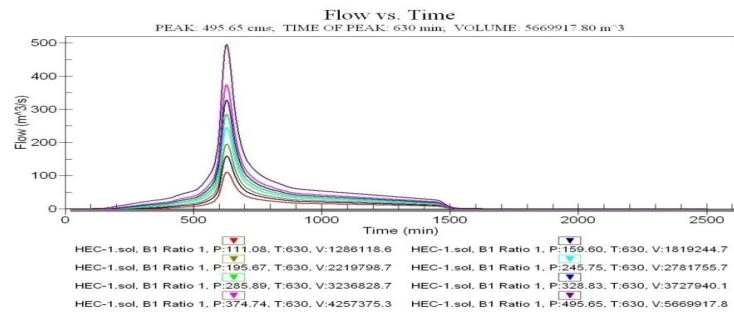
Output hasil hidrograf kala ulang 2, 5, 10, 25, 50, 100, 500 dan 1000 tahun perhitungan model TR-20 dapat dilihat Gambar 2.



Gambar 2. Hidrograf aliran model TR-20 kala ulang tertentu

Dari Gambar 2. Perhitungan model TR-20 pada debit banjir rancangan dengan kala ulang 2 th sebesar 3893,0 cfs, kala ulang 5 th sebesar 5578,0 cfs, kala ulang 10 th sebesar 6871,0 cfs, kala ulang 25 th sebesar 8590,0 cfs, kala ulang 50 th sebesar 10000,0 cfs, kala ulang 100 th sebesar 11508,0 cfs, kala ulang 500 th sebesar 13134,0 cfs, kala ulang 1000 th sebesar 17334,0 cfs.

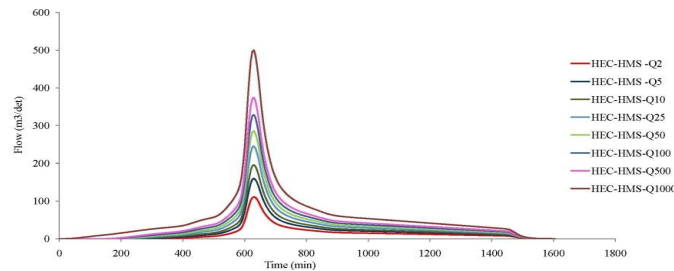
Output hasil hidrograf kala ulang 2, 5, 10, 25, 50, 100, 500 dan 1000 tahun perhitungan model HEC-1 dapat dilihat Gambar 3.



Gambar 3. Hidrograf aliran model HEC-1 kala ulang tertentu

Dari Gambar 3. Perhitungan model HEC-1 pada debit banjir rancangan dengan dengan kala ulang 2 th sebesar 111,1 m³/s, kala ulang 5 th sebesar 159,6 m³/s, kala ulang 10 th sebesar 195,7 m³/s, kala ulang 25 th sebesar 245,7 m³/s, kala ulang 50 th sebesar 285,8 m³/s, kala ulang 100 th sebesar 328,8 m³/s, kala ulang 500 th sebesar 374,7 m³/s, kala ulang 1000 th sebesar 495,7 m³/s.

Output hasil hidrograf kala ulang 2, 5, 10, 25, 50, 100, 500 dan 1000 tahun perhitungan model HEC-HMS dapat dilihat Gambar 4.



Gambar 4. Hidrograf aliran model HEC-HMS kala ulang tertentu

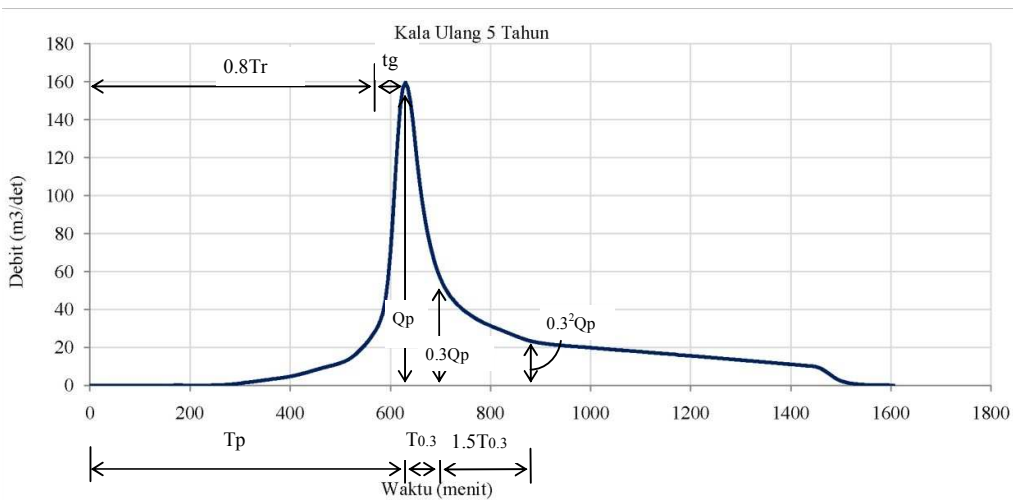
Dari Gambar 4. Perhitungan model HEC-HMS pada debit banjir rancangan dengan kala ulang 2 th sebesar 111,1 m³/s, kala ulang 5 th sebesar 159,6 m³/s, kala ulang 10 th sebesar 195,7 m³/s, kala ulang 25 th sebesar 245,7 m³/s, kala ulang 50 th sebesar 285,9 m³/s, kala ulang 100 th sebesar 328,8 m³/s, kala ulang 500 th sebesar 374,7 m³/s, kala ulang 1000 th sebesar 500,1 m³/s.

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

Tabel 1. Rekapitulasi debit puncak hidrograf

Kala Ulang (tahun)	Debit Rancangan dengan WMS			
	TR-55 Q (m ³ /s)	TR-20 Q (m ³ /s)	HEC-1 Q (m ³ /s)	HEC-HMS Q (m ³ /s)
2	59,1	110,2	111,1	111,1
5	88,2	157,9	159,6	159,6
10	110,5	194,4	195,7	195,7
25	141,9	243,1	245,7	245,7
50	167,7	283,0	285,8	285,9
100	195,5	325,7	328,8	328,8
500	225,8	371,7	374,7	374,7
1000	306,5	490,6	495,7	500,1

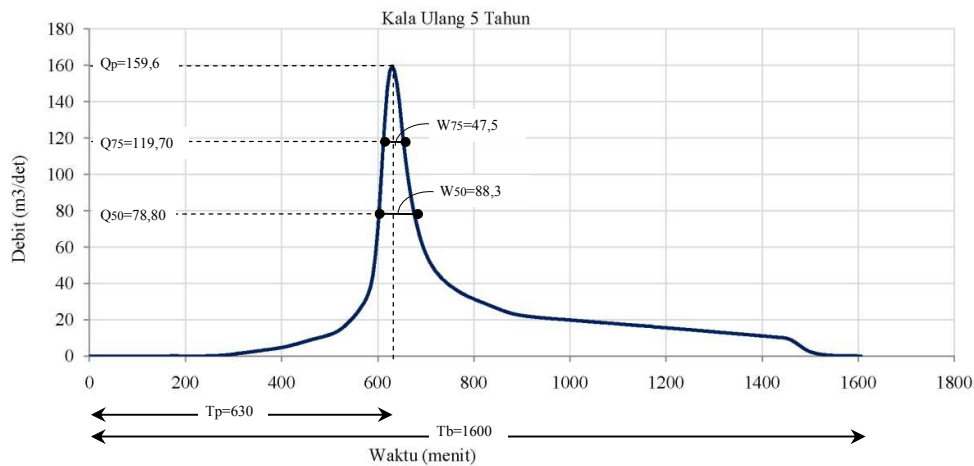
Analisis vertikal pola aliran banjir dengan model HEC-HMS yang digunakan pada kala ulang 5 tahun dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Hidrograf kala ulang 5 tahun

Dari hasil Gambar 5 Hidrograf pada kala ulang 5 tahun diperoleh T_p sebesar 630 menit dengan $Q_p=159,6$ m³/s, pada waktu $T_{0,3}$ sebesar 79,22 menit dengan $0.3Q_p=47,88$ m³/s, pada waktu $1.5T_{0,3}$ sebesar 118,83 menit dengan $0.3^2Q_p= 14,36$ m³/s.

Analisis horizontal pola aliran banjir dengan model HEC-HMS pada kala ulang 5 tahun dan 100 tahun dapat dilihat pada Gambar 6



Gambar 6. Hidrograf kala ulang 5 tahun

Dari hasil Gambar 6 Hidrograf pada kala ulang 5 tahun diperoleh T_p sebesar 630 menit dengan $Q_p=159,6 \text{ m}^3/\text{s}$, pada debit mencapai 50% diperoleh $Q_{50}=79,8 \text{ m}^3/\text{s}$ dengan $W_{50}=88,3$ menit, pada debit mencapai 75% diperoleh $Q_{75}=119,7 \text{ m}^3/\text{s}$ dengan $W_{75}=47,5$ menit.

SIMPULAN

Karakteristik DAS Buluh dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Rekapitulasi karakteristik DAS Buluh

No	Karakteristik DAS	Keterangan
1	Luas DAS	17,36 Km ²
2	Panjang sungai	5,1982 Km
3	Keliling DAS	20,07 Km
4	Bentuk DAS	Radial
	a. Indeks bentuk	Ib = 1,9
	b. Faktor bentuk	Rf = 0,64
	c. <i>Circularity</i>	Rc = 0,86
	d. <i>Elongation ratio</i>	Re = 3,34
5	Kemiringan lereng	0,1798 m/m atau 17,98%
6	Orde sungai	Jumlah 39 buah, dengan orde paling tinggi tingkat 3
7	Pola aliran sungai	Dendritik
8	Kerapatan pengaliran	1,74 Km/Km ² , termasuk kategori sedang.
9	<i>Bifurcation ratio</i>	Rb1= 1,75 < 3 dan Rb2 = 2,0 < 3
10	Rasio frekuensi orde sungai	F= 2,24
11	Jenis tanah	Andosol 90,15% dan Aluviual 9,85%
12	Tata guna lahan	Hutan 88,42%, Pemukiman 1,27% dan Tegalan 10,31%
13	CN (<i>Curve Number</i>)	CN =82

Debit Banjir Rancangan yang paling besar adalah model HEC-HMS. Dengan debit banjir kala ulang berturut-turut 2, 5, 10, 25, 50, 100, 500 dan 1000 tahun adalah 111.1 m³/s, 159.6 m³/s, 195.7 m³/s, 245.7 m³/s, 285.9 m³/s, 328.8 m³/s, 374.7 m³/s, dan 500.1 m³/s.

Hasil Hidrograf yang digunakan pada kala ulang 5 tahun diperoleh T_p sebesar 630 menit dengan $Q_p=159,6 \text{ m}^3/\text{s}$, pada waktu $T_{0,3}$ sebesar 79,22 menit dengan $0.3Q_p= 47,88 \text{ m}^3/\text{s}$, pada waktu $1.5T_{0,3}$ sebesar 118,83 menit dengan $0.32Q_p=14,36 \text{ m}^3/\text{s}$. Pada saat debit mencapai 50% diperoleh $Q_{50}= 79,8 \text{ m}^3/\text{s}$ dengan $W_{50}=88,3$ menit, pada debit mencapai 75% diperoleh $Q_{75}= 119,7 \text{ m}^3/\text{s}$ dengan $W_{75}=47,5$ menit.

REKOMENDASI

Berdasarkan hasil penelitian disarankan untuk penelitian selanjutnya digunakan data pengukuran lapangan agar hasil dari masing-masing debit banjir rancangan yang diperoleh dapat dibandingkan untuk mendapatkan hasil yang mendekati kesempurnaan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih saya ucapkan kepada Bapak Mamok Suprpto R dan Ibu Siti Qomariyah yang senantiasa memberikan bimbingan selama penelitian.

REFERENSI

- Asdak, Chay, 2004. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Craig R. F., 1987. *Soil Mechanics*. Fourth Edition, Van Nostrand Reinhold.
- Gina, Putri V., 2013. *Analisa Runoff Pada Sub Das Lematang Hulu*. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- Indo Takko, 2013. *Pendugaan Hidrograf Limpasan Permukaan dengan Watershed Modeling System Pada Sub-Das Ta'deang Di Kabupaten Maros*. Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin, Makassar.
- 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.
- 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.
- 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 Cilimung Hulu*. UPT Hujan Buatan BPPT, Jakarta.
- US Departement of Agriculture Soil Conservation Service. 1972. *National Engineering Handbook, section 4 Hidrology*. US Government Printing Office, Washington, DC, 544.
- Wanielista, M. Kersten, R., dan Eaglin, R. 1997. *Hidrology: Water Quantity and Quality Control*. John Wiley and Sons Inc., New York.
- Wilson, Courtney, 2011. *Estimating Peak Discharge Uncertainty From Standard Models Due to Parameter Variability*. Faculty of San Diego State University.