

**PREDIKSI NILAI DEBIT PUNCAK MENGGUNAKAN METODE
MUSKINGUM DI SUNGAI PASANGKAYU KECAMATAN PASANGKAYU
KABUPATEN PASANGKAYU**

Muh. Assiddiq¹⁾, Abdullah¹⁾, Abd. Rahman¹⁾

Program Studi Fisika Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Tadulako

ABSTRAK

Penelitian tentang prediksi nilai debit puncak aliran telah dilakukan di Sungai Pasangkayu Kecamatan Pasangkayu Kabupaten Pasangkayu. Penelitian ini dilakukan untuk memprediksi nilai debit puncak yang terjadi di aliran sungai Pasangkayu. Data debit aliran sungai yang diperoleh dari hasil pengukuran diolah dengan menggunakan Metode *Muskingum* yaitu suatu cara perhitungan yang digunakan dalam penelusuran banjir dengan pendekatan hukum kontinuitas, data kecepatan aliran, kedalaman, jarak tiap pias diolah dengan menggunakan program *Microsoft Excel*. Dari hasil penelitian diperoleh bahwa debit maksimum aliran masuk sungai Pasangkayu terjadi pada tanggal 17 Maret 2018 pukul 12:00:00 WITA dengan besar debit 18,17 m³/dt sedangkan debit maksimum aliran keluar terjadi pada hari yang sama pada pukul 10:00:00 WITA dengan besar debit 19,09 m³/dt. Hal ini disebabkan terjadinya hujan di bagian hulu sungai tepatnya di desa Lalundu yang memiliki aliran ke sungai Pasangkayu. Berdasarkan grafik *Muskingum* tanggal 18 Maret 2018 menunjukkan bahwa debit puncak bagian hulu (aliran masuk) lebih besar dari pada debit puncak bagian hilir (aliran keluar), perbedaan waktu terjadinya debit puncak antara bagian hulu dan hilir memiliki selisih waktu 1 jam, sedangkan pada tanggal 17 Maret dan 19 Maret 2018 nampak debit puncak aliran masuk lebih kecil dari pada aliran keluar. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa aliran masuk yang lebih besar dari pada aliran keluar yang menyebabkan terjadinya limpasan di permukaan sungai Pasangkayu sehingga terjadi banjir.

Kata kunci: Aliran sungai, debit puncak, metode *Muskingum*, Microsoft Excel

ABSTRACT

Research has been conducted on the prediction of the peak discharge value of the Pasangkayu river flow in Pasangkayu District, Pasangkayu Regency. This research was conducted to predict the peak discharge values that occur in the Pasangkayu river flow. river flow discharge obtained from the measurement results is processed using the Muskingum Method, which is a method of calculation used in flood search with a continuity legal approach, flow velocity data, depth, distance of each pias processed using the Microsoft Excel program. From the results of the study it was found that the maximum discharge of the Pasangkayu river flow occurred on March 17, 2018 at 12:00:00 WITA with a debit of 18.17 m³/sec while the maximum discharge of the outflow occurred on the same day at 10:00:00 WITA with a debit amount of 19.09 m³/sec. This is due to the rain in the upper part of the river, precisely in the village of Lalundu, which has a flow to the Pasangkayu river. Based on the Muskingum chart on March 18, 2018 shows that the peak discharge of the upstream part (inflow) is greater than the downstream peak discharge (outflow), the difference in the time of peak discharge between the upstream and downstream parts has a difference of 1 hour, while on the March 17 and March 19 2018 there appears to be a peak flow of inlet flow smaller than the outflow. The results of this study indicate that the inflow is greater than the outflow which causes runoff on the surface of the Pasangkayu River resulting in flooding.

Keywords: River flow, peak discharge, Muskingum method, Microsoft Excel.

*) Correspondent Author : assiddiq760@gmail.com

I. PENDAHULUAN

Sungai Pasangkayu berada pada daerah administrasi Kecamatan Pasangkayu, Kecamatan Pedongga Kabupaten Pasangkayu (bagian hilir) serta Kecamatan Rio Pakava, Kecamatan Pinembani Kabupaten Donggala dan Kecamatan Marawola Barat Kabupaten Sigi Provinsi Sulawesi Tengah (bagian hulu). Aliran sungai Pasangkayu cukup deras dengan debit air yang cukup besar. Tingginya debit sedimen di aliran sungai Pasangkayu dan anak-anak sungainya, menyebabkan terjadinya pendangkalan di sungai Pasangkayu dan di muara sungai Pasangkayu, sehingga daya tampung air di sungai berkurang dan mengakibatkan air sungai meluap sehingga terjadi banjir pada daerah sungai dan perumahan di sekitar sungai Pasangkayu (BPLH Kabupaten Mamuju Utara (sejak Tahun 2018 telah menjadi Kabupaten Pasangkayu) 2016).

Banjir merupakan salah satu peristiwa alam yang seringkali terjadi. Banjir dapat terjadi karena curah hujan yang tinggi, intensitas, atau kerusakan akibat penggunaan lahan yang salah. Peranan penelusuran banjir (*flood routing*) yang merupakan bagian analisis hidrologi menjadi cukup tinggi. Penelusuran banjir

bisa ditafsirkan sebagai prosedur untuk menentukan/memperkirakan waktu dan besaran banjir di suatu titik berdasarkan data yang diketahui (Sulianti, 2008).

Penelusuran banjir merupakan hitungan hidrograf banjir di suatu lokasi sungai yang didasarkan pada hidrograf banjir di lokasi lain. Hidrograf banjir dapat ditelusuri lewat palung sungai dengan tujuan mengetahui hidrograf banjir suatu lokasi yang tidak mempunyai pengamatan muka air, peramalan banjir jangka pendek dan perhitungan hidrograf banjir hilir berdasarkan hidrograf hulu. Salah satu metode penelusuran banjir secara hidrologi adalah Metode *Muskingum* (Subriyah dan Sudjarwadi, 1998).

Dimana metode *Muskingum* adalah suatu cara perhitungan sederhana yang cocok digunakan untuk analisis banjir sungai karena beberapa parameter data sungai yang diperlukan mudah diperoleh dengan cara melakukan pengukuran langsung. Metode *Muskingum* ini mengasumsikan bahwa tidak ada anak sungai yang masuk ke dalam bagian memanjang palung sungai yang ditinjau serta penambahan dan kehilangan air yang berasal dari air hujan, air tanah

dan evaporasi semuanya diabaikan. Hal ini sesuai dengan pendekatan Hukum Kontinuitas, yang menyatakan bahwa aliran masuk sama dengan aliran keluar pada palung sungai yang ditinjau (Tikno, 2002).

Penelitian tentang penelusuran banjir dengan menggunakan Metode *Muskingum* telah dilakukan oleh Siti Ima Fatima (2012) di sub DAS Ta'Daeng Maros. Perbedaan penelitian terdahulu dengan penelitian ini terletak pada pendekatan metode yang digunakan, penelitian yang dilakukan oleh Siti Ima Fatima menggunakan 2 metode yaitu dengan menggunakan metode *Muskingum* dan metode *Muskingum-Cunge*, penelitian ini menggunakan penampang yang berbentuk tampungan prisma dan baji. Siti Ima Fatima melakukan pengukuran dibagian hulu dan hilir secara bersamaan dengan mencatat waktu pengukuran setiap 30 menit, sedangkan penelitian ini melakukan pengukuran hanya pada bagian hulu dengan selang waktu pengukuran 1 jam. Kemudian diolah menggunakan metode *Muskingum* untuk mendapatkan aliran keluar dan grafik aliran sungai Pasangkayu.

Sungai merupakan saluran terbuka yang terbentuk secara alamiah di atas permukaan bumi, tidak hanya menampung air tetapi juga mengalirkannya dari bagian hulu ke bagian hilir. Sungai Pasangkayu mempunyai posisi strategis di Kabupaten Pasangkayu karena alirannya melewati Kota Pasangkayu yang adalah Ibukota Kabupaten Pasangkayu. Alirannya cukup deras dengan debit air yang cukup besar. Sungai ini telah beberapa kali meluap dan menimbulkan banjir di wilayah sekitar alirannya, termasuk di Pasangkayu. (BPLH Kabupaten Mamuju Utara (sejak Tahun 2018 telah menjadi Kabupaten Pasangkayu) 2016).

Data debit atau aliran sungai merupakan informasi yang paling penting bagi pengelola sumber daya air. Debit puncak diperlukan untuk merancang bangunan pengendali banjir. Sementara data debit aliran kecil diperlukan untuk perencanaan alokasi (pemanfaatan) air untuk berbagai macam keperluan, terutama pada musim kemarau panjang (Asdak, 2010).

Luas tampang aliran diperoleh dengan mengukur elevasi permukaan air dari dasar sungai. Kecepatan aliran diukur dengan menggunakan alat ukur kecepatan

seperti *current meter*, pelampung atau peralatan lain. Kecepatan aliran juga dihitung bersamaan dengan pengukuran elevasi muka air, dengan mengetahui panjang L dan waktu tempuh pelampung dapat dihitung kecepatan aliran dengan persamaan:

$$V = \frac{L}{t} \quad (1)$$

Dimana: V : Kecepatan aliran (m/s)

L : Jarak pelepasan pelampung (m)

t : Waktu yang dibutuhkan pelampung melewati titik A ke titik B (dt)

Penelusuran aliran merupakan aspek penting dari hidrologi yang sangat menentukan besarnya gelombang banjir di sepanjang aliran sungai (Ansari dkk., 2016). Secara singkat proses hidrologi terdiri dari presipitasi atau turunnya hujan, evaporasi atau penguapan, infiltrasi atau meresapnya air ke dalam tanah, dan *run off* atau limpasan, baik limpasan permukaan (*surface run off*) maupun limpasan air tanah (*subsurface run off*) (Soemarto, 1987).

Menurut Soemarto (1993), penelusuran banjir merupakan prakiraan hidrograf di suatu titik pada suatu aliran atau bagian sungai yang di dasarkan atas pengamatan hidrograf di titik lain. Hidrograf banjir

dapat ditelusuri lewat palung sungai atau waduk. Tujuan penelusuran banjir adalah untuk, prakiraan banjir jangka pendek, perhitungan hidrograf satuan untuk berbagai titik sepanjang sungai dari hidrograf satuan di suatu titik di sungai tersebut. Penelusuran banjir dimaksudkan untuk mengetahui karakteristik hidrograf *outflow*/keluaran, yang sangat diperlukan dalam pengendalian banjir. Perubahan hidrograf banjir antara *inflow* (I) dan *outflow* (O) karena adanya faktor tampungan atau adanya penampang sungai yang tidak seragam atau akibat adanya meander sungai.

Penelusuran banjir dengan cara *Muskingum*, hanya berlaku pada kondisi –kondisi berikut :

1. Tidak ada anak sungai yang masuk kedalam bagian memanjang palung sungai yang ditinjau.
2. Penambahan atau kehilangan air oleh curah hujan, aliran masuk atau keluar air tanah dan evaporasi, kesemuanya ini diabaikan.

Untuk melakukan perhitungan dengan persamaan kontinuitas, maka dimensi waktu (t) harus dibagi menjadi periode-periode Δt yang lebih kecil, yang disebut

sebagai periode penelusuran (routing periode). Periode penelusuran (Δt) harus dibuat lebih kecil dari waktu tempuh dalam bagian memanjang sungai tersebut, sehingga selama periode penelusuran (Δt) tersebut, puncak banjirnya tidak dapat menutup bagian memanjang sungai secara menyeluruh. Persamaan kontinuitas yang umum dipakai dalam penelusuran banjir adalah sebagai berikut: yang lebih kecil, yang disebut sebagai periode penelusuran (*Routing periode*)

$$I - Q = \frac{ds}{dt} \quad (2)$$

Dimana: I: Debit aliran masuk (m^3/dt)

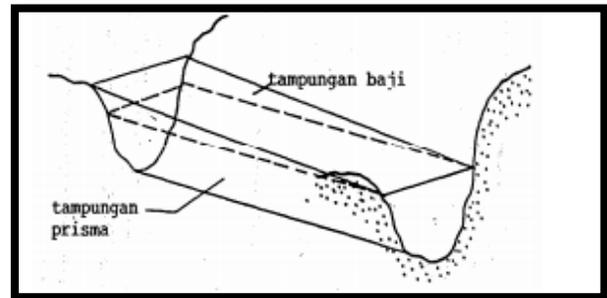
Q: Debit aliran keluar (m^3/dt)

ds: Besar tampungan sungai (m^3)

dt: Priode penelusuran (detik, jam, atau hari)

Triatmodjo (2013) mengatakan bahwa metode penelusuran banjir melalui sungai yang banyak digunakan adalah Metode *Muskingum*. Metode ini memodelkan volume tampungan banjir di alur sungai, yang merupakan gabungan antara tampungan prisma dan tampungan baji seperti ditunjukkan dalam Gambar (1). Tampungan air sungai tergantung pada aliran masuk (*inflow*), aliran keluar (*outflow*), dan karakteristik hidraulik sungai. Tampungan prisma yang terbentuk oleh

tampang lintang sungai sepanjang saluran mempunyai volume konstan. Pada saat banjir datang, aliran masuk lebih besar dari aliran keluar sehingga terbentuk tampungan baji. Sebaliknya pada waktu resesi aliran keluar lebih besar dari aliran masuk sehingga tampungan baji negatif.



Gambar 1 Tampungan prisma dan tampungan baji (Triatmodjo, 2013)

Dengan anggapan bahwa luas tampang lintang aliran banjir adalah sebanding dengan debit di tampang tersebut, maka volume tampungan prisma adalah KO , dan volume baji adalah $Kx(1 - O)$ dimana x adalah factor pembobot yang mempunyai nilai antara 0 dan 0,5. Tampungan total adalah jumlah dari tampungan prisma dan tampungan baji:

$$S = K [xI + (1 - x)O]$$

Persamaan dapat ditulis menjadi:

$$S = K [xI + (1 - x)Q_o] \quad (3)$$

Di lapangan biasanya nilai x bervariasi antara 0,1 dan 0,3. Nilai K dan x dapat diperoleh dengan kalibrasi berdasar hidrograf aliran masuk dan keluar.

Apabila nilai K dan x telah diketahui, maka persamaan (3) dapat digunakan untuk menghitung S . Penelusuran aliran sungai dilakukan dengan membagi waktu aliran menjadi sejumlah langkah waktu (Δt), sehingga persamaan (2) menjadi:

$$\frac{Q_{I1} + Q_{I2}}{2} - \frac{Q_{O1} + Q_{O2}}{2} = \frac{S_1 - S_2}{\Delta t} \quad (4)$$

Persamaan (3) ditulis untuk waktu ke 1 dan 2:

$$S_1 = K[xQ_{I1} + (1-x)Q_{O1}] \quad (5a)$$

$$S_2 = K[xQ_{I2} + (1-x)Q_{O2}] \quad (5b)$$

Substitusi persamaan tersebut ke dalam persamaan (4), sehingga menjadi:

$$Q_{O2} = C_0 I_2 + C_1 I_1 + C_2 Q_{O1} \quad (6)$$

Dimana C_0, C_1 dan C_2 adalah konstanta yang mempunyai bentuk berikut:

$$C_0 = \frac{\left(\frac{\Delta t}{K}\right) - 2x}{2(1-x) + (\Delta t/K)} \quad (7)$$

$$C_1 = \frac{(\Delta t/K) + 2x}{2(1-x) + \left(\frac{\Delta t}{K}\right)} \quad (8)$$

$$C_2 = \frac{2(1-x) - \left(\frac{\Delta t}{K}\right)}{2(1-x) + \left(\frac{\Delta t}{K}\right)} \quad (9)$$

Dimana: S : Volume tampungan (m^3)

K : Koefisien tampungan, yaitu perkiraan waktu perjalanan sungai

Q_I : Debit aliran masuk (m^3/dt)

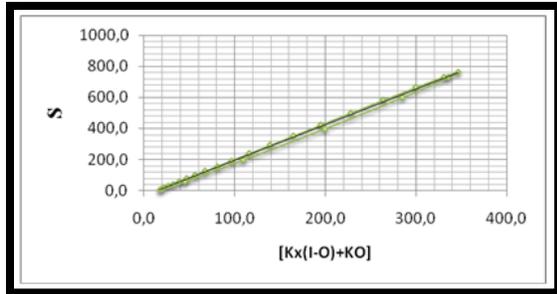
Q_O : Debit aliran keluar (m^3/dt)

X : Faktor pembobot, yang bervariasi antara 0 sampai 0,5

C_0, C_1, C_2 : Konstanta *Muskingum*

Ansari dan Ukarande (2016) mengatakan bahwa Metode *Muskingum* adalah benar-benar sebuah metode sederhana. Kesulitan hanya bagaimana menentukan nilai yang tepat dari K dan x yang menyebabkan hasil yang akurat atau prediksi.

Analisis hidrograf banjir dengan Metode Kinematis *Muskingum* erat kaitannya dengan penyelidikan perjalanan banjir dimana data yang di sebelah hulu sungai diketahui. Prinsip lain yang harus dilengkapi adalah pengukuran banjir di sebelah hilir sungai untuk mendapatkan nilai x dan K . Karena ketiadaan pengukuran data debit pada daerah hilir, maka nilai x dan K didapatkan dengan cara coba – coba. Nilai x dibuat *range* antara 0 – 0,5. Sehingga diperoleh grafik hubungan S dan $[Kx(I-O)+KO]$ mendekati garis linear.



Gambar 2 Grafik hubungan S dan $[Kx(I-O)+KO]$ yang mendekati garis linear

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Sungai Pasangkayu Kecamatan Pasangkayu Kabupaten Pasangkayu.

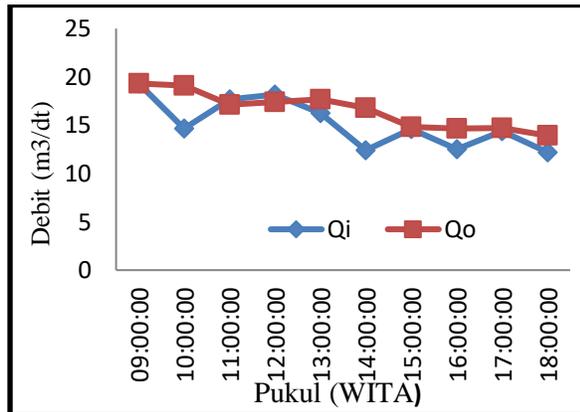
Adapun prosedur pengambilan data dalam penelitian ini yaitu Melihat kondisi morfologi sungai, lalu menentukan titik koordinat lokasi pengambilan data selanjutnya mengukur lebar sungai mengukur kedalaman dengan membagi lebar sungai menjadi beberapa pias tergantung pada lebar sungai. Untuk sungai besar digunakan minimal 5 pias sepanjang penampang melintang sungai. Kemudian menentukan jarak pelepasan pelampung menentukan waktu tiba pelampung dari salah satu ujung tali menuju ke ujung tali yang lain. Setiap titik pengamatan di lakukan minimal 5 kali pelepasan pelampung dengan jarak yang sama agar hasil lebih akurat.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengambilan data dilakukan selama 3 hari, data yang diukur yaitu mengukur lebar sungai dari arah barat ke arah timur, data kecepatan aliran sungai dan data kedalaman sungai. Dimulai pada tanggal 17 Maret 2018 sampai dengan tanggal 19 Maret 2018 di sungai Pasangkayu dengan selang waktu pengukuran selama 1 jam.

Data debit aliran masuk pada tanggal 17 Maret 2018 berkisar antara 12,20 m³/dt sampai 19,31 m³/dt. Pada awal pengukuran aliran masuk dan aliran keluar terlihat memiliki aliran yang sama, perbedaan terlihat pada waktu pengukuran selanjutnya dimana debit aliran masuk lebih kecil dari pada aliran keluar, ini berdasarkan prinsip kontinuitas yang menyatakan bahwa aliran masuk sama dengan aliran keluar. Untuk mendapatkan model grafik *Muskingum* sungai Pasangkayu perlu dibuat grafik hubungan antara debit aliran masuk dan debit aliran keluar terhadap waktu pengambilan data (Gambar 3). Berdasarkan grafik tersebut diperoleh debit puncak bagian hulu sungai Pasangkayu terjadi pada pukul 12:00:00 WITA dengan debit sebesar 18,17 m³/dt. Sedangkan debit puncak bagian hilir sungai Pasangkayu terjadi pada pukul 10.00.00 WITA dengan debit sebesar 19,09 m³/dt. Tinggi debit terukur mencapai 19,31

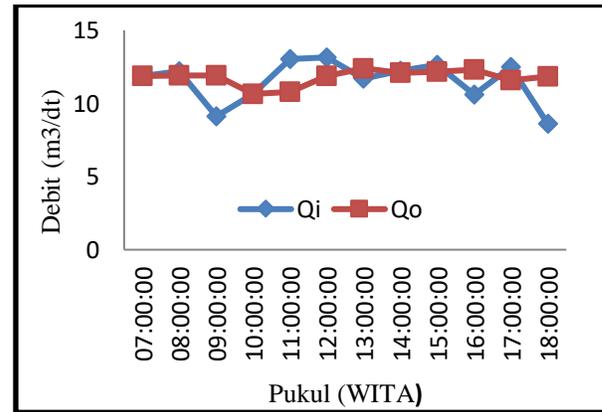
m^3/dt dikarenakan terjadi hujan di desa Lalundu sehingga debit yang diperoleh cukup besar walaupun keadaan sedang cerah ditempat pengukuran.



Gambar 3 Grafik hubungan antara aliran masuk (Q_i) dan aliran keluar (Q_o) terhadap waktu pada 17 Maret 2018

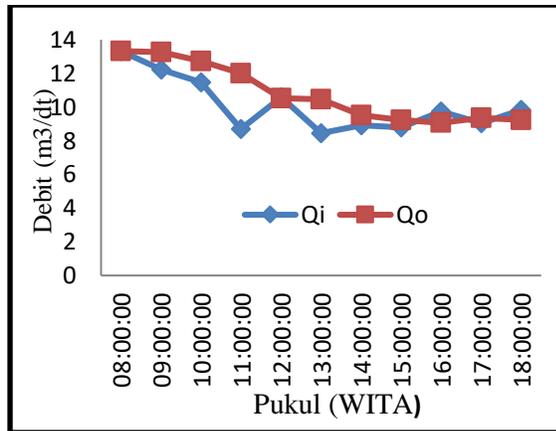
Data debit aliran masuk pada tanggal 18 Maret 2018 berkisar antara $8,60 \text{ m}^3/\text{dt}$ sampai $13,15 \text{ m}^3/\text{dt}$. Debit aliran masuk mengalami kenaikan pada pukul 12.00.00 WITA. Berdasarkan model grafik *Muskingum* sungai Pasangkayu, perlu dibuat grafik hubungan antara aliran masuk dan aliran keluar terhadap waktu pengambilan data dilihat pada (Gambar 4), debit puncak pada bagian hulu sungai Pasangkayu terjadi pada pukul 12:00:00 WITA dengan besar debit $13,15 \text{ m}^3/\text{dt}$, sementara besar debit dibagian hilir sungai Pasangkayu terjadi pada pukul 13:00:00 WITA dengan besar debit $12,40 \text{ m}^3/\text{dt}$. Besar selisih debit aliran masuk dan aliran keluar sebesar $0,75 \text{ m}^3/\text{dt}$.

Tinggi debit terukur pada aliran masuk mencapai $13,15 \text{ m}^3/\text{dt}$ dikarenakan terjadi hujan sehingga debit yang diperoleh cukup besar.



Gambar 4 Grafik hubungan antara aliran masuk (Q_i) dan aliran keluar (Q_o) terhadap waktu pada 18 Maret 2018

Data debit aliran masuk pada tanggal 19 Maret 2018 berkisar antara $8,45 \text{ m}^3/\text{dt}$ sampai $13,32 \text{ m}^3/\text{dt}$. Debit aliran masuk tertinggi terjadi pada pukul 09.00.00 WITA. Berdasarkan model grafik *Muskingum* sungai Pasangkayu, perlu dibuat grafik hubungan antara aliran masuk dan aliran keluar terhadap waktu pengambilan data, dilihat pada (Gambar 5). Debit puncak pada bagian hulu dan bagian hilir sungai Pasangkayu terjadi pada pukul 09:00:00 WITA dengan besar debit $12,21 \text{ m}^3/\text{dt}$, sementara besar debit dibagian hilir sungai Pasangkayu terjadi pada pukul 09:00:00 WITA dengan besar debit $13,27 \text{ m}^3/\text{dt}$.



Gambar 5 Grafik hubungan antara aliran masuk (Q_i) dan aliran keluar (Q_o) terhadap waktu pada 19 Maret 2018

V. KESIMPULAN DAN SARAN

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan metode *Muskingum* debit puncak bagian hulu (aliran masuk) memiliki perbedaan waktu kenaikan dengan debit puncak di bagian hilir sungai (aliran keluar), pada pengukuran tanggal 17 Maret 2018 debit puncak bagian hulu terjadi pada pukul pukul 12:00:00 WITA dengan besar debit 18,17 m³/dt sedangkan debit maksimum aliran keluar terjadi pada pukul 10:00:00 WITA dengan debit sebesar 19,09 m³/dt, pada pengukuran tanggal 18 Maret 2018 perbedaan terjadinya debit puncak antara bagian hulu dan bagian hilir memiliki selisih 1 jam terjadi pada pukul 12:00:00 WITA dengan besar debit 13,15 m³/dt sementara besar debit dibagian hilir sungai terjadi pada pukul 13:00:00 WITA dengan besar debit

12,40 m³/dt, dan pengukuran pada tanggal 19 Maret 2018 nampak debit puncak aliran masuk lebih kecil dari pada aliran keluar yang menunjukkan bahwa aliran sungai sangat baik. Dari aliran hidrogfar tersebut, melihat waktu pencapaian puncak debit bagian hulu ke bagian hilir, ini dapat memberikan informasi berapa lama waktu aliran banjir mencapai bagian hilir sungai.

Berdasarkan grafik *Muskingum* yang telah diperoleh bahwa sungai Pasangkayu memiliki debit puncak aliran masuk (*Inflow*) yang lebih besar dari pada aliran keluar (*Outflow*) dimana debit puncak yang dimaksud adalah debit tertinggi yang terjadi di aliran sungai Pasangkayu pada saat dilakukan pengukuran dimana aliran sungai tertampung di sungai meluap dan menggenangi pemukiman warga yang berada disekitar sungai Pasangkayu.

SARAN

1. Karena Sungai Pasangkayu telah sering meluap dan menyebabkan banjir disekitarnya disarankan kepada pemerintah daerah, agar melakukan sosialisai tentang pencegahan banjir kepada masyarakat sekitar dan melakukan pembangunan tanggul untuk mencegah atau mengurangi terjadinya banjir di daerah tersebut.

2. Penelitian ini menggunakan interval waktu yang cukup lama disarankan kepada peneliti selanjutnya, dalam melakukan pengukuran secara berulang-ulang dengan interval waktu penelitian yang tidak lama agar dapat menghasilkan data yang lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

Ansari,A., M., dan Ukarande, S., K. 2016.*Calculating the parameters of Muskingum method for a rectangular channel*. International journal of recent advances in engineering and technology, 4, 76-80.

Asdak, Chay. 2010. Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.

BPLH Kabupaten Mamuju Utara (Sejak Tahun 2018 menjadi Kabupaten Pasangkayu) bekerjasama dengan Fakultas MIPA Universitas Tadulako. 2016. Laporan akhir kajian lingkungan hidup strategis pengelolaan daerah aliran Pasangkayu, Pasangkayu.

Soemarto, 1987. Hidrologi Teknik. Usaha Nasional.Surabaya.

Soemarto, C.D., 1993. Hidrologi Teknik. Erlangga. Jakarta.

Subriyah dan Sudjarwadi, 1998. Penggabungan Metode *O'Donnel dan Muskingum* Untuk Penelusuran Banjir Pada Jaringan Sungai. MEDIA

TEKNIK No. 4 Tahun 2000 ISSN 0216-3012.

Sulianti, Ika. 2008. Perbandingan Beberapa Metode Penelusuran Banjir Secara Hidrologi (Studi Kasus Sungai Belitang di Sub DAS Komerling). Jurnal Sipil Vol.3. No.1.

Tikno, S. (2002). Penerapan metode penelusuran banjir (*Flood Routing*) untuk program pengendalian dan sistem peringatan dini banjir kasus: Sungai Ciliwung. Jurnal sains dan teknologi modifikasi cuaca, 3 (1), 53-61.

Triatmodjo, B. 2013. Hidrologi terapan. Cetakan ke-3. Yogyakarta: Beta Offset.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Dosen pembimbing, para Kepala Laboratorium dan Laboran Fisika FMIPA UNTAD.