

JURNAL PENELITIAN
PROGRAM STUDI KETEKNIKAN PERTANIAN
JURUSAN TEKNOLOGI PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN



NAMA : SITI IMA FATIMA
STAMBUK : G 621 08 280
PROGRAM STUDI : KETEKNIKAN PERTANIAN
JUDUL PENELITIAN : ANALISIS HIDROGRAF ALIRAN DENGAN
METODE MUSKINGUM dan MUSKINGUM-
CUNGE pada sub DAS TA'DEANG DI
KABUPATEN MAROS
DOSEN PEMBIMBING : Dr. Ir. MAHMUD ACHMAD, MP
Dr. Ir. SITTI NUR FARIDAH, MP

“Analisis Hidrograf Aliran dengan Metode Muskingum dan Muskingum-Cunge pada sub DAS Ta’deang di Kabupaten Maros”

Siti Ima Fatima (G62108280)¹

Mahmud Achmad dan Sitti Nur Faridah²

ABSTRAK

Sub DAS Ta’deang merupakan salah satu sumber air yang digunakan masyarakat sekitar sebagai sumber kehidupan, terutama pada bidang pertanian. Penelusuran banjir bisa ditafsirkan sebagai suatu prosedur untuk menentukan atau memperkirakan besaran banjir di suatu titik berdasarkan data yang diketahui. Metode penelusuran banjir yang digunakan yaitu Metode Muskingum dan Metode Muskingum-Cunge. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik hidrograf sungai di bagian hilir sub DAS Ta’deang, mengetahui metode penelusuran aliran yang tepat untuk digunakan pada sub DAS Ta’deang antara metode Muskingum dan Muskingum-Cunge, mengetahui variasi nilai koefisien K dan X pada metode Muskingum dan Muskingum-Cunge. Pengukuran hidrograf aliran dilakukan pada tiga kali pengamatan banjir dan mencatat perubahan TMA pada setiap 30 menit di mana data TMA bagian hulu dan hilir diambil secara bersamaan. Hasil penelitian menunjukkan Waktu capai puncak (*time to peak*) pengamatan pertama, kedua dan ketiga adalah 5.5 jam, 2.5 jam dan 3 jam dan *Lag time* pada bagian hidrograf hilir sub DAS Ta’deang selama 0.5 jam, 0.5 jam dan 1 jam dengan debit puncak sebesar $6.132 \text{ m}^3/\text{s}$, $12.322 \text{ m}^3/\text{s}$, $33.351 \text{ m}^3/\text{s}$. Metode Muskingum lebih tepat di gunakan pada sub DAS Ta’deang dengan melihat nilai R^2 yang dihasilkan, nilai K dan X pada metode Muskingum bervariasi, sedangkan pada metode Muskingum-Cunge nilai K dan X pada ketiga hidrograf aliran konstan.

Kata kunci : Hidrograf aliran, debit aliran, penelusuran aliran, Muskingum, Muskingum-Cunge

ABSTRACT

Sub watershed Ta’deang is one source of water used around the community as a source of life, especially in agriculture. Flood routing could be interpreted as a procedure to determine or estimate the amount of flooding at a given point based on known data. Flood routing method used is Muskingum and Muskingum-Cunge methods. This study aims to determine the characteristics of the river downstream hidrograf sub watershed Ta’deang, knowing the proper flow tracing method for use in sub-basin Ta’deang between Muskingum and Muskingum-Cunge method and knowing the value of the coefficient of variation of K and X on the Muskingum and Muskingum-Cunge methods. Hidrograf flow measurements performed on three observations and record flooding on the TMA changes every 30 minutes in which the data upstream and downstream TMA taken simultaneously. The time to achieve results showed the peak (*time to peak*) observations of the first, second and the third is 5.5 hours, 2.5 hours and 3 hours and *Lag time* in the downstream sub-watershed hidrograf Ta’deang for 0.5 hours, 0.5 hours and 1 hour with peak discharge of $6132 \text{ m}^3 / \text{s}$, $12\ 322 \text{ m}^3 / \text{s}$, $33\ 351 \text{ m}^3 / \text{s}$. Muskingum method is more appropriate to use in the sub watershed Ta’deang to see the value of R^2 is generated. In the Muskingum method K and X values generated varies, while in the Muskingum-Cunge method K and X values generated constant.

Key words: Flow Hidrograf, Flow Discharge, Flow Routing, Muskingum, Muskingum-Cunge

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Banjir merupakan salah satu peristiwa alam yang seringkali terjadi. Banjir dapat terjadi karena curah hujan yang tinggi, intensitas, atau kerusakan penggunaan lahan yang salah. Oleh karena itu 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).

Sub-DAS Ta’deang merupakan sungai yang memiliki potensi sumber daya air yang cukup baik. Hal ini dapat diketahui dengan kondisi fisiografi di bagian hulu berupa hutan lahan kering, pertanian lahan kering, dan beberapa pemukiman, serta di bagian hilir berupa persawahan, pertanian lahan kering dan pemukiman. Sungai Ta’deang selain memberikan banyak manfaat, seringkali juga mendatangkan bencana, yaitu banjir yang terjadi pada saat musim hujan.

Berdasarkan uraian tersebut maka perlu melakukan penelitian mengenai analisis hidrograf banjir dengan Metode Muskingum dan Muskingum-Cunge pada sub DAS Ta’deang di Kabupaten Maros.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini yaitu :

1. Menduga kejadian banjir bagian hilir dengan informasi hidrograf bagian hulu sub DAS Ta’Deang
2. Bagaimana karakteristik hidrograf bagian hulu dan hilir dengan menggunakan metode Muskingum dan Muskingum-Cunge?

1.3 Tujuan dan Kegunaan Penelitian

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah

1. Mengetahui karakteristik hidrograf sungai di bagian hilir sub DAS Ta'deang,
2. Mengetahui metode penelusuran aliran yang tepat untuk digunakan pada sub DAS Ta'deang antara metode Muskingum dan Muskingum-Cunge
3. Mengetahui variasi nilai koefisien K dan X pada metode Muskingum dan Muskingum-Cunge

Kegunaan penelitian ini yaitu sebagai bahan acuan dalam memprediksi besarnya debit aliran sungai dengan gambaran hidrograf Hulu dan Hilir sub DAS Ta'deang dan sebagai indikator peringatan dini dalam mencegah terjadinya kerusakan akibat banjir.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelusuran Aliran

Penelusuran aliran adalah prosedur untuk menentukan waktu dan debit aliran (hidrograf aliran) di suatu titik pada aliran berdasarkan hidrograf yang diketahui di sebelah hulu. Apabila aliran tersebut adalah banjir maka prosedur tersebut dikenal dengan penelusuran banjir. Penelusuran aliran ini banyak dilakukan dalam studi pengendalian banjir, dimana perlu dilakukan analisis perjalanan/penelusuran banjir di sepanjang sungai atau waduk. Dengan penelusuran banjir ini apabila hidrograf dibagian hulu sungai atau waduk diketahui maka akan dapat dihitung bentuk hidrograf banjir di bagian hilirnya (Triatmodjo B. 2010).

2.2 Hidrograf

Hidrograf adalah diagram yang menggambarkan variasi debit atau permukaan air menurut waktu. Kurva tersebut memberikan gambaran mengenai berbagai kondisi yang ada didaerah tersebut. Kalau karakteristik daerah aliran itu berubah maka bentuk hidrograf juga akan mengalami perubahan. Kegunaan utama hidrograf satuan adalah untuk menganalisis proyek-proyek pengendalian banjir. Faktor utama untuk menentukan bentuk hidrograf adalah karakteristik DAS dan iklim. Unsur iklim yang perlu diketahui adalah jumlah curah hujan total, intensitas hujan, lama waktu hujan, penyebaran hujan dan suhu (Agus, 2011).

2.3 Metode Muskingum

Menurut Soemarto (1993), Cara penelusuran banjir yang sering digunakan adalah cara Muskingum, yang hanya berlaku dalam kondisi sebagai berikut :

1. Tidak terdapat anak sungai yang masuk ke dalam bagian memanjang palung sungai yang ditinjau
2. Penambahan atau kehilangan air oleh curah hujan, aliran masuk atau keluar air tanah dan evaporasi, kesemuanya di abaikan.

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. Tampungan air di sungai tergantung pada aliran masuk (*inflow*), aliran keluar

(*outflow*), dan karakteristik hidraulik sungai. Seperti terlihat dalam gambar tersebut, 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 (Triatmodjo B. 2010).

2.4 Metode Muskingum Cunge

Cunge, 1969, mengembangkan Metode Muskingum untuk penggal sungai tanpa aliran lateral, tetapi mendapatkan nilai parameter penelusuran (C_i) secara langsung. Metode ini membutuhkan data hidrograf inflow dan data fisik penggal sungai yang ditinjau. Pada dasarnya metode Muskingum menggunakan parameter K , X , dan C_i dalam penelusuran banjir suatu penggal sungai (Sobriyah dan Sudjarwadi, 2000).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian mengenai “ Analisis Hidrograf Aliran dengan Metode Muskingum dan Muskingum-Cunge pada sub DAS Ta'deang di Kabupaten Maros” dilaksanakan pada bulan Januari sampai pada bulan Juni 2012, di Sungai Ta'deang, Kecamatan Simbang, Kabupaten Maros, Sulawesi Selatan.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah Current meter, GPS, Tali rafia, Rol meter, Papan ukur, Senter, Kalkulator, Laptop untuk penggunaan pengolahan data.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu berupa data sekunder penggunaan lahan sub DAS Ta'deang yang diperoleh dari Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Jeneberang-Walanae (BP-DAS Jeneberang-Walanae) Dinas Kehutanan Provinsi Sulawesi Selatan.

3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dengan prosedur sebagai berikut :

3.3.1 Penentuan lokasi

Lokasi titik pengukuran ditetapkan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Mencari lokasi pengukuran dengan melihat di *Google Earth* daerah yang akan ditetapkan sebagai tempat pengukuran hulu dan hilir sub DAS Ta'deang.
2. Mengambil titik koordinat setiap lokasi, baik di bagian hilir dan bagian hulu sub DAS Ta'deang.
3. Menyiapkan data DEM dan data penggunaan lahan DAS Maros
4. Membuat peta sub DAS Ta'deang menggunakan *WMS*
5. Memasukkan titik koordinat sub DAS Ta'deang bagian hulu dan hilir, kemudian memilih *Delinate Basins Wizard* untuk penggambaran batas sub DAS
6. Memotong DEM Maros sesuai dengan batas sub DAS Ta'deang
7. Menyiapkan data sekunder penggunaan lahan DAS Maros

- Membuat peta penggunaan lahan sub DAS Ta'deang menggunakan *Arcview*
- Memotong peta penggunaan lahan Maros sesuai dengan batas sub DAS Ta'deang

3.3.2 Pengambilan Data

Langkah-langkah dalam pengambilan data pada penelitian ini adalah :

- Mengukur profil penampang sungai dengan membagi penampang tiap 1 meter pada segmen berdasarkan lebar sungai baik di sebelah hulu maupun hilir,
- Menghitung tinggi muka air dan mengukur kecepatan aliran dengan melakukan tiga kali pengulangan sehingga mendapat nilai rata-rata kecepatan pada tiap segmen menggunakan alat *current meter*,
- Melakukan lima kali pengambilan data tinggi muka air,
- Menghitung debit aliran menggunakan rumus

$$Q = A \times V \dots \dots \dots (1)$$

Dimana :

- Q = Debit Aliran (m³/s)
- A = Luas Penampang Aliran (m)
- V = Kecepatan Aliran sungai (m/s)

- Membuat persamaan debit *rating curve* dengan hubungan tinggi muka air maksimum dan debit yang akan digunakan untuk memperkirakan debit selanjutnya dengan menggunakan data tinggi muka air,
- Melakukan pengamatan tinggi muka air dengan cara menancapkan papan skala dengan panjang 2 meter,
- Mencatat perubahan tinggi muka air setiap selang waktu 30 menit yang dilakukan secara bersamaan di bagian hulu dan hilir sub DAS Ta'deang hingga mendapatkan 1 hidrograf aliran,
- Menghitung debit aliran berdasarkan tinggi muka air yang di konversikan ke persamaan debit *rating curve*, dan
- Membuat hidrograf aliran sungai bagian hulu dan hilir sub DAS Ta'deang

3.3.3 Penelusuran Banjir menggunakan Metode Muskingum

Setelah melakukan pengukuran secara observasi, kegiatan berikutnya adalah melakukan analisis data menggunakan metode Muskingum. Hal ini dilakukan untuk mengetahui perbandingan debit *outflow* hasil observasi dengan debit *outflow* menggunakan metode Muskingum.

Adapun prosedur penggunaannya adalah sebagai berikut :

- Memasukkan data inflow dan outflow hidrograf bagian hulu dan hilir sub DAS Ta'deang,
- Menentukan nilai koefisien *K* dan *X* dengan cara hitung,
- Menghitung nilai koefisien *C0*, *C1*, dan *C2* menggunakan rumus

$$C_0 = \frac{-KX + 0,5 \Delta t}{K - KX + 0,5 \Delta t}$$

$$C_1 = \frac{KX + 0,5 \Delta t}{K - KX + 0,5 \Delta t} \dots \dots \dots (2)$$

$$C_2 = \frac{K - KX - 0,5 \Delta t}{K - KX + 0,5 \Delta t}$$

Dimana :

- K = konstanta waktu penyimpanan
- X = factor beratt yang bbervariasi antara 0.1 sampai 0.3
- Δt = Interval waktu

- Menghitung nilai *outflow* menggunakan rumus

$$O_{j+1} = C_0 I_{j+1} + C_1 I_j + C_2 O_j \dots \dots \dots (3)$$

dengan memasukkan beberapa nilai awal *outflow* yaitu nilai *outflow* sama dengan nilai awal *inflow* observasi, nilai *outflow* sama dengan 0, dan nilai *outflow* sama dengan nilai awal *outflow* observasi, dan

- Membuat hidrograf aliran *outflow* menggunakan metode Muskingum

3.3.4 Penelusuran Banjir menggunakan Metode Muskingum-Cunge

Pada metode Muskingum-Cunge dalam menetapkan koefisien tumpungan (*K*) dan faktor pembobot (*X*), tidak usah melakukan cara hitung karena untuk menentukan nilai (*Ci*) dilakukan secara langsung.

Adapun langkah-langkah pengerjaan metode Muskingum-Cunge adalah sebagai berikut :

- Memasukkan data hidrograf bagian hulu dan karakteristik penggal sungai,
- Menghitung nilai *K* dan *X* menggunakan rumus

$$K = \Delta L / C \dots \dots \dots (4)$$

$$X = 0.5 - \frac{Qp}{2SoBC\Delta L} \dots \dots \dots (5)$$

Dimana :

- ΔL = jarak stasiun Hulu dan stasiun hilir (m)
- C = kecepatan air (m/dtk)
- Qp = debit puncak rata-rata (m³/dtk)
- B = lebar permukaan air sungai rata-rata (m)
- R = jari-jari hidraulik penampang
- So = slope/kemiringan

- Menghitung nilai koefisien *C0*, *C1*, dan *C2* menggunakan rumus

$$C_1 = \frac{\frac{\Delta t}{k} + 2x}{\frac{\Delta t}{k} - 2(1-x)}$$

$$C_2 = \frac{\frac{\Delta t}{k} - 2x}{\frac{\Delta t}{k} - 2(1-x)} \dots \dots \dots (6)$$

$$C_3 = \frac{2(1-x)\frac{\Delta t}{k}}{\frac{\Delta t}{k} - 2(1-x)}$$

- Menghitung nilai *outflow* menggunakan rumus,

$$O_{j+1} = C_1 I_j + C_2 I_{j+1} + C_3 O_j \dots \dots (7)$$

dengan memasukkan beberapa nilai awal *outflow* yaitu nilai *outflow* sama dengan nilai awal *inflow* observasi, nilai *outflow* sama dengan 0, dan nilai *outflow* sama dengan nilai awal *outflow* observasi, dan

- Membuat hidrograf aliran *outflow* menggunakan metode Muskingum-Cunge

3.3.5 Pengolahan Data

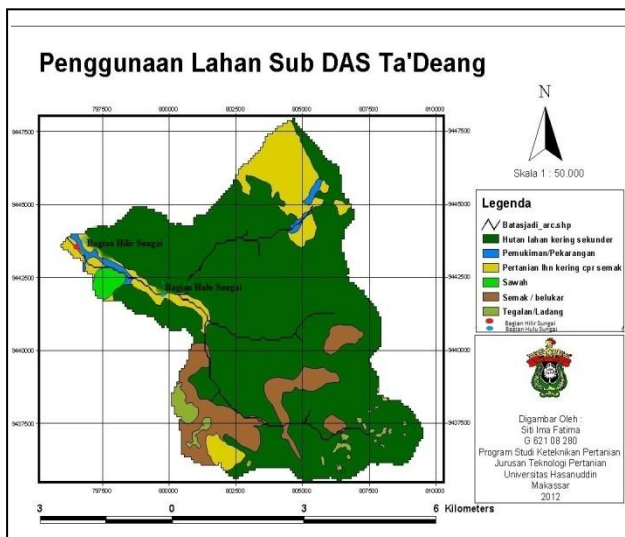
Apabila pengukuran dan perhitungan debit serta perhitungan penelusuran banjir menggunakan metode Muskingum dan Muskingum-Cunge dilakukan, hal selanjutnya yaitu pengolahan data. Adapun langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Membuat debit rating curve untuk mengetahui hubungan antara tinggi muka air (h) dengan waktu (t) untuk memperoleh persamaan debit alirannya.
2. Membuat hidrograf debit penelusuran banjir untuk menggambarkan variasi debit (Q) atau permukaan air menurut waktu (t), daerah aliran sebelah hulu dan hilir sub DAS Ta'deang.
3. Membuat hidrograf penelusuran banjir pada metode Muskingum dan Muskingum-Cunge sebagai perbandingan metode yang paling tepat digunakan untuk sub DAS Ta'Deang.
4. Membandingkan outflow observasi dan outflow hitung sub DAS Ta'Deang

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Penggunaan Lahan sub DAS Ta'deang

Secara geografis Sub DAS Ta'deang pada bagian hulu terletak pada posisi 5°01.724' LS dan 119°40.465' BT, sedangkan bagian hilir Sub DAS Ta'deang terletak pada posisi 5°02.578' LS dan 119°42.552' BT. Tingkatan sungai pada daerah penelitian bagian hulu dan hilir berada pada sungai orde 3. Sub DAS Ta'deang berperan penting bagi masyarakat di sekitarnya, terutama untuk keperluan pertanian. Peta penggunaan lahan sub DAS Ta'deang dapat dilihat pada Gambar 6 di bawah ini



Gambar 1. Peta penggunaan lahan sub DAS Ta'deang

Dari Gambar 1 dapat diketahui bahwa pemukiman di sub DAS Ta'deang memiliki luas sebesar 100.25 ha atau sekitar 1.16% dari total luas sebesar 8664.057 ha. Persentase terbesar adalah hutan lahan kering dengan luas area 6475.103 ha atau 74.774% dan persentase terkecil adalah sawah dengan luas area 94.463 ha atau 1.1%. Berdasarkan Gambar 1, peta penggunaan lahan sub DAS Ta'deang dapat dikelompokkan ke dalam beberapa penggunaan lahan yang luas masing-masing lahan disajikan dalam Tabel 1 di bawah ini :

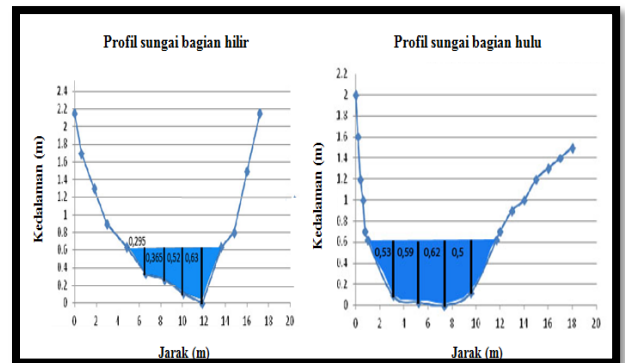
Tabel 1. Penggunaan Lahan pada sub DAS Ta'deang

Jenis penutup tanah	Luas (ha)	Persentase Luas(%)
Hutan Lahan Kering	6475.103	74.8
Pemukiman/pekarangan	100.250	1.2
Pertanian Lahan Kering	1001.324	11.5
Sawah	96.463	1.1
Semak Belukar	833.984	9.6
Tegalan/ladang	156.933	1.8
Total	8664.057	100

Sumber : BP-DAS Jeneberang-Walanae

4.2 Debit Aliran Sungai

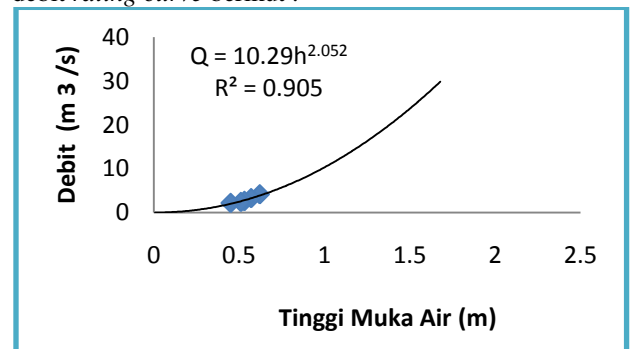
Lebar sungai Ta'deang pada bagian hulu yang ditinjau yaitu sekitar 1060 cm yang mana di sekitar sungai tersebut terdapat hutan lahan kering dan pemukiman penduduk. Sedangkan di bagian hilir sungai yang lebarnya sekitar 875 cm, di sekitarnya merupakan daerah pertanian terutama sawah dan berada kurang lebih 100 m dari pemukiman penduduk. Di bawah ini merupakan profil masing-masing sungai yang disajikan dalam Gambar 2.



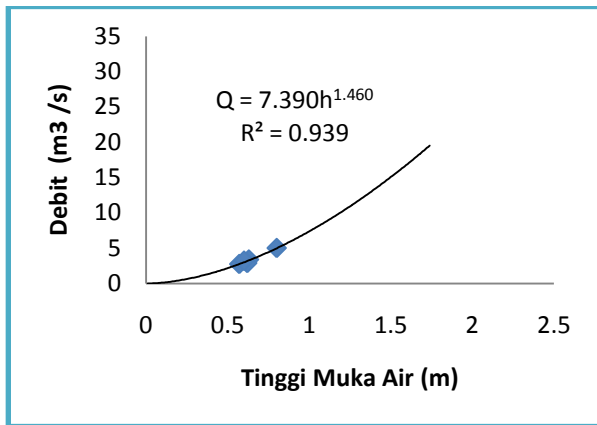
Gambar 2. Profil sungai bagian hulu dan hilir sub DAS Ta'deang

Pada dasarnya nilai koefisien kekasaran sepanjang sungai bervariasi. Hal ini tergantung pada beberapa faktor diantaranya ketidakraturan sungai, perubahan tata guna lahan, erosi, dan sedimentasi. Sifat kondisi sungai dengan melihat nilai rata-rata koefisien dasar saluran (n) yaitu 0.08 menurut Robert E. Horton (1916), sub DAS Ta'deang memiliki tipe saluran yang memiliki banyak tumbuhan dan berlubang.

Dari pengolahan data yang telah dilakukan maka dapat dilihat pada grafik hubungan tinggi muka air (h) dengan debit aliran (Q) atau biasanya disebut debit *rating curve* berikut :



Gambar 3. Rating Curve bagian hulu sub DAS Ta'deang



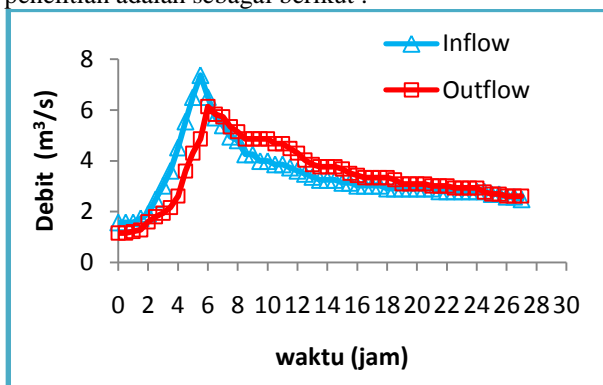
Gambar 4. Rating Curve bagian hilir sub DAS Ta'dang

Dari Gambar 3 dan 4 menunjukkan bahwa seiring meningkatnya tinggi muka air (h) maka debit aliran (Q) semakin bertambah pula. Grafik di atas menunjukkan bahwa tinggi muka air (h) dengan debit aliran (Q) berbanding lurus dan memiliki korelasi positif, dengan peroleh persamaan *rating curve* pada bagian hulu $Q = 10.29h^{2.052}$ dengan $R^2 = 0.905$. Dan pada bagian hilir diperoleh persamaan *rating curve* $Q = 7.390h^{1.460}$ dan $R^2 = 0.939$.

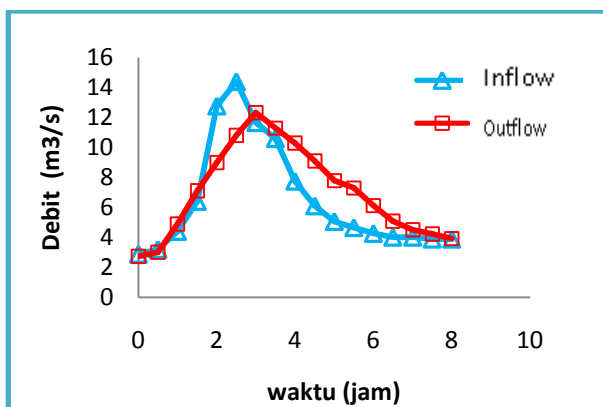
4.3 Hidrograf Penelusuran Banjir

Penelusuran banjir ditafsirkan sebagai suatu prosedur untuk menentukan (memperkirakan) waktu dan besaran banjir di suatu titik di sungai berdasar data yang diketahui (atau anggapan data) di sungai sebelah hulu (Sulianti, 2008).

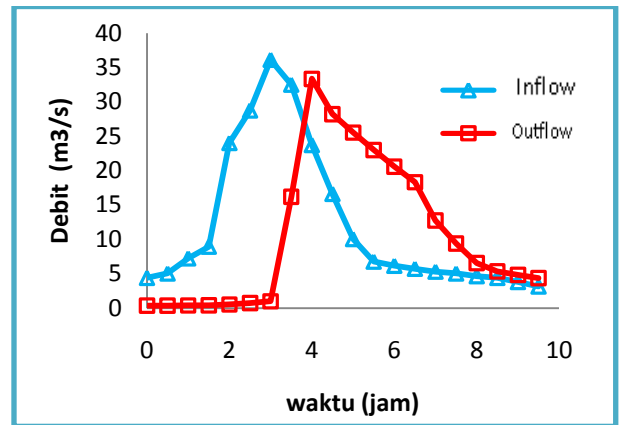
Adapun hidrograf penelusuran banjir hasil pengukuran sungai Ta'dang baik bagian hulu dan hilirnya yang dihubungkan dengan waktu selama penelitian adalah sebagai berikut :



Gambar 5. Hidrograf aliran pada pengukuran pertama



Gambar 6. Hidrograf aliran pada pengukuran kedua



Gambar 7. Hidrograf aliran pada pengukuran ketiga

Berdasarkan Gambar 5, 6, dan 7 dapat dilihat, pada hidrograf hulu (*inflow*) debit aliran *inflow* lebih tinggi dibandingkan pada hidrograf bagian hilir (*outflow*) hal ini disebabkan selama waktu penelusuran aliran air terjadi tumpungan. Pada saat volume tumpungan meningkat di bagian hulu sungai maka akan terjadi proses limpasan air atau volume tumpungan akan dilepaskan ke bagian hilir sungai, yang menyebabkan sungai akan menurun secara bertahap karena adanya pasokan aliran ke luar dari *akumulasi* menuju bagian hilir sungai. Pada hidrograf pengamatan pertama dapat dilihat perubahan karakteristik hidrograf terjadi secara signifikan, tidak terjadi perubahan debit yang besar dari tiap waktu pengamatan, waktu capai puncak (*time to peak*) aliran bagian hulu yaitu 5.5 jam dan waktu capai perjalanan aliran hingga ke hilir yaitu 0.5 jam. Debit puncak *inflow* sebesar $7.375 \text{ m}^3/\text{s}$ sedangkan debit puncak *outflow* sebesar $6.132 \text{ m}^3/\text{s}$. Pada hidrograf kedua *time to peak* nya yaitu 2.5 jam dengan waktu perjalanan menuju hilir 0.5 jam yang menandakan bahwa pada saat pengamatan terjadi peningkatan debit yang cukup besar dengan debit puncak *inflow* sebesar $14.404 \text{ m}^3/\text{s}$ dan debit puncak *outflow* sebesar $12.322 \text{ m}^3/\text{s}$, dan pada hidrograf pengamatan ketiga *time to peak* nya yaitu 3 jam dengan waktu perjalanan menuju hilir yaitu 1 jam. Terjadi peningkatan debit yang sangat besar di mana pada saat itu banjir menggenangi persawahan dan pemukiman penduduk dengan debit puncak *inflow* sebesar $36.107 \text{ m}^3/\text{s}$ dan debit puncak *outflow* sebesar $33.351 \text{ m}^3/\text{s}$. Dari ketiga hidrograf aliran tersebut, melihat waktu capai puncak debit dari hulu ke hilir, ini dapat memberikan informasi berapa lama waktu aliran banjir akan mencapai ke bagian hilir sungai.

4.4 Hidrograf Penelusuran Banjir dengan Metode Muskingum

Metode penelusuran banjir melalui sungai yang banyak digunakan adalah Metode Muskingum. Metode ini memodelkan volume tumpungan banjir di alur sungai, yang merupakan gabungan antara tumpungan prisma dan tumpungan baji. Tumpungan air di sungai tergantung pada aliran masuk (*inflow*), aliran keluar (*outflow*), dan karakteristik hidraulik sungai (Triatmodjo B. 2010).

Di bawah ini adalah tabel koefisien nilai K dan X pada setiap pengamatan hidrograf aliran.

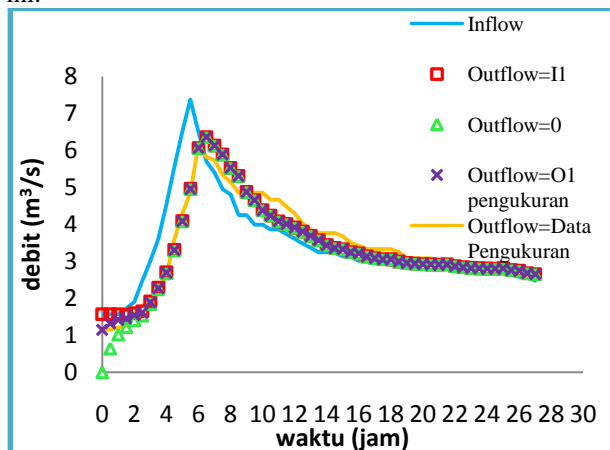
Tabel 2. Koefisien Nilai K dan X Metode Muskingum

Periode	Muskingum		Ket.(Panjang Hidrograf) (jam)
	K	X	
Hidrograf 1	1.39	0.3	46
Hidrograf 2	1.1	0.3	21.5
Hidrograf 3	1.1	0.3	28

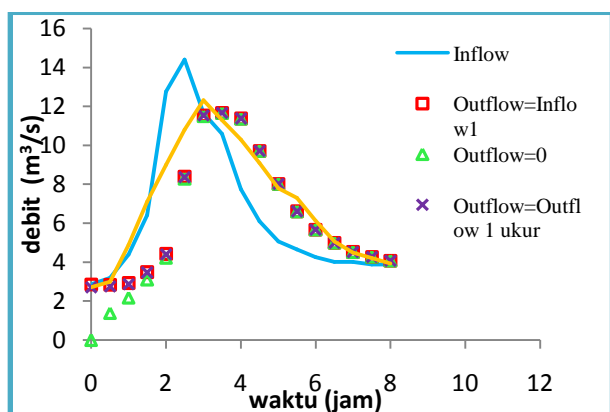
Ket.: K dan X hasil hitung

Tabel 2 menunjukkan hasil hitung nilai K dan X pada setiap hidrograf aliran. Pada metode Muskingum nilai K dan X didapatkan secara hitung berdasarkan nilai hidrograf *outflow* dan hidrograf *inflow* yang dihasilkan pada setiap pengamatan. Pada Tabel 2, hidrograf pertama nilai K lebih besar dibandingkan pada hidrograf kedua dan ketiga, tetapi nilai X yang di hasilkan pada setiap pengamatan sama. Nilai K lebih besar pada debit yang kecil, sedangkan nilai debit yang sedang dan besar nilai K yang dihasilkan konstan.

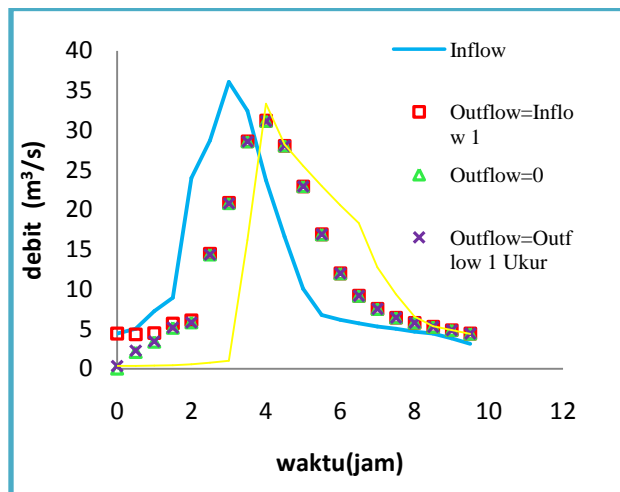
Hidrograf penelusuran aliran menggunakan metode Muskingum ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



Gambar 8. Hidrograf aliran pada pengamatan pertama



Gambar 9. Hidrograf aliran pada pengamatan kedua



Gambar 10. Hidrograf aliran pada pengamatan ketiga

Gambar 8, 9, dan 10 menunjukkan grafik penelusuran aliran dengan menggunakan Metode Muskingum. Pada metode ini data yang dimasukkan adalah nilai masukan *inflow* dengan nilai *outflow* dengan beberapa masukan nilai awalnya yaitu nilai *outflow* sama dengan nilai awal *inflow* observasi, nilai *outflow* sama dengan 0, nilai *outflow* sama dengan nilai *outflow* observasi. Hal ini dilakukan untuk menentukan nilai masukan *outflow* yang cocok untuk penggunaan metode Muskingum sehingga hasil nilai debit *outflow* yang paling mendekati dengan hasil debit *outflow* pada saat pengukuran.

Dari ketiga gambar hidrograf aliran dengan metode Muskingum tersebut tampak bahwa perbedaan nilai awal masukan *outflow* tidak berpengaruh besar terhadap debit yang dihasilkan, dapat di lihat pada gambar, hanya terjadi perbedaan pada 4 titik pertama dan selanjutnya nilai debit yang dihasilkan sama hingga akhir hidrograf.

Gambar 8 menunjukkan perubahan aliran air terjadi secara signifikan. Pada Gambar 9 dan 10 tampak perbedaan hidrograf *outflow* observasi dengan *outflow* dengan beberapa masukan nilai awalnya, besarnya debit yang dihasilkan menunjukkan bahwa terjadi perubahan profil penampang sungai dari gambar sebelumnya dapat dilihat pada hidrograf yang dihasilkan. Tetapi pada penelitian ini tidak dilakukan perhitungan kalibrasi profil penampang, sehingga kita tidak mengetahui besarnya perubahan profil yang terjadi. Adanya perbedaan *outflow* observasi dan *outflow* dengan metode Muskingum didasarkan pada sifat Muskingum yang mengikuti hidrograf *inflow* pada proses perhitungan hidrograf *outflow* nya.

Gambar 8, 9 dan menunjukkan tidak terjadi perubahan yang cukup besar antara debit *outflow* observasi dengan debit *outflow* menggunakan Metode Muskingum, nilai debit puncak *outflow* observasi yaitu sebesar 6.132 m³/s sedangkan debit puncak *outflow* menggunakan metode Muskingum dengan masukan nilai awal *outflow* = nilai awal *inflow* observasi, debit puncaknya sebesar 6.359 m³/s, nilai *outflow* = 0 debit puncaknya sebesar 6.358 m³/s dan nilai *outflow* = nilai awal *outflow* observasi debit puncaknya sebesar 6.359 m³/s. Begitu pun pada pengukuran kedua nilai debit puncak *outflow* observasi yaitu sebesar 12.322 m³/s, sedangkan debit puncak *outflow* menggunakan Metode Muskingum dengan masukan nilai awal *outflow* = nilai

awal *inflow* observasi , debit puncaknya sebesar 11.682 m³/s, nilai *outflow* = 0 debit puncaknya sebesar 11.656 m³/s dan nilai *outflow* = nilai awal *outflow* observasi debit puncaknya sebesar 11.681 m³/s. Selanjutnya pada pengukuran ketiga nilai debit puncak *outflow* observasi yaitu sebesar 33.351 m³/s, sedangkan debit puncak *outflow* menggunakan Metode Muskingum-Cunge dengan masukan nilai awal *outflow* = nilai awal *inflow* observasi, debit puncaknya sebesar 31.218 m³/s, nilai *outflow* = 0 debit puncaknya sebesar 31.198 m³/s dan nilai *outflow* = nilai awal *outflow* observasi debit puncaknya sebesar 31.200 m³/s..

4.5 Hidrograf Penelusuran Banjir dengan Metode Muskingum-Cunge

Cunge 1969, mengembangkan Metode Muskingum untuk penggal sungai tanpa aliran lateral, tetapi mendapatkan nilai parameter penelusuran (Ci) secara langsung. Metode ini membutuhkan data hidrograf *inflow* dan data fisik penggal sungai yang ditinjau (Sobriyah dan Sudjarwadi, 2000).

Di bawah ini adalah tabel koefisien *K* dan *X* pada metode Muskingum-Cunge pada setiap pengamatan hidrograf aliran.

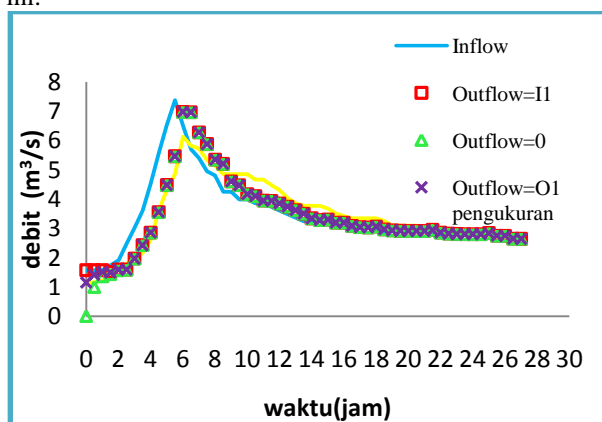
Tabel 3. Koefisien nilai *K* dan *X* Metode Muskingum-Cunge

Periode	Muskingum-Cunge		Ket.(Panjang Hidrograf) (jam)
	<i>K</i>	<i>X</i>	
Hidrograf 1	3846.97	0.493	46
Hidrograf 2	3846.97	0.493	21.5
Hidrograf 3	3846.97	0.493	28

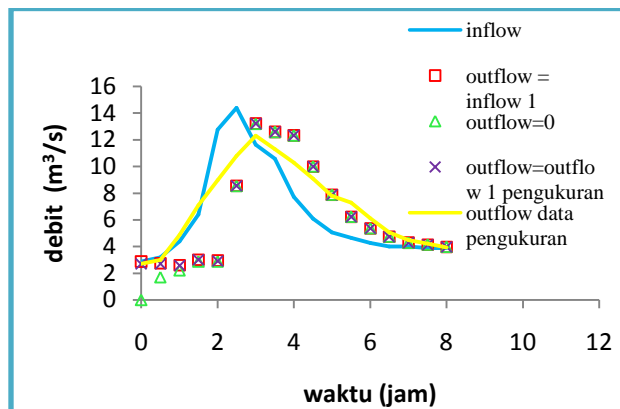
Ket.: *K* dan *X* hasil hitung

Pada Tabel 3 diketahui nilai *K* dan *X* yang dihasilkan dari ketiga pengamatan adalah sama. Hal ini dikarenakan pada metode Muskingum-Cunge dalam menentukan nilai *K* dan *X* didasarkan pada data hidrograf bagian hulu dan data geometri penggal sungai yang ditinjau sehingga memudahkan dalam menentukan nilai koefisiennya.

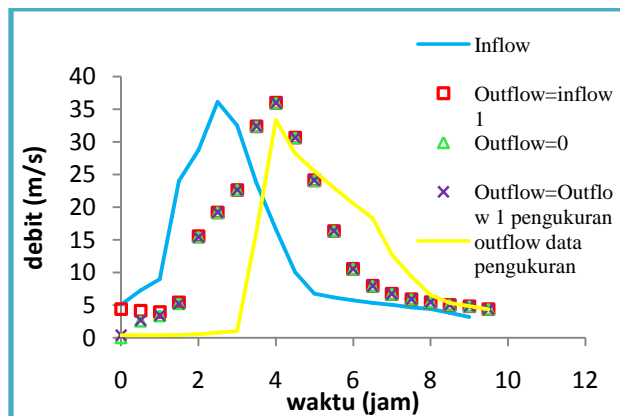
Hidrograf aliran menggunakan metode Muskingum-Cunge di tunjukkan pada gambar di bawah ini.



Gambar 11. Hidrograf aliran pada pengamatan pertama



Gambar 12. Hidrograf aliran pada pengamatan kedua



Gambar 13. Hidrograf aliran pada pengamatan ketiga

Dari ketiga gambar hidrograf aliran dengan metode Muskingum-Cunge tersebut tampak bahwa perbedaan nilai awal masukan *outflow* tidak berpengaruh besar terhadap debit yang dihasilkan, dapat di lihat pada gambar, hanya terjadi perbedaan pada 4 titik pertama dan selanjutnya nilai debit yang dihasilkan sama hingga akhir hidrograf. Pada gambar terlihat bahwa debit yang dihasilkan dengan metode Muskingum-Cunge lebih besar dari debit observasi. Hal ini disebabkan oleh nilai koefisien *K* dan *X* yang dihasilkan.

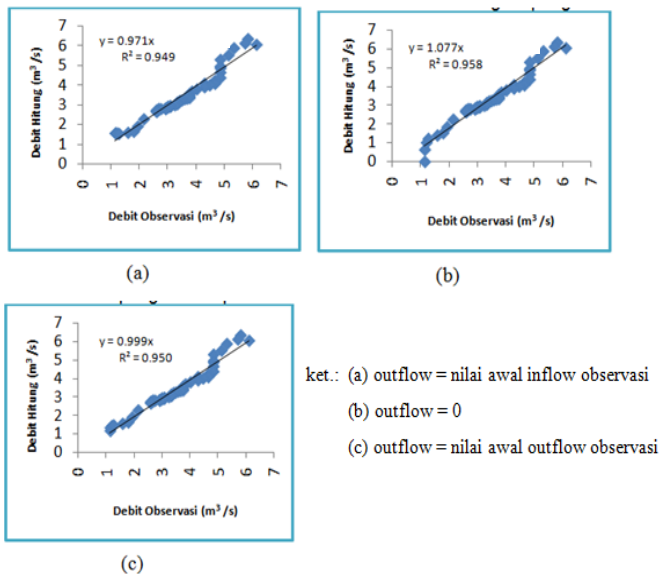
Dari gambar 11, 12 dan 13 diketahui perbandingan nilai *outflow* hitung dengan nilai *outflow* observasi mengalami perbedaan yang cukup besar dimana nilai debit puncak *outflow* observasi yaitu sebesar 6.132 m³/s sedangkan debit puncak *outflow* menggunakan Metode Muskingum-Cunge dengan masukan nilai awal *outflow* = nilai awal *inflow* observasi , debit puncaknya sebesar 6.971 m³/s, nilai *outflow* = 0 debit puncaknya sebesar 6.971 m³/s dan nilai *outflow* = nilai awal *outflow* observasi debit puncaknya sebesar 6.971 m³/s. Pada pengukuran kedua nilai debit puncak *outflow* observasi yaitu sebesar 12.322 m³/s, sedangkan debit puncak *outflow* metode Muskingum-Cunge dengan masukan nilai awal *outflow* = nilai awal *inflow* observasi , debit puncaknya sebesar 13.984 m³/s, nilai *outflow* = 0 debit puncaknya sebesar 13.977 m³/s dan nilai *outflow* = nilai awal *outflow* observasi debit puncaknya sebesar 13.984 m³/s. Pada pengukuran ketiga di ketahui bahwa nilai debit puncak *outflow* observasi yaitu sebesar 33.351 m³/s, sedangkan debit puncak *outflow* metode Muskingum-Cunge dengan masukan nilai awal *outflow* = nilai awal *inflow* observasi , debit puncaknya sebesar 35.961 m³/s, nilai

outflow = 0 debit puncaknya sebesar 35.959 m³/s dan nilai outflow = nilai awal outflow observasi debit puncaknya sebesar 35.960 m³/s.

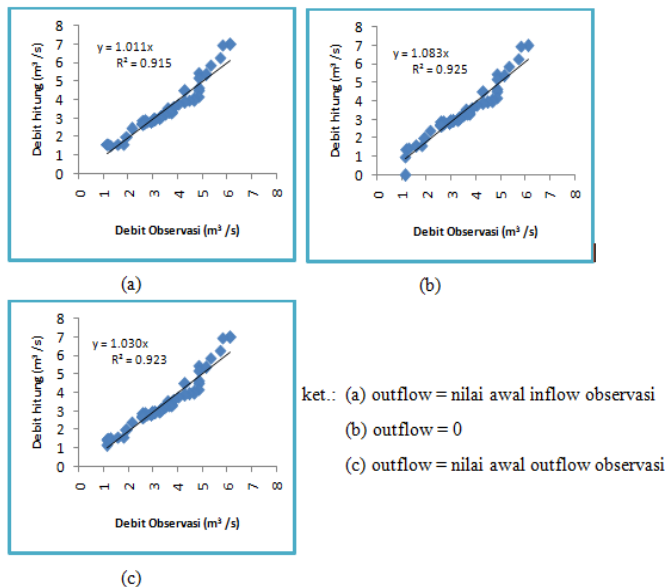
Besarnya nilai outflow yang dihasilkan pada metode Muskingum-Cunge di pengaruhi oleh nilai K dan X, semakin besar nilai K dan X maka semakin besar pula debit outflow yang di dihasilkan. Hal ini dikuatkan oleh pendapat Sobriyah dan Sudjarwadi (2000), pada dasarnya metode Muskingum menggunakan parameter K, X, dan Ci dalam penelusuran banjir suatu penggal sungai.

4.6 Perbandingan debit observasi dengan metode Muskingum dan Muskingum-Cunge

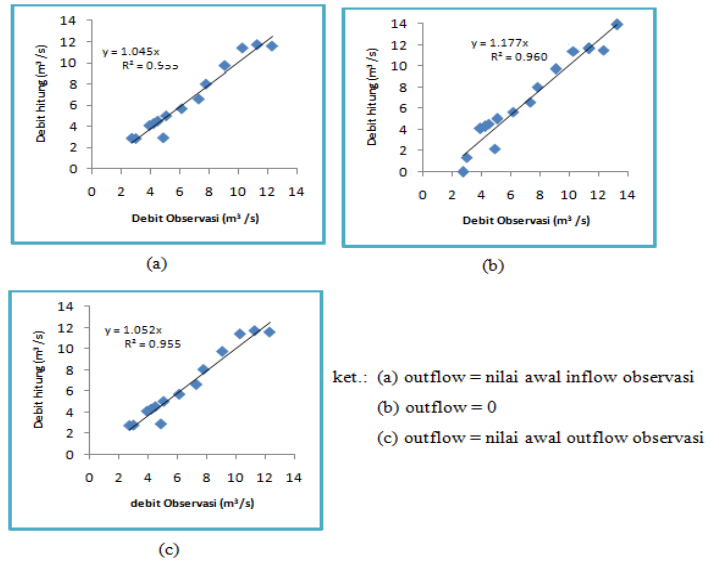
Perbandingan debit outflow observasi dengan debit outflow menggunakan metode Muskingum dan Muskingum-cunge di tunjukkan pada grafik di bawah ini.



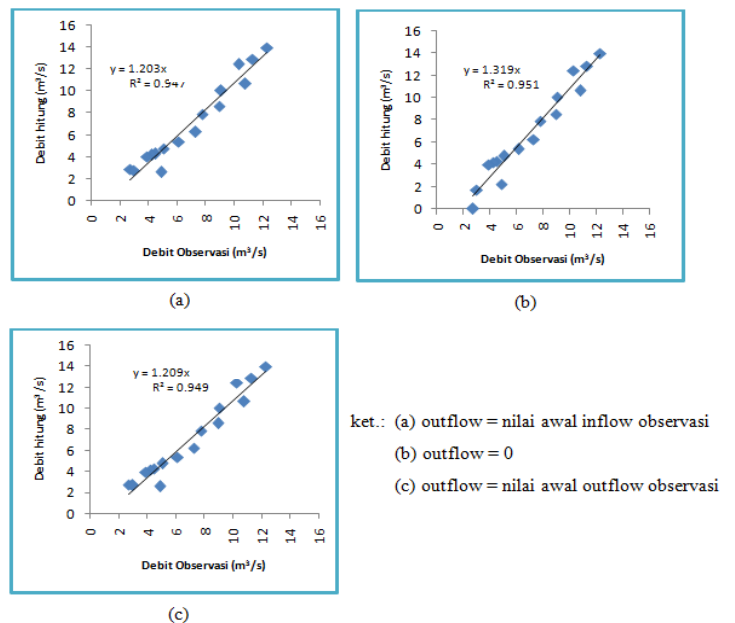
Gambar 14. Perbandingan debit observasi dan debit hitung metode Muskingum pengamatan pertama



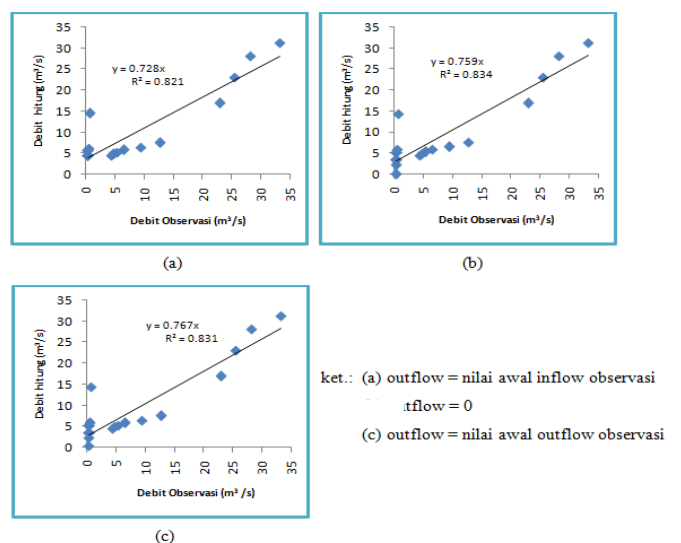
Gambar 15. Perbandingan debit observasi dan debit hitung metode Muskingum-Cunge pengamatan pertama



Gambar 16. Perbandingan debit observasi dan debit hitung metode Muskingum pengamatan kedua



Gambar 17. Perbandingan debit observasi dan debit hitung metode Muskingum-Cunge pengamatan kedua



Gambar 18. Perbandingan debit observasi dan debit hitung metode Muskingum pengamatan ketiga

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis serta uraian-uraian yang di kemukakan pada bab-bab sebelumnya, maka dapat di simpulkan sebagai berikut :

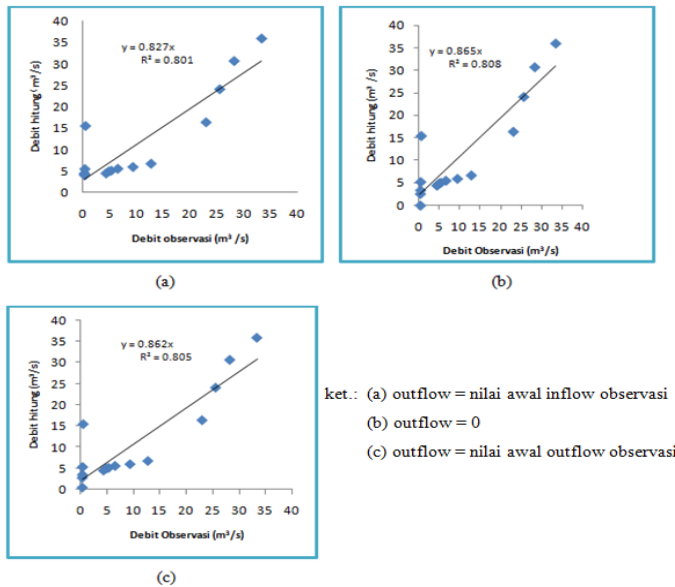
1. Waktu capai puncak pengamatan pertama, kedua dan ketiga adalah 5.5 jam, 2.5 jam dan 3 jam dengan *lag time* menuju hidrograf hilir masing-masing pengamatan adalah 0.5 jam, 0.5 jam, dan 1 jam
2. Metode yang lebih tepat untuk diterapkan pada kondisi sub DAS Ta'deang adalah Metode Muskingum, karena Metode ini lebih mendekati dengan hasil pengukuran langsung dilapangan dan nilai R^2 pada metode Muskingum lebih besar dibandingkan dengan metode Muskingum-Cunge.
3. Pada metode Muskingum nilai koefisien K dan X bervariasi, pada debit kecil nilai K sebesar 1.39 jam, dan pada saat nilai debit sedang dan tinggi koefisien nilai K dan X konstan, sedangkan pada metode Muskingum-Cunge nilai K dan X nya sama pada setiap pengamatan, hal ini di karenakan data masukan merupakan data hidrograf hulu dan karakteristik DAS.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat penulis sampaikan yaitu sebaiknya di dalam penelitian selanjutnya perlu dilakukan juga kalibrasi perubahan profil penampang sungai, sehingga setiap kali terjadi perubahan debit aliran sungai kita dapat mengetahui bentuk perubahan profil penampang sungai yang terjadi.

DAFTAR PUSTAKA

- Asdak, Chay. 2010. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Agus, Indra, 2011. *Perbandingan Hidrograf Satuan Teoritis Terhadap Hidrograf Satuan Observasi DAS Ciliwung Hulu*, Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Pandang.
- Harto, Sri, B. 1993. *Analisis Hidrologi*. PT.Gramedia Utama, Jakarta.
- Subriyah Dan Sudjarwadi, 2000. *Penggabungan Metode O'donnell dan Muskingum Cunge untuk Penelusuran Banjir Pada Jaringan Sungai*. Media Teknik
- Sulianti, Ika. 2008. *Perbandingan Beberapa Metode Penelusuran Banjir Secara Hidrologi (Studi Kasus Sungai Belitang di Sub DAS Komerling)*. Jurnal Silip Vol.3. No.1
- Triatmodjo, Bambang, 2010. *Hidrologi Terapan*. Beta Offset. Yogyakarta



Gambar 19. Perbandingan debit observasi dan debit hitung metode Muskingum-Cunge pengamatan ketiga

Dari Gambar 14 – 19 menunjukkan perbandingan data debit observasi dengan data debit hitung, di mana pada debit hitung digunakan beberapa masukan data *outflow* baik dengan metode Muskingum maupun metode Muskingum-Cunge pada pengamatan pertama hingga pengamatan ketiga. Dari grafik di atas dapat di simpulkan bahwa nilai masukan debit *outflow* yang R^2 paling besar yaitu debit *outflow* dengan masukan data awal adalah 0. Hal ini menunjukkan bahwa masukan debit *outflow*=0 dapat kita gunakan untuk mengetahui nilai *outflow* yang akan dihasilkan selanjutnya. Adanya perbedaan nilai R^2 di pengaruhi oleh nilai debit (Q), semakin besar debit maka nilai R^2 semakin kecil, karena akan semakin menjauhi dari garis linear.

Hasil analisis menunjukkan bahwa penelusuran aliran dengan menggunakan metode Muskingum pada sub DAS Ta'deang memberikan hasil yang cukup baik dibandingkan dengan menggunakan metode Muskingum-cunge, dapat kita lihat dari nilai R^2 yang dihasilkan dari kedua metode tersebut. Semakin besar nilai R^2 maka semakin besar pula nilai kevalidan yang dihasilkan, meskipun perbedaan diantara keduanya tidak begitu besar. Adanya perbedaan ini dipengaruhi oleh nilai koefisien X dan K pada masing-masing metode, dimana pada metode Muskingum-Cunge digunakan parameter-parameter fisik DAS. Menurut asdak (2010) sesuai atau tidaknya model matematis regresi sederhana dengan data yang digunakan dapat ditunjukkan dengan mengetahui besarnya nilai R^2 atau dapat juga disebut koefisien determinansi (*coefficient of determination*). Koefisien determinansi menunjukkan seberapa jauh kesalahan dalam memperkirakan besaran y dapat direduksi dengan menggunakan informasi yang dimiliki variabel x . Model persamaan regresi dianggap sempurna apabila nilai $r^2=1$. Dengan kata lain nilai R^2 merupakan petunjuk kevalidan suatu data dimana jika $0.8 < R^2 < 1$.

