

# PEMODELAN PENELUSURAN BANJIR DENGAN METODE MUSKINGHUM

Andy Hendri\* dan Inra M. S\*\*

\*Staff Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

\*\*Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

## ABSTRAK

Tujuan penelusuran banjir salah satunya adalah peringatan dini banjir, salah satu metode yang terkenal dikembangkan oleh Muskingum. Untuk menghormati penemunya, metode tersebut dinamai Muskingum. Metode ini telah diterapkan secara intensif pada beberapa sungai di Inggris. Menurut Saihul (2006) Muskingum termasuk metode yang cukup akurat, tingkat kesalahan prediksinya rata-rata sebesar 14 persen. dan kesalahan prediksi waktu debit puncak rata-rata 0,16 jam. Metode Muskingum tidak didasarkan atas hukum-hukum dasar hidrolika. Metode ini hanya meninjau hukum kontinuitas dan tampungan. Metode Muskingum menggunakan data debit masuk dan debit keluar yang diukur pada waktu yang bersamaan. Metode ini sering sekali memakan waktu yang lama dikarenakan adanya perulangan-perulangan pada perhitungan konstanta-konstanta penelusuran sehingga dalam proses perhitungan memungkinkan terjadinya kesalahan (*systematic error*). Penelitian ini disusun setelah melalui serangkaian kegiatan penelitian tentang Pemodelan Penelusuran Banjir metode Muskingum. Penelitian ini pada dasarnya hanya pemodelan numerik saja, sedangkan data yang digunakan adalah data sekunder. Untuk hasil ketiga simulasi tersebut sendiri mempunyai trend yang sama antara satu dengan yang lainnya, hal tersebut dapat dilihat pada simpangan rerata untuk simulasi data per 1 jam, 2 jam dan 3 jam yang mempunyai nilai simpangan rerata berturut-turut adalah: 18,3%, 19,8, dan 21,3%. Nilai tersebut tidak terlalu signifikan sekali, sehingga untuk mengambil data di lapangan tidak perlu data yang per 1 jam-an karena untuk yang 3 jam-an saja sudah terwakilkan dan nilainya pun tidak terlalu berpengaruh.

*Kata kunci: Muskingum, Penelusuran Banjir, Model Numerik.*

## PENDAHULUAN

Banjir merupakan permasalahan umum terjadi di sebagian wilayah Indonesia, terutama didaerah padat penduduk misalnya kawasan perkotaan. Oleh karena itu kerugian yang ditimbulkannya besar baik dari segi materi maupun kerugian jiwa, maka sudah selayaknya permasalahan banjir perlu mendapatkan perhatian yang serius dan merupakan permasalahan kita semua. Dengan anggapan bahwa, permasalahan banjir merupakan permasalahan umum, sudah semestinya dari berbagai pihak perlu memperhatikan hal-hal yang dapat mengakibatkan banjir dan sedini mungkin diantisipasi, untuk memperkecil kerugian yang ditimbulkan.

Program pengendalian banjir memerlukan dana besar yang diperlukan untuk pembiayaan pekerjaan-pekerjaan yang berkaitan dengan pengamanan maupun pengendalian banjir. Disamping itu, masyarakat yang berada pada daerah rawan banjir setiap saat memerlukan rasa aman dari pengaruh akibat banjir. Dengan dana yang terbatas pengendalian banjir harus dilakukan seoptimal mungkin dan dilaksanakan menurut rencana dan prioritas yang baik.

Pengendalian banjir dapat dilakukan dengan dua metode yaitu: Metode struktur & non struktur. Metode struktur secara garis besarnya dapat dilakukan dengan dua cara yaitu: Perbaikan, pengaturan sistem sungai & pembangunan bangunan pengendali banjir,

sedangkan metode nonstruktur dapat dilakukan dengan beberapa cara, salah satu diantaranya adalah dengan melakukan penelusuran banjir.

Tujuan penelusuran banjir salah satunya adalah peringatan dini banjir, salah satu metode yang terkenal dikembangkan oleh Muskingum. Untuk menghormati penemunya, metode tersebut dinamai Muskingum. Metode ini telah diterapkan secara intensif pada beberapa sungai di Inggris. Menurut Saihul (2006) Muskingum termasuk metode yang cukup akurat, tingkat kesalahan prediksinya rata-rata sebesar 14 persen. dan kesalahan prediksi waktu debit puncak rata-rata 0,16 jam.

Metode Muskingum tidak didasarkan atas hukum-hukum dasar hidrolika. Metode ini hanya meninjau hukum kontinuitas dan tampungan. Metode Muskingum menggunakan data debit masuk dan debit keluar yang diukur pada waktu yang bersamaan. Metode ini sering sekali memakan waktu yang lama dikarenakan adanya perulangan-perulangan pada perhitungan konstanta-konstanta penelusuran sehingga dalam proses perhitungan memungkinkan terjadinya kesalahan (*systematic error*)

Model matematis dapat digunakan untuk mengurangi kesalahan-kesalahan serta untuk lebih mengoptimalkan dan mengefisiensikan waktu dalam proses perhitungan. Perangkat lunak komputer yang dapat menghitung konstanta-konstanta penelusuran diharapkan

dapat membantu mengurangi kesalahan-kesalahan tersebut. Perangkat lunak komputer ini juga dapat dipergunakan sebagai media tempat penyimpanan data.

Menurut Anwar (2006), Muskingum termasuk metode yang cukup akurat dalam memperkirakan debit banjir dengan tingkat kesalahan prediksinya rata-rata 14 persen dan kesalahan prediksi waktu debit puncak rata-rata 0,16 jam.

Pada umumnya perhitungan pada penelusuran banjir lewat palung sungai secara manual sulit diselesaikan dalam waktu yang singkat karena untuk merumuskan persamaan kontinuitas, waktu ( $t$ ) harus dibagi menjadi periode-periode ( $\Delta t$ ) yang lebih kecil, yang dinamakan periode penelusuran (*routing period*), maka perlu diselesaikan dengan model numeris untuk menghasilkan nilai yang lebih valid.

Agar lebih meningkatkan efisiensi dalam pengukuran data di lapangan maka perlu diperhatikan berapa lama periode penelusuran yang dibutuhkan untuk mendapatkan debit banjir yang optimal. Misalkan, jika waktu periode penelusuran hanya 3 jam pengamatan sudah mendapatkan debit banjir maksimum, maka sangat tidak efisien melakukan pengamatan dalam periode penelusuran 1 jam.

## TINJAUAN PUSTAKA

Penelusuran banjir adalah merupakan peramalan hidrograf disuatu titik pada suatu aliran atau bagian sungai yang didasarkan atas pengamatan hidrograf dititik lain Soemarto (1986).

Menurut Fiedler (1999) penelusuran banjir dapat dilakukan dengan beberapa cara, diantaranya yaitu :

1. Modified Plus, yaitu Metode yang biasanya digunakan pada penelusuran lewat waduk.

2. Kinematik Wave, yaitu Metode yang merupakan bentuk dasar penelusuran secara hidraulika.

3. Muskingum, yaitu Metode yang merupakan metode yang tidak didasarkan atas hukum-hukum dasar hidraulika, yang ditinjau disini hanyalah hukum kontinuitas, sedangkan persamaan keduanya didapat secara empiris.

4. Muskingum-Cunge, yaitu Metoda yang perumusannya diperoleh dari persamaan kontinuitas yang meliputi difusi bentuk dari persamaan momentum.

5. Dynamic, yaitu Metode yang merupakan solusi dari persamaan Saint Venant.

Di Indonesia pemakaian Metode Muskingum pernah dilakukan oleh Saihul Anwar pada stasiun Kamun, Eretan dan Warungpeti stasiun Monjot.

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

1. Tidak ada anak sungai yang masuk kedalam bagian memanjang palung sungai yang di tinjau.

2. Penambahan atau kehilangan air oleh curah hujan, aliran masuk atau keluar air tanah dan evaporasi, kesemuanya ini di abaikan.

Untuk merumuskan persamaan kontinuitas, waktu  $t$  harus dibagi menjadi periode-periode ( $\Delta t$ ) yang lebih kecil, yang dinamakan periode penelusuran (*routing period*) (Soemarto,1986). Periode penelusuran ini harus dibuat lebih kecil dari waktu tempuh dalam bagian memanjang sungai tersebut, sehingga selama periode penelusuran ( $\Delta t$ ) tersebut, puncak banjirnya tidak dapat menutup bagian memanjang sungai secara menyeluruh.

Persamaan kontinuitas yang umum dipakai dalam penelusuran banjir adalah sebagai berikut:

$$I - Q = \frac{ds}{dt} \quad (1)$$

dengan  $I$  adalah debit yang masuk ke dalam permulaan bagian memanjang palung sungai yang ditinjau ( $m^3/s$ ),  $Q$  adalah debit yang keluar dari akhir bagian memanjang palung sungai yang ditinjau ( $m^3/s$ ),  $S$  adalah besarnya tampungan (*storage*) dalam bagian memanjang palung sungai yang ditinjau ( $m^3$ ),  $dt$  adalah periode penelusuran (detik, jam atau hari).

periode penelusuran diubah dari  $dt$  menjadi  $\Delta t$  maka:

$$I = \frac{I_1 + I_2}{2} \quad (2)$$

$$Q = \frac{Q_1 + Q_2}{2} \quad (3)$$

$$dS = S_2 - S_1 \quad (4)$$

sehingga rumus 1 dapat berubah menjadi

$$\frac{I_1 + I_2}{2} + \frac{Q_1 + Q_2}{2} = S_2 - S_1 \quad (5)$$

Indeks 1 merupakan keadaan pada saat permulaan periode penelusuran, dan indeks– indeks 2 merupakan keadaan pada akhir periode penelusuran.  $I_1$  dan  $I_2$  dapat diketahui dari hidrograf debit masuk yang diukur besarnya,  $Q_1$  dan  $S_1$  diketahui dari periode sebelumnya,  $Q_2$  dan  $S_2$  tidak ketahu.

Pada penelusuran lewat palung sungai besarnya tampungan tergantung pada debit masuk dan debit keluar Wilson (1993).Persamaan yang menyangkut kepada debit masuk dan debit keluar. Persamaan yang menyangkut hubungan  $S$  dan  $Q$  pada palung sungai hanya berlaku untuk hal–hal yang

khusus, yang bentuknya adalah sebagai berikut:

$$S = k\{x.I + (1-x).Q\} \quad (6)$$

$k$  dan  $x$  ditentukan oleh hidrograf debit masuk dan debit keluar yang masing-masing diamati pada saat yang bersamaan, sehingga hanya berlaku untuk bagian memanjang palung sungai yang ditinjau. Faktor  $x$  merupakan faktor penimbang (*weight*) yang besarnya berkisar antara 0 dan 1, biasanya lebih kecil dari 0,5 dan dalam banyak hal besarnya kira-kira sama dengan 0,3 serta tidak berdimensi. Sungai-sungai alam  $0,1 < x < 0,3$  (Takeda, 1993) dan menurut Fiedler (1999) sungai alam  $0,2 < x < 0,3$ . Menurut Takeda (1993) semakin curam kemiringan sungai, maka semakin besar harga  $x$  dan pada kasus tertentu  $x$  bernilai negatif.  $S$  mempunyai dimensi volume, sedangkan  $I$  dan  $Q$  berdimensi debit, maka  $k$  harus dinyatakan dengan dimensi waktu (jam atau hari).

Dari persamaan 2 dapat dibuat persamaan berikut ini :

$$S_1 = k\{x.I_1 + (1-x).Q_1\} \quad (7)$$

$$S_2 = k\{x.I_2 + (1-x).Q_2\} \quad (8)$$

Persamaan-persamaan 2,4,5 didapat

$$Q_2 = \{c_0.I_0 + c_1.I_1 + c_2.I_2\}Q_1 \quad (9)$$

dengan

$$C_0 = -\frac{kx - 0,5\Delta t}{k - kx + 0,5\Delta t} \quad (10)$$

$$C_1 = \frac{kx + 0,5\Delta t}{k - kx + 0,5\Delta t} \quad (11)$$

$$C_2 = \frac{k - kx - 0,5\Delta t}{k - kx + 0,5\Delta t} \quad (12)$$

dan

$$c_0 + c_1 + c_2 = 1 \quad (13)$$

Konstanta-konstanta penelusuran  $k$  dan  $x$  harus ditentukan secara empiris dari pengamatan debit masuk dan debit keluar dalam waktu yang bersamaan.

Lengkung  $S$  adalah merupakan lengkung massa dari lengkung  $I-Q$ , sehingga untuk setiap saat dapat dihitung  $S$ .  $S$  akan maksimum bila  $I-Q$  sama dengan 0. Besarnya  $S$  pada saat  $t$  adalah

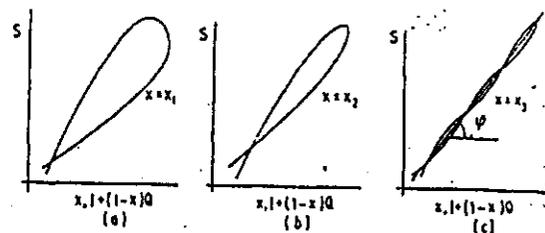
$$S_1 = \sum (I-Q)_1 \Delta t \quad (14)$$

Nilai  $x$  dan  $k$  dapat diperoleh dengan menggambar grafik yang menyatakan hubungan antara  $S$  dan  $x.I + (1-x).Q$ , yaitu dengan memasukkan berbagai harga  $x$  sedemikian rupa hingga didapat garis yang mendekati garis lurus.

Pada penelitian ini untuk mendapatkan garis lurus tersebut dilakukan dengan membuat sebuah program komputer, maka sambil memberikan berbagai harga  $x$ , diperiksa pula koefisien korelasi antara  $r$  antara  $S$  dengan  $x.I + (1-x).Q$ , sampai didapatkan  $r$  yang terbesar. Bila  $r$  terbesar mempunyai harga lebih kecil dari 0,7 berarti tidak ada korelasi antara kedua faktor tersebut, sehingga tidak mungkin ditemukan garis lurus. Rumus untuk mendapatkan koefisien korelasi  $r$  adalah sebagai berikut :

$$r = \frac{n \Sigma(XY) - \Sigma Y \Sigma X}{\sqrt{[n \Sigma(Y)^2 - (\Sigma Y)^2] \cdot [n \Sigma(X)^2 - (\Sigma X)^2]}} \quad (15)$$

dengan  $X=S$ ,  $x.I + (1-x).Q$ ,  $n$  adalah banyaknya titik untuk dihitung harga  $X=S$  dan  $x.I + (1-x).Q$  nya



Gambar 1. Garis Lengkung Banjir

Dari kemiringan garis tersebut didapat harga  $k$ , yaitu

$$k = \tan \varphi = \frac{S}{x.I + (1-x).Q} \quad (16)$$

Jika dimasukkan harga  $x$  yang tidak betul akan didapat suatu loop, yaitu pada  $x = x_2$ .

Konstanta  $k$  dan  $x$  yang didapat tersebut hanyalah berlaku untuk bagian memanjang alur sungai yang ditinjau saja. Jika diketahui hidrograf debit masuknya, maka dapat diramalkan bentuk hidrograf keluarnya

## METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian: Kota Pekanbaru.

Waktu Penelitian : bulan juni sampai dengan Oktober tahun 2007

## Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian yang dilakukan seperti pada Gambar 1.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

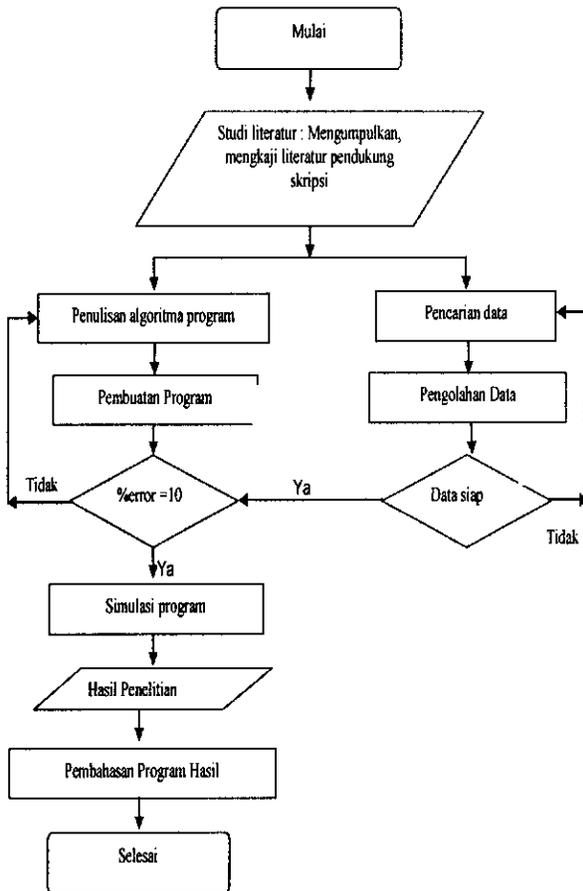
Hasil pada bagian ini terdiri dari pemodelan muskinghum, analisis data yang akan digunakan, dan yang terakhir adalah perhitungan yang akan memprediksi penelusuran banjir. Hasil ini pun akan membahas tentang hasil dari proses hitungan numerik yang digunakan untuk mengeksekusi model yang berupa perangkat lunak.

## Hasil Penelitian

Model yang berupa software ini dinamakan "Muskingum". Model Muskingum ini terdiri dari 3 (tiga) bagian, yaitu: bagian *input data*, bagian proses atau *running*, dan bagian *output data*.

## Validasi Program

Sebelum digunakan untuk memproses permasalahan pada penelitian ini terlebih dahulu Muskingum diujicobakan dengan data hipotetik. Data hipotetik tersebut diselesaikan dengan metode manual dan dengan menggunakan model Muskingum ini, kemudian hasil dari kedua metode tersebut dibandingkan hasilnya.



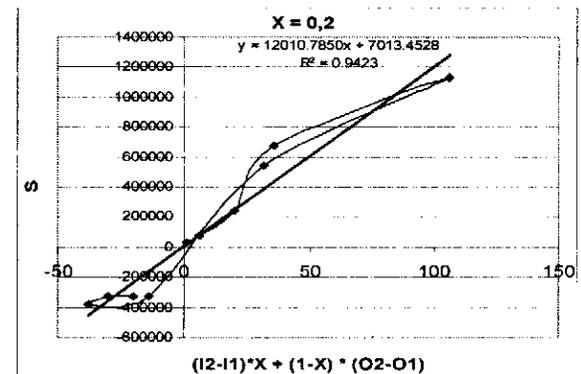
Gambar 1. Alur Penelitian

Hasil dari perbandingan kedua cara tersebut didapat nilai rasio yang berkisar di bawah 0.02%. Hal tersebut disebabkan oleh rumus yang digunakan merupakan rumus empiris. Memang ada beberapa tahap menggunakan metode numeris yaitu sewaktu menghitung nilai koefisien banjir berupa  $x$  dan  $k$ , tetapi rasio yang dihasilkan pun masih tetap kecil juga. Walaupun masih ada selisih antara perhitungan manual dan model, hal itu disebabkan oleh kesalahan numeris seperti pemotongan dan pembulatan.

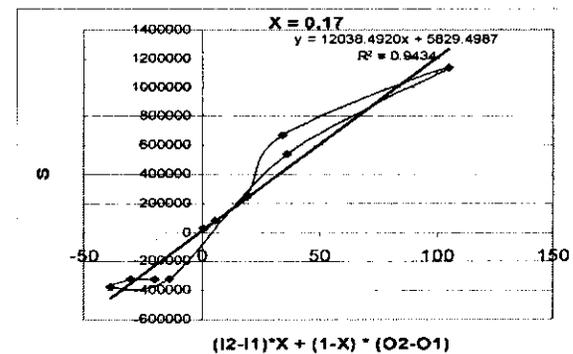
Validasi ini dilakukan dengan mencoba menginputkan data hipotetik. Data tersebut dapat di tampilkan pada Tabel 1. berikut ini:

Tabel 1. Data Hipotetik

No.	Jam	Debit Masuk	Debit Keluar
1.	11	15	15
2.	14	20	15
3.	17	30	20
4.	20	70	35
5.	23	150	60
6.	2	280	160
7.	5	200	220
8.	8	170	210
9.	11	140	170
10.	14	110	140
11.	17	90	120
12.	20	70	100



Gambar 2. Grafik penentuan nilai  $x$  dan  $k$  pada  $X=0,2$



Gambar 3. Grafik penentuan nilai  $x$  dan  $k$  pada  $X=0,17$

Persentase kesalahan relatif antara konstanta penelusuran hasil perhitungan program dan Excel ditampilkan dalam Tabel 2

Tabel 2. Hasil perhitungan konstanta penelusuran Muskingum dan persentase kesalahan relatif

Kons-tanta	Hasil Perhitungan		Error
	Muskingum	Excel	
$x$	0.1720	0.17	1.1765
$k$	3.3444	3.3440	0.0120
$r$	0.9714	0.9713	0.0103
$C0$	0.2166	0.2179	0.5966
$C1$	0.4861	0.4838	0.4754
$C2$	0.2961	0.2983	0.7375

Persentase kesalahan relative antara debit keluar penelusuran hasil perhitungan program dan Excel ditampilkan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Hasil perhitungan debit keluar Muskingum dan persentase kesalahan relatif

No	Hasil Perhitungan		Error
	Muskingum	Excel	
1	15.0000	15.0000	0.0000
2	16.0830	16.0830	0.0000
3	21.00148	21.0015	0.0002
4	35.98874	35.9887	0.0000
5	77.21645	77.2165	0.0000
6	156.5195	156.5195	0.0000
7	225.9612	225.9612	0.0000
8	201.2203	201.2203	0.0000
9	172.7838	172.7838	0.0000
10	143.2486	143.2486	0.0000
11	115.5528	115.5528	0.0000
12	93.26485	93.2649	0.0000

### Hasil Simulasi Sungai Murray

Kasus yang diambil pada penelitian ini mengambil permasalahan yang ada pada Sungai Murray, hal tersebut dilakukan karena belum tersedianya data debit masuk dan keluar pada sungai-sungai di kota Pekanbaru maupun sungai-sungai yang ada di propinsi Riau. Data yang ada pada sungai Murray dapat dilihat pada Tabel 4. Pada kolom ke 3 dan 4.

Untuk melihat perilaku data berdasarkan data jam-jam-an maka dilakukan simulasi dengan variasi data debit per 1 jam, 2 jam, dan 3 jam. Hasil simulasi dengan menggunakan program Muskingum dapat di tampilkan pada Tabel 4 berikut ini:

Tabel 4. Hasil Simulasi Untuk Data Per 1 Jam-an

No	Waktu	Debit Masuk (m <sup>3</sup> /s)	Debit Keluar (m <sup>3</sup> /s)	Simp Data 1 Jam	Simp Data 2 Jam	Simp Data 3 Jam
1	0	274	274	0		
2	24	314	298	14.994		
3	48	355	320	19.812	21.514	
4	72	404	361	22.439		25.597
5	96	495	383	30.225	29.977	
6	120	566	405	27.159		21.720
7	144	586	446	16.317	20.074	
8	168	572	502	4.958		
9	192	575	543	2.927	2.584	
10	216	572	593	0.762		5.723
11	240	571	593	0.152	0.102	
12	264	676	593	18.342		
13	288	1026	614	45.818	41.803	35.744
14	312	1156	686	32.304		
15	336	1081	899	8.032	13.308	
16	360	1001	1100	5.339		8.196
17	384	816	1061	29.756	26.840	
18	408	681	972	40.051		
19	432	568	884	45.932	49.440	58.232
20	456	538	817	29.302		
21	480	534	678	14.724	17.283	
22	504	535	606	6.671		5.542
23	528	551	558	0.380	0.684	
24	552	555	539	1.025		
25	576	549	534	0.800	0.491	1.106
26	600	544	529	1.460		
27	624	493	524	12.932	10.828	
28	648	428	517	24.859		22.748
29	672	376	476	29.546	32.385	
30	696	357	413	20.856		
31	720	301	301	33.496	32.172	28.114
32	744	274	295	28.852		
33	768	271	290	14.982	18.103	

Hasil Simulasi pada Tabel 5 nilai simpangan rerata hanya mencapai 18,3% dari data lapangan, sedangkan hasil simulasi untuk data per 2 Jam-an mempunyai hasil simpangan rerata sebesar 19,8% seperti yang ditunjukkan pada Tabel 6 berikut ini:

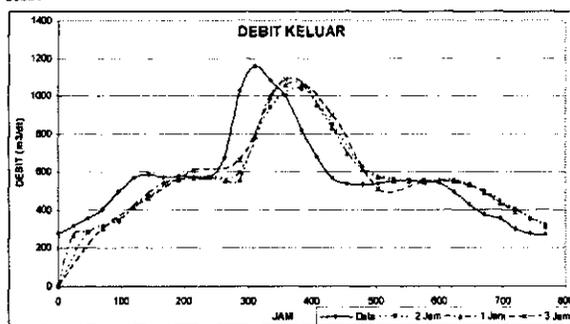
Hasil Simulasi untuk Data per 3 jam-an mempunyai rerata nilai simpangan sebesar 21,3%.

### Pembahasan

Model Muskingum dapat digunakan untuk aplikasi-aplikasi banjir pada semua kondisi sungai. Hanya tergantung dari variabel-variabelnya. Pada penelitian ini tidak mencakup variabel-variabel lain pada metode muskingum karena keterbatasan dana. Jadi pemodelan hanya mengambil rumusan dasar dari metode Muskingum.

Hasil validasi yang sudah dilakukan program Muskingum layak untuk digunakan pada sungai-sungai yang lain, hal ini ditunjukkan pada Tabel 4.4 dimana tingkat kesalahan pada masing-masing bagian mendekati 0. Akan tetapi model tersebut juga mempunyai keterbatasan dalam hal user friendly karena model tersebut tidak sampai keuji personal.

Setelah mendapatkan hasil validasi yang memungkinkan untuk diaplikasikan ke sungai-sungai alam, maka pada penelitian ini mengambil data yang ada pada sungai Murray yang terdapat pada tabel 4.4 di atas. Dari data tersebut dilakukan 3 kali simulasi, yaitu: simulasi dengan data per 1 jam, 2 jam, dan 3 jam. Hasil ketiga simulasi untuk dapat dilihat pada Tabel 4.5, 4.6, dan Tabel 4.7. Selain itu juga dapat dilihat pada gambar grafik di bawah ini.



Gambar 4.6. Grafik Hasil Simulasi

Jika dibandingkan antara data dengan hasil simulasi mempunyai trend grafik yang hampir sama, hanya pada hasil simulasi agak lebih condong kekanan dibandingkan dengan grafik data. Sebaiknya memang agar lebih mendekati grafik data lebih baik menggunakan variabel-variabel tidak berdimensi.

Untuk hasil ketiga simulasi tersebut sendiri mempunyai trend yang sama antara satu dengan yang lainnya, hal tersebut dapat dilihat pada simpangan rerata untuk simulasi data per 1 jam, 2 jam dan 3 jam yang mempunyai nilai simpangan rerata berturut-turut adalah: 18,3%, 19,8, dan 21,3%. Nilai tersebut tidak terlalu signifikan sekali, sehingga untuk mengambil data di lapangan tidak perlu data yang per 1 jam-an karena untuk yang 3 jam-an saja sudah terwakilkan dan nilainya pun tidak terlalu berpengaruh.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan pembahasan yang telah dilakukan pada bab sebelumnya dapat diambil kesimpulan antara lain:

- Model ini dinamakan Model Muskingum. Model ini digunakan untuk mencari penelusuran banjir pada suatu pias sungai yang tidak ada percabangan maupun pasang surutnya. Validasi model tersebut

dilakukan dengan membandingkannya dengan hitungan manual. Adapun nilai rasio perbandingannya sekitar 0,002%.

- Nilai simpangan rerata untuk simulasi data per 1 jam, 2 jam dan 3 jam yang mempunyai nilai simpangan rerata berturut-turut adalah: 18,3%, 19,8, dan 21,3%. Sehingga untuk mengambil data di lapangan tidak perlu data yang per 1 jam-an karena untuk yang 3 jam-an saja sudah terwakilkan dan nilainya pun tidak terlalu berpengaruh besar.

### Saran-saran

Beberapa hal yang dapat dijadikan saran sebagai berikut :

- Penelitian ini bisa dilanjutkan untuk di wilayah Riau, tetapi data yang akan dicari yaitu dengan mengambil data primer untuk data debitnya, karena selama ini belum ada rekaman data debit untuk satu pias sungai di wilayah Pekanbaru maupun Riau pada instansi terkait.
- Tidak semua sungai akan cocok dengan menggunakan muskingum, maka perlu dicari variabel atau konstanta lain agar hasil yang didapatkan akan lebih valid.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Universitas Riau melalui Lembaga Penelitian Universitas Riau yang telah mendanai penelitian ini dengan sumber dana dari SPP/DPP/rutin tahun anggaran 2007

### DAFTAR PUSTAKA

- Sosro & Takeda 1993. *Hidrologi untuk pengairan*. Jakarta: PT. Paradnya Paramita
- Syaiful Anwar, 2005. *Arima dan Muskingum bisa ramal banjir di sungai cimanuk*, [www.ipb.ac.id](http://www.ipb.ac.id) > [accessed 20 september 2006]
- Wilson 1993. *Hidrologi Teknik*. Bandung: ITB
- Soemarto 1986. *Hidrologi Teknik* Surabaya: Usaha Nasional
- Fiedler, 1999. Routing<URL: [http://rds.yahoo.com/\\_ylt=158581062/\\*\\*http%3a//www.comet.ucar.edu/class/hydro/romet/08\\_Jun14\\_1999/html/johnson/one\\_day\\_routing/one\\_day\\_routing.PPT](http://rds.yahoo.com/_ylt=158581062/**http%3a//www.comet.ucar.edu/class/hydro/romet/08_Jun14_1999/html/johnson/one_day_routing/one_day_routing.PPT)>[Accessed 9 september 2006]
- Smithers, 2006. *Flood routing in ungauged catchments using Muskingum methods*<URL:<http://www.wrc.org.za/downloads/watersa/2006/Jul%2006/1974.pdf>> [Accessed 9 september 2006]