

MODEL ALIRAN *STEADY NON UNIFORM*

(Studi kasus pada sungai Bedog Daerah Istimewa Yogyakarta)

Ratna Septi Hendrasari

Program Studi Teknik Sipil Universitas Teknologi Yogyakarta
ratnasepti.h@gmail.com

ABSTRACT

The river is the lowest part of the earth's surface in the form of grooves extending from upstream toward downstream. Flow characteristics was influenced by the morphology condition. Flow Modelling was performed as a first step to find out the flow characteristic. The aim of the research is to identify the flow characteristics of river. The research was conducted in reaches of Bedog river, from Pendowo weir as upstream boundary to Kadisono weir as downstream boundary. Software QUAL2K was applied in the modelling. The modelling was conducted in dry season and wet season. The Bedog river was divided into 10 reaches with each cross sectional area was simplified to trapezium type. The Manning roughness was used as tool of calibration and verification in flow modelling. The stream roughness, that represented by the Manning roughness in steady non uniform flow, considering the morphology condition and flow characteristic, including depth and velocity. The Manning roughness due to the flow modelling was not the same with the true Manning roughness to nature. This condition was caused by flow modelling mechanism.

Keyword: *Steady non-uniform, Manning roughness, QUAL2K*

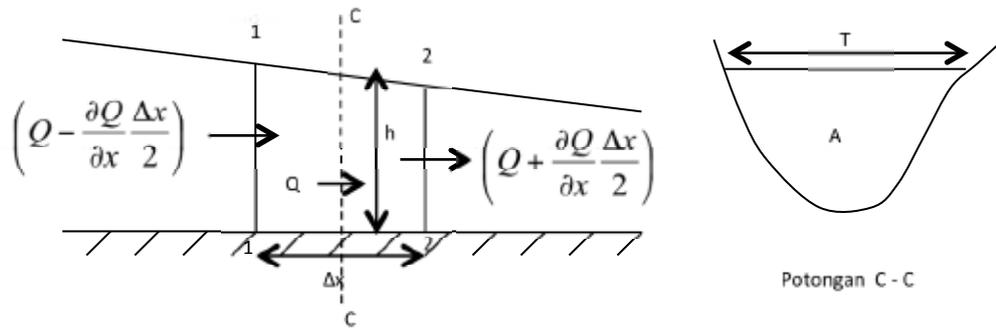
PENDAHULUAN

Sungai merupakan bagian terendah di permukaan bumi dalam bentuk alur memanjang dari hulu menuju ke hilir. Selain itu sungai merupakan sistem alur alam yang dapat terdiri atas satu atau lebih alur-alur yang bertemu atau bercabang. Karakteristik aliran sungai antara lain dipengaruhi oleh kondisi morfologi serta mekanisme aliran yang terjadi pada sungai tersebut. Sungai Bedog merupakan salah satu sungai yang melintasi DIY. Sungai ini dimanfaatkan antara lain untuk irigasi, pariwisata ataupun sebagai tempat pembuangan limbah domestik. Pembuangan limbah ini antara lain berasal dari IPAL Pendowoharjo Bantul. Dengan adanya kegiatan yang ada di sepanjang sungai tersebut akan memberikan dampak terhadap sungai. Dengan karakteristik sungai yang dipunyainya, sebenarnya sungai mempunyai kemampuan untuk menetralsir beban yang masuk ke sungai.

Pemodelan aliran di sungai dilakukan sebagai langkah awal untuk mengetahui dan mendapatkan gambaran tentang karakteristik aliran sungai. Pemodelan aliran sungai ini dilakukan pada penggal sungai Bedog yang dibatasi

oleh Bendung Pendowo 4 – 5 km ke arah hilir hingga Bendung Kadisono di wilayah Kabupaten Bantul DIY. Batasan-batasan lain sesuai dengan ketentuan pada program QUAL2K yang digunakan untuk pemodelan. Dengan adanya pemodelan aliran ini dapat diketahui fluktuasi aliran yang terjadi.

Persamaan Kontinuitas



Gambar 1. Kontinuitas Aliran Dalam Suatu Pias

Ditinjau suatu pias 1 – 2 – 2 – 1 sepanjang Δx dari suatu aliran muka air terbuka (Gambar 1). Apabila debit yang lewat di tampang c – c besarnya sama dengan Q dan mempunyai kedalaman aliran sebesar h pada saat t, maka besarnya aliran netto yang lewat pada pias tersebut selama waktu Δt dapat didefinisikan sebagai:

$$\left[\left(Q - \frac{\partial Q}{\partial x} \frac{\Delta x}{2} \right) - \left(Q + \frac{\partial Q}{\partial x} \frac{\Delta x}{2} \right) \right] \Delta t = - \frac{\partial Q}{\partial x} \Delta x \Delta t \quad \dots\dots\dots(1)$$

Dan apabila luas penampang di potongan c – c adalah A dengan lebar muka air T, maka jumlah pertambahan volume pada pias tersebut selama waktu t adalah:

$$\frac{\partial}{\partial t} (A \Delta x) \Delta t \quad \dots\dots\dots(2)$$

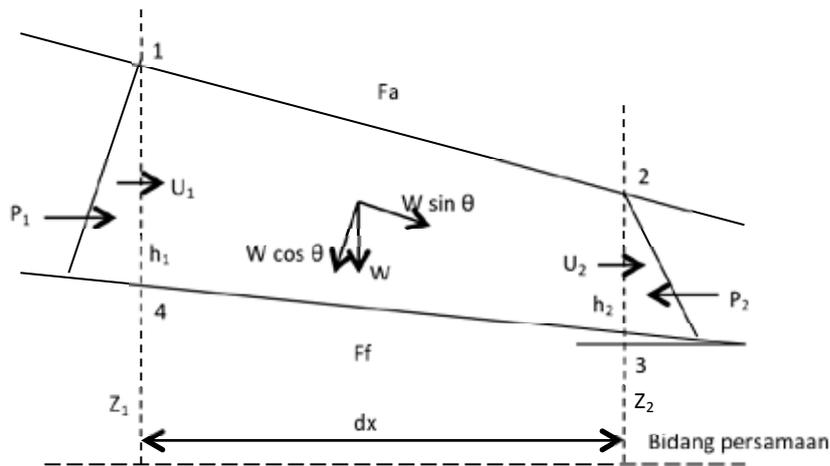
Prinsip kontinuitas menyatakan bahwa jumlah pertambahan volume sama dengan besarnya aliran netto yang lewat pada pias tersebut, sehingga dengan menyamakan kedua persamaan tersebut di atas dan dengan membaginya dengan Δx Δ t, maka di dapat persamaan kontinuitas sebagai berikut:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = 0 \quad \dots\dots\dots(3)$$

Persamaan Momentum

Hukum Newton kedua menyatakan bahwa besarnya perubahan momentum pada suatu pias aliran adalah sama dengan besarnya resultante gaya-gaya yang bekerja pada pias tersebut, yaitu :

$$\Sigma F = \rho \cdot Q \cdot du \dots \dots \dots (4)$$



Gambar 2. Gaya-gaya Yang Bekerja Pada Suatu Pias.

Dengan melihat suatu pias 1-2-3-4 maka persamaan konservasi momentum tersebut dapat ditulis sebagai berikut :

$$W \sin \theta + P_1 - P_2 - F_f + F_a = \rho \cdot Q \cdot (u_2 - u_1) \dots \dots \dots (5)$$

Dengan:

- P = tekanan hidrostatis pada potongan 1 – 4 dan 2 -3.
- W = berat volume pias 1-2-3-4
- θ = kemiringan dasar saluran
- F_a = tekanan udara pada muka air bebas
- F_f = gaya geser yang terjadi akibat kekasaran dasar

Aliran *Steady Non Uniform*

Aliran *Steady Non uniform* terjadi karena vektor kecepatan berubah sepanjang saluran yang dapat diakibatkan oleh karena perubahan tampang saluran, perubahan kemiringan dasar saluran ataupun karena adanya bangunan pengatur.

Ketidakteraturan aliran dapat diklasifikasikan sebagai *gradually varied flow* dan *rapidly varied flow*.

Pada *gradually varied flow* aliran berubah berangsur-angsur sehingga lengkung garis aliran dapat dianggap merupakan garis lurus. Pada kondisi itu distribusi tekanannya dapat dianggap sebagai tekanan hidrostatik. Juga aliran dapat dianggap tidak mempunyai komponen kecepatan vertikal sehingga energi kinetik per satuan berat dapat dinyatakan dengan $u^2/2g$. Selanjutnya karena kedalaman berubah secara berangsur-angsur maka kehilangan tinggi tenaga hanya disebabkan oleh geseran dasar.

Pada *rapidly varied flow* kedalaman aliran berubah secara cepat sehingga geseran dasar merupakan sebagian dari kehilangan tinggi tenaga. Loncat air adalah salah satu contoh tipe aliran ini. Walaupun u tidak tetap (karena *non uniform*) dianggap kecepatan berubah berangsur-angsur sehingga tidak ada kerugian tenaga akibat perubahan kecepatan mendadak. Serat aliran dianggap paralel.

Koefisien Kekasaran Manning

Koefisien kekasaran manning menggambarkan besarnya hambatan aliran pada suatu saluran tertentu. Faktor-faktor yang mempengaruhi koefisien kekasaran manning antara lain Kekasaran permukaan, tetumbuhan, ketidakteraturan saluran, trase saluran, pengendapan dan pengerusan, hambatan dari struktur bangunan, perubahan musim, bahan melayang dan endapan dasar.

Model Aliran

Merupakan simulasi dari aliran air yang didasarkan pada persamaan matematika yang menyatakan prinsip-prinsip hukum hidrolika aliran. Persamaan dasar diturunkan berdasarkan gabungan antara konsep konservasi massa dan konservasi momentum atau antara konsep konservasi massa dan konservasi energi.

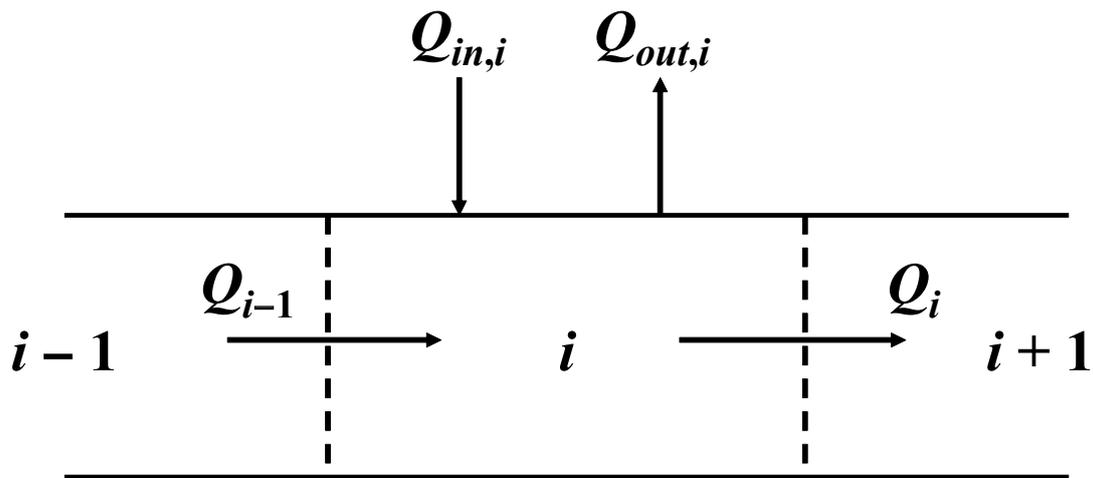
Pemodelan Dengan Program QUAL2K

Dalam pemodelan sulit untuk dapat menirukan setiap aspek dari fenomena alam seperti aslinya, hal tersebut disebabkan adanya keterbatasan data maupun kerumitan proses. Oleh karena itu dalam pemodelan diperlukan asumsi-asumsi sehingga pemodelan dapat terwujud sesuai dengan tuntutan dan kendala yang ada.

Keseimbangan Aliran (*Flow Balance*)

Keseimbangan aliran pada setiap segmen adalah :

$$Q_i = Q_{i-1} + Q_{in,i} - Q_{out,i} \dots\dots\dots(6)$$



Gambar 3. Keseimbangan Aliran Pada Elemen

Dengan:

Q_i = *outflow* dari elemen i ke elemen $i+1$ (m^3/dt)

Q_{i-1} = *inflow* dari elemen $i-1$ (m^3/dt)

$Q_{in,i}$ = *total inflow* kedalam elemen dari *point* dan *non point sources* (m^3/dt)

$Q_{out,i}$ = *total outflow* dari elemen karena adanya *point* dan *non point sources* (m^3/dt)

Total *inflow* dari sumber masukan air (*source*) dapat dihitung dengan :

$$Q_{in,i} = \sum_{j=1}^{psi} Q_{ps,i,j} + \sum_{j=1}^{npsi} Q_{nps,i,j} \dots\dots\dots (7)$$

Dengan:

$Q_{ps,i,j}$ = *inflow* dari *point source* ke- j ke elemen i (m^3/dt)

Psi = jumlah total *point source* yang masuk ke elemen i

$Q_{nps,i,j}$ = *inflow* dari *non point source* ke j ke elemen i (m^3/dt)

$npsi$ = jumlah total *inflow non point source* ke dalam elemen i

Total *outflow* dari *withdrawals* dapat dihitung dengan:

$$Q_{out,i} = \sum_{j=1}^{pai} Q_{pa,i,j} + \sum_{j=1}^{npai} Q_{npa,i,j} \dots\dots\dots (8)$$

Dengan:

$Q_{pa,i,j}$ = *outflow* dari *point withdrawals* ke *j* dari elemen *i* (m^3/dt)

pa_i = jumlah total dari *point withdrawals* dari segmen *i*

$Q_{npa,i,j}$ = *outflow* dari *non point withdrawals* ke *j* dari element *i* (m^3/dt)

npa_i = jumlah total dari *non point withdrawals flow* dari segmen *i*

Persamaan Manning

$$Q = \frac{S_0^{1/2} A_c^{5/3}}{n P^{2/3}} \dots\dots\dots(9)$$

Dengan:

Q = debit aliran (m^3/dt)

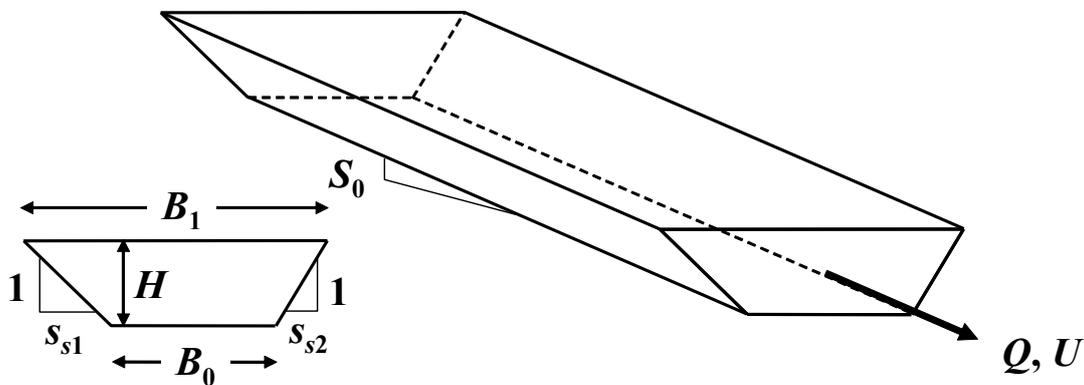
S_0 = kemiringan saluran (m/m)

n = koefisien kekasaran Manning

A_c = tampang lintang saluran (m^2)

P = keliling basah aliran (m)

Masing-masing elemen diidealisasikan sebagai saluran dengan tampang trapesium.



Gambar 4. Tampang Lintang Saluran

METODE

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian adalah di sungai Bedog yang dibatasi oleh Bendung Pendowo 4 – 5 km ke arah hilir hingga Bendung Kadisono di wilayah Kabupaten Bantul. Daerah sekitar studi merupakan daerah pedesaan yang banyak terdapat

areal persawahan dan perkebunan tebu. Keberadaan sungai ini memiliki beberapa manfaat antara lain untuk keperluan industri, irigasi, perikanan, pertanian, mandi, cuci, kakus. Pada daerah studi terdapat inlet yang berasal dari IPAL Pendowoharjo. Selain itu juga terdapat masukan dari limpasan saluran irigasi, drainasi alamiah/buatan dan abtaksi (pengambilan air) irigasi.

Pemodelan Dengan Program QUAL2K.

Lateral sources pada pemodelan di penggal sungai Bedog, yang diperhitungkan adalah *inflow* dari IPAL dan limpasan saluran irigasi serta *outflow* dari Irigasi Kadisono (Irigasi KDS). Sedangkan *inflow* awal berasal dari Bendung Pendowo.

Kalibrasi

Kalibrasi model aliran dilakukan dengan *running* program untuk nilai perkiraan koefisien kekasaran Manning. Hasil *running* program dibandingkan dengan data kecepatan hasil pengukuran di lapangan.

Verifikasi

Verifikasi bertujuan untuk menguji apakah model hasil kalibrasi bisa digunakan untuk pemodelan dengan data *Initial Condition* yang lain. Verifikasi dilakukan dengan *running* program untuk nilai koefisien kekasaran Manning. Hasil *running* program kemudian dicocokkan dengan hasil pengukuran di lapangan.

Pemodelan di bagi menjadi dua yaitu pemodelan pada musim kemarau dan pemodelan pada musim hujan. Hal ini dilakukan dengan anggapan bahwa karakter aliran pada musim kemarau dan musim hujan cenderung berbeda. Pada musim kemarau, aliran cenderung rendah. Sedangkan pada musim hujan aliran cenderung tinggi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

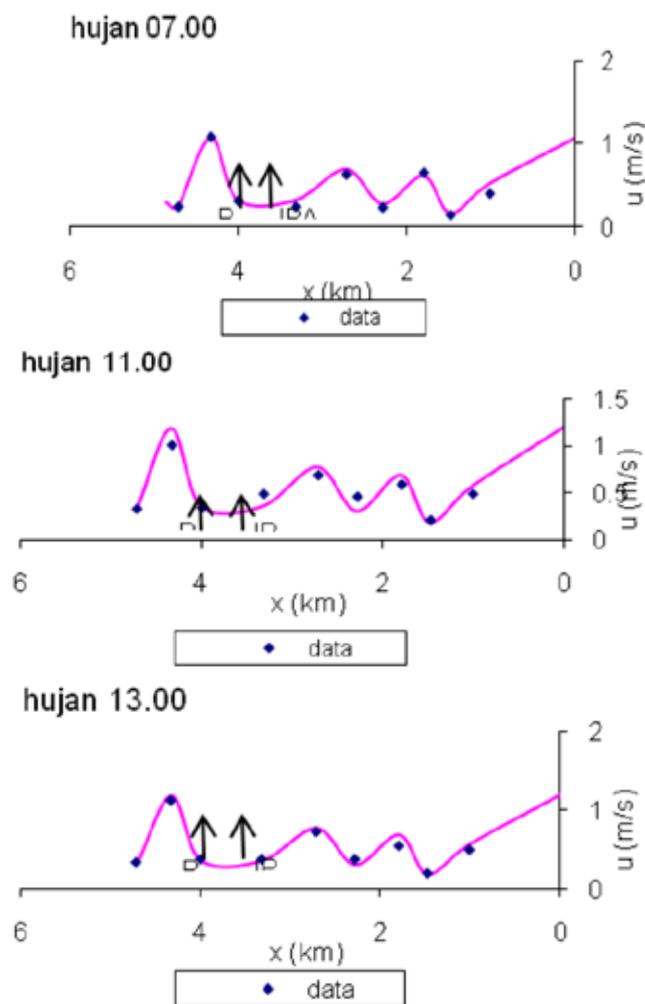
Kalibrasi dan Verifikasi Model

Dari hasil beberapa analisis yang telah dilakukan, didapatkan parameter hasil perhitungan yang dapat digunakan untuk pemodelan. Parameter tersebut adalah nilai koefisien Manning (n) untuk masing-masing segmen. Selanjutnya hasil analisis dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Koefisien Kekasaran Manning Hasil Kalibrasi

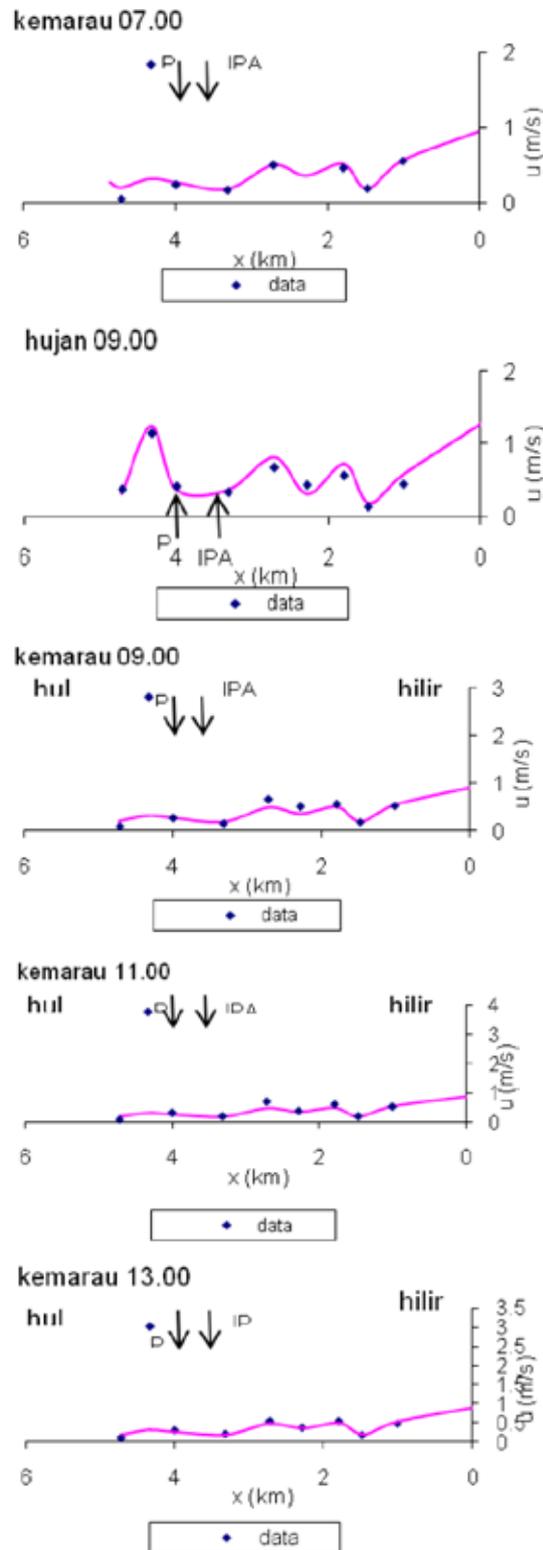
Segmen	Km ... dari B. Kadisono		Musim kemarau	Musim hujan
			n	n
1.	4,857	4,713	0,700	0,800
2.	4,713	4,326	0,500	0,127
3.	4,326	3,998	0,140	0,155
4.	3,998	3,316	0,310	0,190
5.	3,316	2,714	0,038	0,035
6.	2,714	2,281	0,110	0,200
7.	2,281	1,792	0,022	0,025
8.	1,792	1,475	0,330	0,500
9.	1,475	1,009	0,035	0,050
10.	1,009	0	0,006	0,008

Kalibrasi aliran untuk musim hujan disajikan dalam Gambar 5.



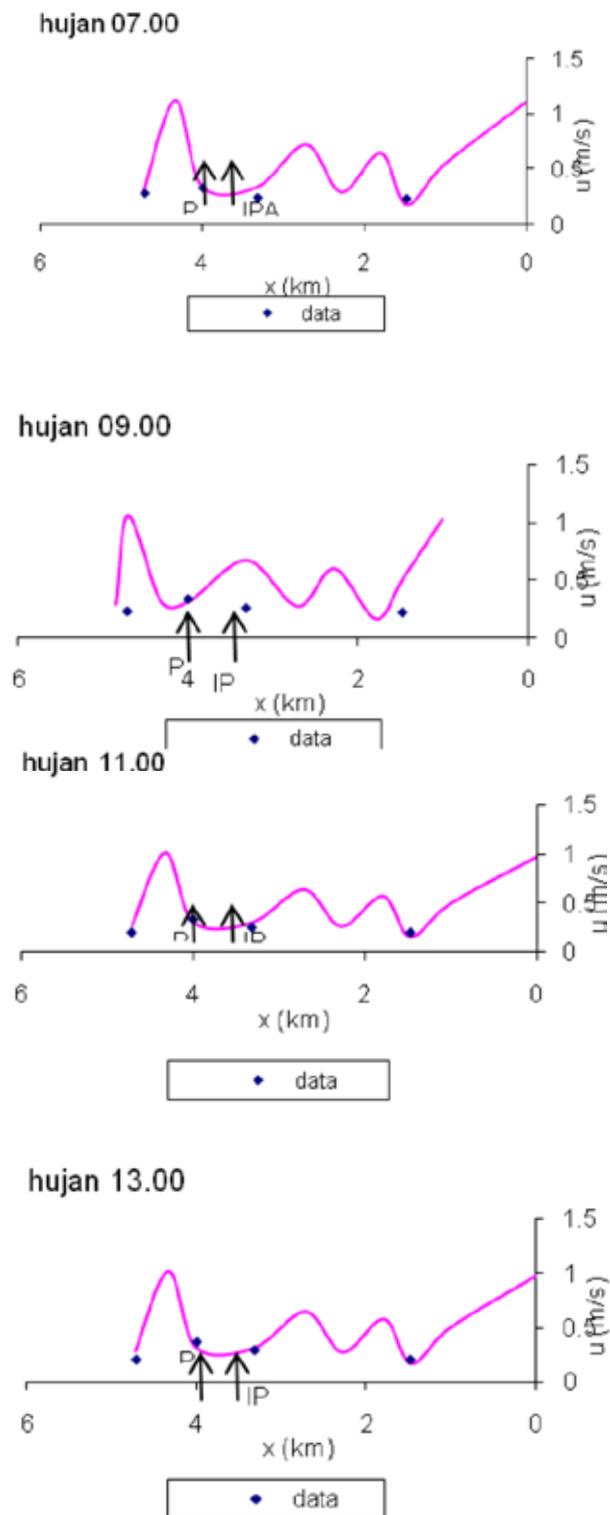
Gambar 5. Kalibrasi Aliran Musim Hujan

Kalibrasi aliran pada musim kemarau disajikan dalam Gambar 6.



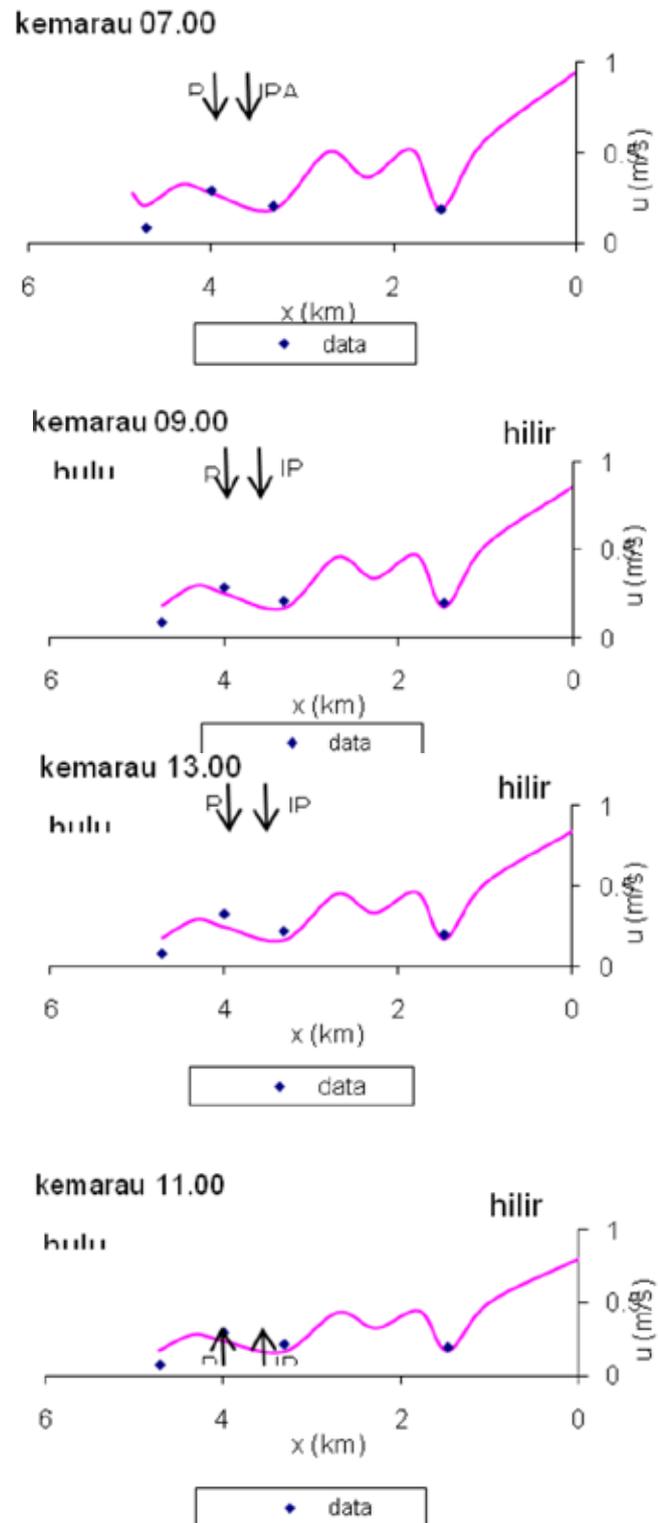
Gambar 6. Kalibrasi Aliran Musim Kemarau

Verifikasi aliran untuk musim hujan disajikan pada Gambar 7.



Gambar 7. Verifikasi Aliran Musim Hujan

Verifikasi aliran untuk musim kemarau disajikan dalam Gambar 8.



Gambar 8. Verifikasi Aliran Musim Kemarau

Nilai Manning hasil kalibrasi pada setiap segmen adalah berbeda. Keadaan ini disebabkan oleh kondisi masing-masing segmen yang berbeda yang mencakup ketidakteraturan keliling basah, ukuran dan variasi penampang saluran serta ukuran butiran bahan, dan tumbuhan yang membentuk luas basah yang menimbulkan efek hambatan terhadap aliran. Sementara itu nilai Manning hasil kalibrasi pada model aliran tidak sesuai dengan nilai Manning yang sebenarnya untuk sungai alam. Hal ini disebabkan oleh mekanisme pemodelan aliran yang menyederhanakan tampang saluran menjadi bentuk trapesium dan juga proses penyesuaian terhadap nilai kecepatan yang terjadi di lapangan.

SIMPULAN

Nilai kekasaran saluran yang direpresentasikan dengan koefisien Manning, berkaitan dengan kondisi morfologi dan karakteristik aliran meliputi kedalaman dan kecepatan aliran, berdasarkan hasil kalibrasi dan verifikasi pada model aliran tidak sesuai dengan nilai Manning yang sebenarnya untuk sungai alam. Hal ini disebabkan oleh mekanisme pemodelan yang menyederhanakan tampang saluran menjadi trapesium serta penyesuaian terhadap nilai kecepatan di lapangan.

SARAN

Pada penelitian ini tidak dipertimbangkan adanya pengaruh trase dan hambatan dari struktur bangunan air di sepanjang penggal sungai, sehingga perlu adanya kajian lebih lanjut.

DAFTAR RUJUKAN

- [1]. Chapra, S.C., Pelletier, G.J. and Tao, H. 2005. **QUAL2K: A Modeling Framework for Simulating River and Stream Water Quality**, Version 2.04: Documentation and Users Manual. Civil and Environmental Engineering Dept., Tufts University, Medford, MA., Steven.Chapra@tufts.edu.
- [2]. Chapra, S.C, 1997, **Surface Water-Quality Modeling**, University of Colorado at Boulder, McGraw-Hill Companies, Inc.
- [3]. Kurniawan, T, 2002, **Model Aliran Tak Permanen Satu Dimensi Pada Sungai Bedog (Aplikasi DUFLOW Version 2.00 Pada Studi Kasus Antara Bendung Pendowo Sampai Bendung Kadisono)**, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

- [4]. Ven Te Chow, 1997, **Hidrolika Saluran Terbuka**, Terjemahan, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- [5]. Wignyosukarto, B., 1988, **Hidrolika Saluran Terbuka**, Kursus Singkat "Hidrodinamika Sungai dan Estuari", PAU Ilmu Teknik UGM, Yogyakarta.