

Study on The Potential Use of Tidal Flood Discharge for Agricultural Using DufLOW Modelling (Case Study Kahayan River)

Haryo Istianto¹

¹Engineering of Irrigation Center, Directorate General of Water Resources, Ministry of Public Work And Housing

*Corresponding Author: HaryoIstianto@gmail.com

Abstract: Kahayan River is a source of raw water for agriculture and plantations in Pulang Pisau District, Central Kalimantan. The Topography of the land along the river is lowland in which 50 percent of the areas are the swamp. This swamp area is influenced by the tides of the Kahayan river which tidal energy can be used for tidal irrigation, therefore tidal modeling studies are required. This study describes the tidal fluctuations along the river against the river bank (100 km from the estuary) using mathematical models DUFLOW (Dutch Flow) to identify the tides potency. This study uses mathematical models for tidal fluctuation and compares it with the elevation of the river bank to get the location in which flood tide can be used for tidal irrigation. The decent location for tidal irrigation is 10 km from the downstream simulation model or about 17 km from the estuary. From the simulation results, the total discharge for tidal irrigation is 11.999 m³/det which can serve ± 12.000.000 ha of tidal irrigation. Operating procedures to determine the locations of the primary channels in tidal irrigation can be gained by using a mathematical model such as Model DufLOW as a support tool.

Keywords: DUFLOW Model, Elevation, Water level, discharge, Kahayan

1. Pendahuluan

Sungai Kahayan adalah sungai terbesar kedua di propinsi Kalimantan Tengah yang merupakan sumber air baku untuk kegiatan pertanian maupun perkebunan. Hal ini dapat di lihat dengan banyaknya daerah pertanian rawa dan perkebunan di sepanjang sungai. Sungai Kahayan masuk ke wilayah daerah aliran sungai (DAS) Kahayan yang berada di tiga wilayah administrasi yaitu kota Palangkaraya, kabupaten Gunung Mas dan kabupaten Pulang Pisau yang berpenduduk sekitar 600 ribu jiwa [1]. Seiring dengan meningkatnya kebutuhan pangan dan sejalan dengan bertambahnya penduduk di Kalimantan Tengah, maka perlu dilakukan intensifikasi maupun ekstensifikasi lahan untuk menunjang kebutuhan pokok khususnya beras sehingga tidak harus menggantungkan dari luar daerah. Selain itu kondisi pertanian sawah di Kalimantan Tengah diperburuk oleh banyaknya konversi lahan pertanian sawah produktif menjadi lahan lainnya seperti permukiman, dan perkebunan sawit. Oleh karena itu salah satu langkah yang dilakukan pemerintah dalam mengatasinya adalah membuka lahan-lahan sawah baru.

Pengembangan daerah rawa pasang surut untuk kegiatan pertanian bukan merupakan hal baru, salah satu daerah yang berhasil dikembangkan di Indonesia adalah daerah irigasi telang I yang merupakan daerah rawa pasang surut yang terletak di kabupaten Musi Banyuasin propinsi Sumatera Selatan yang mulai beroperasi sejak tahun 1990 [2].

Topografi lahan di sepanjang sungai Kahayan

merupakan daerah dataran rendah yang 50% dari daerah tersebut adalah rawa. Rawa memiliki fungsi sebagai tampungan air baik dari hujan maupun dari air sungai Kahayan. Sebagian daerah rawa di daerah hulu sungai sudah beralih fungsi menjadi daerah pertanian maupun perkebunan. Untuk mendukung kegiatan pertanian khususnya tanaman padi maka perlu diidentifikasi lokasi mana yang masih memungkinkan digunakannya potensi energi air pasang surut untuk melakukan pengairan di lahan. Daerah yang dituju adalah daerah sekitar muara sungai.

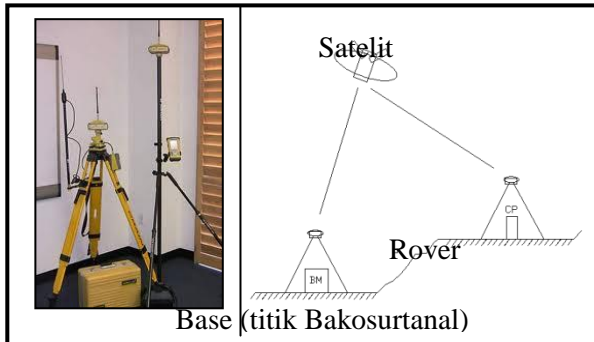
Studi ini bertujuan untuk memberikan gambaran fluktuasi pasang surut terhadap bantaran sungai di sepanjang sungai Kahayan (100 km dari muara) dengan menggunakan model DUFLOW (Dutch Flow) yang kemudian hasilnya dianalisis untuk memperoleh potensi luasan lahan pertanian (padi) yang dapat dikembangkan. Adapun pada penelitian ini tidak dimasukkan faktor-faktor, seperti hidrologis, klimatologis, kualitas air, ekonomis, sosial, dan kebijakan.

2. Bahan dan Metode

Lokasi penelitian berada di sungai Kahayan, kabupaten Pulang Pisau, propinsi Kalimantan Tengah. Lokasi pengukuran data primer dilakukan dari muara ke hulu sungai sepanjang 100 km pada tanggal 8 November – 8 Desember 2011. Data primer yang diambil adalah data topografi, muka air, penampang melintang dan kecepatan air.

Pengukuran data topografi dilakukan di setiap 5 km di titik pengukuran melintang sungai dengan menggunakan alat Global Position System berbasis

Real Time Kinematik (GPS RTK). Fungsi alat ini adalah menyebarkan elevasi dari titik elevasi yang telah ada di sekitar lokasi studi dengan menggunakan fasilitas jaringan satelit ke titik lain untuk mendapatkan nilai elevasinya [5]. Titik elevasi yang digunakan sebagai acuan adalah titik yang dibuat oleh bakosurtanal. Cara kerja GPS RTK dapat di lihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Cara Kerja GPS RTK

Pengukuran Fluktuasi Pasang Surut Muka Air menggunakan alat bantu yaitu peilschaal yang di pasang setiap 10 km. Untuk menyamakan titik elevasi acuan maka perlu di ikat elevasi peilschaal dengan elevasi yang telah di sebar sebelumnya dengan GPS RTK. Pengukuran fluktuasi pasang surut muka air harus dipilih tempat yang memungkinkan pengamatan seluruh keadaan tinggi muka air, dari batas terendah sampai batas tertinggi [3].

Pengukuran penampang basah sungai dilakukan setiap 5 km dari muara ke hulu, bersamaan dengan pengukuran muka air agar didapatkan koreksi kedalaman dari elevasi muka air tersebut. Metode yang digunakan adalah metode Tachimetri. Pengukuran dilaksanakan dengan sistem “raai”. Jalur raai merupakan panjang penampang melintang sungai. Alat ukur yang dipakai untuk penampang sungai adalah odom echosounder hydrotrac II [4]) Alat echosounder yang digunakan seperti pada Gambar 2.



Sumber : Odom Hydrographic Systems,

Gambar 2. Odom Echosounder Hydrotrac II

Hasil dari pengukuran dengan echosounder berupa elevasi penampang basah sungai akan di gabung dengan hasil pengukuran elevasi di darat dengan GPS RTK sehingga didapatkan penampang sungai yang utuh. Pengukuran kecepatan aliran dapat dilakukan dari atas jembatan atau perahu apabila kedalaman aliran di sungai ($h \geq 0,75$ m. Apabila kedalaman sungai ($h \leq 0,75$ m pengukuran dapat dilakukan dengan cara merawas. Pada kegiatan ini pengukuran dilakukan diatas perahu/kapal. Alat yang digunakan pada kegiatan pengukuran kecepatan aliran ini adalah currentmeter tipe baling-baling. Dengan menggunakan currentmeter, pengukuran kecepatan aliran tidak hanya di permukaan saja tetapi pada kedalaman yang di kehendaki pada penampang sungai. Berdasarkan SNI 03-2820-1992 [6] , untuk kedalaman air $> 0,75$ m, pengukuran dilakukan menggunakan metode dua titik, yaitu pada titik vertikal $0,2d$ dan $0,8d$ atau menggunakan metode tiga (3) titik atau lebih, yaitu pada titik vertikal $0,2d$, $0,6d$ dan $0,8d$.

Sungai Kahayan adalah sungai yang terpengaruh pasang surut air laut, oleh karena itu pendekatan yang digunakan membutuhkan penyelarasan yang lebih dari sungai non pasang surut. Pada kasus ini perilaku hidraulik dari sungai Kahayan di analisis dengan model matematik, Sehingga kondisi aliran tidak seragam bisa di analisis lebih baik [7]. Untuk tujuan ini, model matematik yang digunakan adalah model DUFLOW, model ini dapat digunakan karena kinerja hidrolis dari sistemnya dapat diperiksa dengan menggunakan persamaan St Venant.8,9. Persamaan ini, yang merupakan terjemahan matematika dari hukum kekekalan massa dan momentum [8] yang dapat di lihat sebagai berikut:

$$\frac{\partial B}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0$$

Dan

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + gA \frac{\partial H}{\partial z} + \frac{\partial(\alpha Qv)}{\partial x} + \frac{g|Q|Q}{C^2 AR} = a\gamma w^2 \cos(\Phi - \phi) \tag{2}$$

Dengan Hubungan :

$$Q = v.A$$

dimana:

t : Waktu(s)

x : Jarak yang diukur sepanjang sumbu saluran (m)

$h(x, t)$: Ketinggian air sehubungan dengan tingkat acuan (m)

$v(x, t)$: Kecepatan rata-rata (rata-rata di atas luas penampang) (m / s)

$Q(x, t)$: Debit di lokasi x dan pada waktu t (m³ / s)

- R (x, H) : Radius hidraulik penampang (m)
- a (x, H) : Penampang lebar aliran (m)
- A (x, H) : Area aliran penampang (m²)
- b (x, H) : Lebar penyimpanan penampang (m)
- (X, H) : Area penyimpanan penampang B (m²)
- g : Percepatan gravitasi (m/s²)
- C (x, H) : Koefisien De Chezy (m^{1/2}/s)
- w (t) : Kecepatan angin (m / s)
- Φ (t) : Arah angin dalam derajat (derajat)
- (x) : Arah sumbu saluran dalam derajat, diukur searah jarum jam dari utara (derajat)
- γ (x) : koefisien konversi angin (-)
- faktor koreksi untuk distribusi aliran tidak seragam dalam jangka adveksi, dapat didefinisikan sebagai:

$$\alpha = \frac{A}{Q^2} \int v(y, z)^2 dydz$$

di mana integral diambil dari penampang A. Persamaan momentum (1) menggambarkan nilai momentum yang merupakan hasil dari faktor internal dan eksternal seperti gaya gesekan, angin dan gravitasi. Untuk derivasi persamaan ini telah diasumsikan bahwa cairan tersebut tercampur sempurna oleh karena itu kepadatannya dapat dianggap konstan. Persamaan (1), diskritisasi dalam ruang dan waktu menggunakan empat titik implisit skema Preismann. Mendefinisikan bagian Δxi dari titik xi ke titik xi+1 dan interval waktu At dari waktu t = tn ke waktu t = tn+1, diskritisasi tinggi muka air H dapat dinyatakan sebagai:

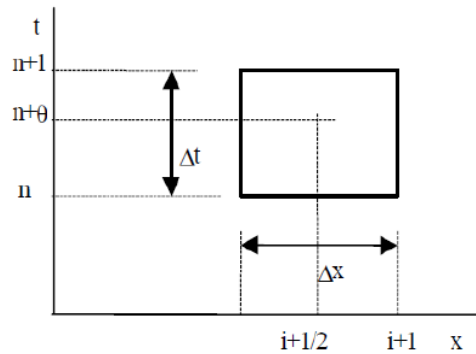
$$H_i^{n+\theta} = (1 - \theta)H_i^n + \theta H_i^{n+1}$$

(5)

Pada titik x dan waktu t + Δt , Dan :

$$H_{i+1/2}^n = \frac{H_{i+1}^n + H_i^n}{2}$$

di antara node xi dan xi +1 pada waktu t. Dengan cara yang sama variabel dependen lain dapat didekati. Perubahan Persamaan diferensial parsial dapat ditulis sebagai sistem persamaan aljabar dengan mengganti derivatif dengan ekspresi beda. Ekspresi ini adalah perkiraan derivatif pada titik acuan (xi +1 / 2, tn +0) seperti terlihat pada Gambar 3



Gambar 3. Skema Preismann

Akhirnya, semua bagian saluran dalam jaringan di dua persamaan membentuk persamaan yang memiliki

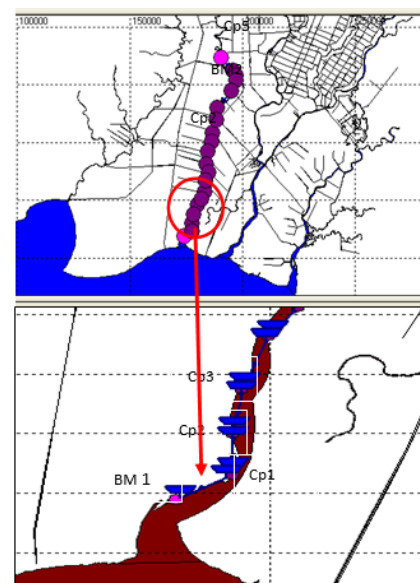
T dan H yang diketahui pada tingkat waktu yang baru tn +1:

$$Q_i^{n+1} = N_{11}H_i^{n+1} + N_{12}H_{i+1}^{n+1} + N_{13} \tag{7}$$

$$Q_{i+1}^{n+1} = N_{21}H_i^{n+1} + N_{22}H_{i+1}^{n+1} + N_{23} \tag{8}$$

3. Hasil dan Pembahasan

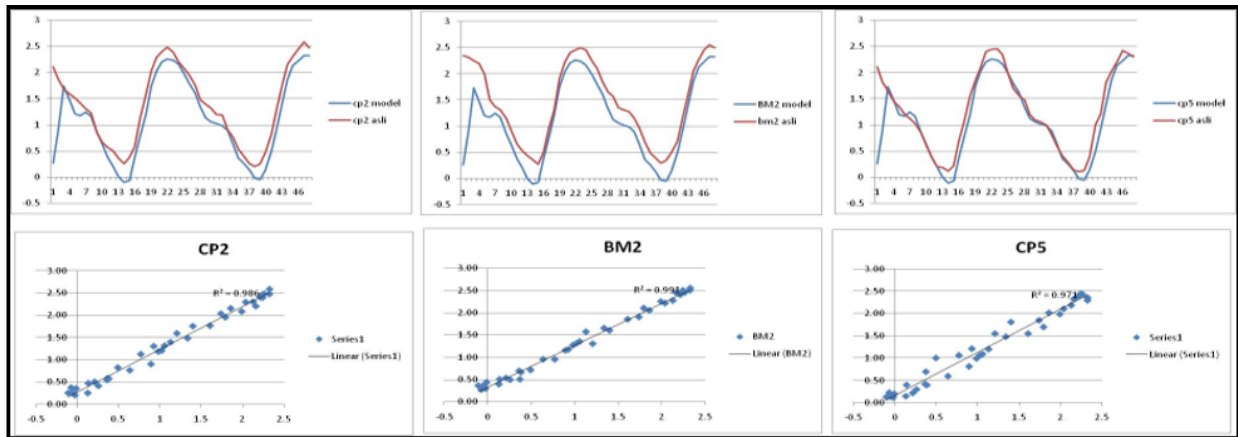
Sumber air irigasi bisa berasal dari sungai atau kanal dan sistem pengelolaan air, Untuk irigasi pasang surut umumnya menggunakan sumber air dari sungai. Skema Model Duflow di sungai Kahayan ini di buat dengan 20 cross section di setiap 5 km sepanjang 100 km. Untuk kondisi batas, di hilir model menggunakan debit dari hasil perhitungan, sementara di hulu model menggunakan hasil pengukuran muka air. Skema model hidrodinamika sungai Kahayan dapat di lihat pada Gambar 4



Gambar 4. Skema model Hidrodinamika

Untuk mendapatkan data kalibrasi yang baik maka pengukuran lapangan dilakukan pada hari yang sama antara pengukuran kecepatan dan muka air (simultan). Faktor kekasaran sungai di cari dengan cara trial and error. Faktor kekasaran yang digunakan

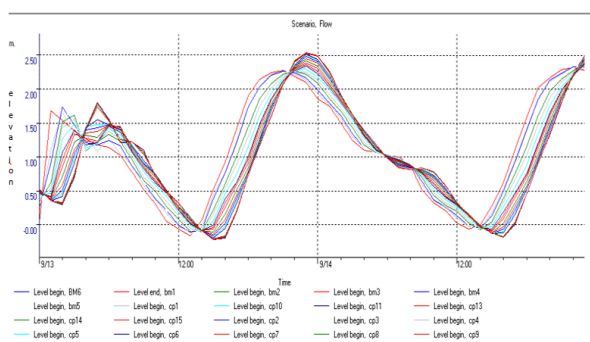
adalah ketika didapatkan hasil simulasi Muka air, Debit, Kecepatan yang paling mendekati dengan kondisi di lapangan. Hasil kalibrasi dapat di lihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Kalibrasi Muka Air

Nilai simpangan baku di titik kalibrasi hampir semua memiliki nilai mendekati 1, yaitu di Cp 2 sebesar 0.987, BM2 sebesar 0.991, Cp5 sebesar 0.971 yang menyatakan bahwa hasil simulasi dengan model DUFLOW telah mewakili kondisi di lapangan. Setelah data di kalibrasi maka data output keluaran model dapat digunakan dalam analisis. Data output model DUFLOW ini adalah data fluktuasi muka air, kecepatan dan debit. Fluktuasi pasang surut di setiap cross section pada tanggal 13 -14 november 2011 dapat di lihat pada Gambar 6.

bantaran sungai dapat dibandingkan seperti pada Gambar 7. Simulasi model pasang surut dengan elevasi bantaran sungai di amati pada tanggal 13 november 2011. Pada Gambar 7 terlihat luapan air pasang terhadap bantaran sungai di hilir model. Luapan air ini terjadi karena elevasi banaran sungai lebih rendah dari pada elevasi air pasang surut. Untuk lebih jelasnya dapat di lihat pada Tabel 1.



Gambar 6. Fluktuasi model Pasang Surut S. Kahayan

Tabel.1 Perbandingan Pasang tertinggi Muka air dengan elevasi Bantaran sungai

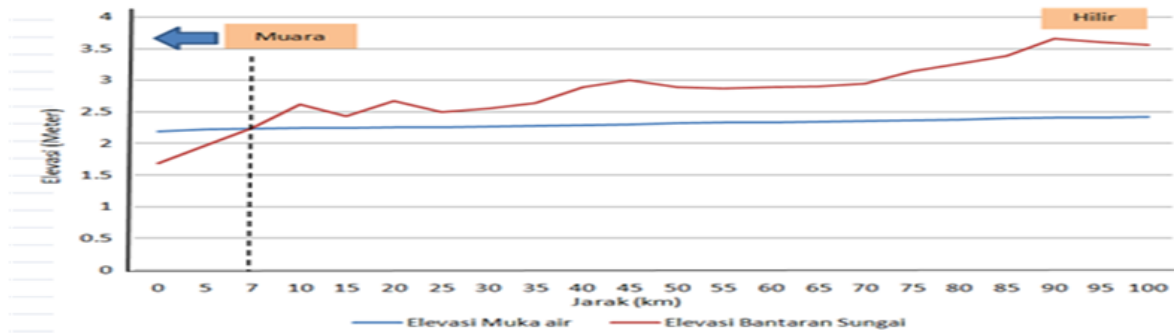
NO	Lokasi		
	Dari Muara	Muka Air	bantaran sungai
1	0 km	2.19	1.69
2	5 km	2.22	1.97
3	7 km	2.25	2.23
4	10 km	2.24	2.62
5	15 km	2.25	2.43
6	20 km	2.26	2.67
7	25 km	2.26	2.50
8	30 km	2.27	2.56
9	35 km	2.28	2.64
10	40 km	2.29	2.89
11	45 km	2.30	3.00
12	50 km	2.32	2.89

Dari Gambar fluktuasi model pasang surut sungai Kahayan dari hulu ke hilir terdapat rambatan gelombang pasang selama 2 (dua) jam, yang menandakan beda energi pasang surut sepanjang sungai. Rambatan ini terjadi karena jarak energi pasang surut di muara dan di hulu sungai sejauh 100 km. Aplitudo pasang surut rata- rata Sungai Kahayan berkisar 2,35meter sedangkan elevasi tanah permukaan di bantaran sungai berkisar antara 1,6 meter – 3,6 meter. Fluktuasi Pasang surut dan elevasi

Bantaran sungai yang terluapi oleh air sungai pada waktu pasang tertinggi pada tanggal 13 Nov 2011 adalah 7 (tujuh) km dari titik awal pengukuran atau sekitar 17 km dari muara sungai dengan menggunakan pengukuran jarak dari foto udara. Luapan air ini terjadi sekali setiap hari pada pasang tertinggi yang mengindikasikan adanya potensi irigasi pasang surut. Hasil simulasi model didapatkan debit air pasang yang melimpas ke lahan yaitu sebesar 967 m3/det. Jika air melimpas tersebut

diproyeksikan kedalam kemampuan melayani air irigasi pasang surut maka luas lahan yang bisa dilayani adalah 967.000 ha. Nilai tersebut dengan mengambil angka kebutuhan air irigasi untuk satu ha berkisar antara 9 - 15 mm/hari (1 L/det/ha),10. dan mengabaikan panjanga pengaruh intrusi air laut (terkait dengan lokasi intake) serta berdasarkan pada data hidrometri yang diperoleh pada saat tersebut.

Adapun faktor hidrologi dapat mempengaruhi nilai yang diperoleh. Pendekatan potensi untuk irigasi pasang surut di daerah Sungai kahayan dapat dilakukan dengan menentukan titik lokasi saluran primer yang lahan pertaniannya masih terpengaruh oleh luapan air pasang. Prosedur operasi ini dapat diperoleh dengan menggunakan model matematika misalnya Model Duflow sebagai alat pendukung.



Gambar 7. Perbandingan elevasi Pasang Surut dengan Elevasi Bantaran Sungai

4. Kesimpulan

Model Duflow mampu menggambarkan rambatan gelombang, fluktuasi muka air dan amplitudo pasang surut sungai Kahayan. Lahan yang terluapi oleh air pasang surut berada pada 7 km dari hilir simulasi model atau sekitar 17 km dari muara sungai dengan menggunakan pengukuran jarak dari foto udara. Berdasarkan simulasi model debit yang melimpas adalah 976 m³/det. Luas lahan irigasi pasang surut yang dapat di layani debit tersebut adalah 976.000 ha. Prosedur operasi untuk menentukan titik lokasi saluran primer irigasi pasang surut dapat diperoleh dengan menggunakan model matematika misalnya Model Duflow sebagai alat pendukung.

5. Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut sehubungan dengan faktor-faktor lainnya yang terkait dengan penelitian ini, seperti hidrologis, klimatologis, kualitas air, ekonomis, sosial, dan kebijakan

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih disampaikan pada Bapak Prof. Yudhi S Garno yang telah membimbing dalam pembuatan jurnal ilmiah ini, selain itu Penulis juga menyampaikan terimakasih kepada semua pihak yang membantu dalam pengumpulan data dan pembuatan Jurnal ini.

Daftar Pustaka

- [1] BPS Pemerintah Provinsi Kalimantan Tengah, "Provinsi Kalimantan Tengah dalam Angka," Palangkaraya, Indonesia. 2009.
- [2] P. Munthe dan N. H. Panjaitan. "Optimasi Pengelolaan Air Pada Lahan Irigasi Pasang Surut Telang I, Sumatera Selatan." Buletin, Keteknikan Pertanian. 1998. Vol 15. Jakarta: 40 – 47.
- [3] DPMA BTA-60. *Description of Survey Computer Programs Cepat, Debit, Fit and Relasi to be Used on A Sharp PC-1211.* Direktorat Penyelidikan Masalah Air. Departemen Pekerjaan Umum. June 1982.
- [4] Odom Hydrographic Systems. *Operation Manual* 2007.
- [5] Topcon Position System. *Hyper Pro Manual,* Livermore, USA. 2006.
- [6] SNI 03-2820-1992, Metode pengukuran debit sungai dan saluran terbuka dengan pelampung permukaan.
- [7] S.E. Rantz, dan lainnya. *Pengukuran dan Perhitungan Debit: Volume 1. Pengukuran Tahap dan Discharge.* US Geological Survey Air-Supply.pp 2175. 1982.
- [8] F.X.. Suryadi, *Unsteady flow.* Lecture notes, UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands. Duflow Modelling Studio. 2000, User's Guides, Stowa, EDS. 2007.