

Kajian Pergerakan Arus (Model Hidrodinamika) Muara Sungai Barito

Achmad Rusdiansyah^{1,a}, Anwari^{2,b}

1. Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat Banjarbaru, Jln. A. Yani Km 35,5 Banjarbaru, Indonesia
2. Mahasiswa S2 Program Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat Banjarmasin, Indonesia

^aachmadrusdiansyah@ymail.com

ABSTRAK

Material sedimen ataupun parameter kualitas air selalu bergerak mengikuti arah arus gerakan air. Dengan demikian keabsahan suatu model transport sedimen atau model transport parameter kualitas air ditentukan oleh keabsahan model hidrodinamika.

Kajian pergerakan arus yang dikembangkan berupa model numerik hidrodinamika dua dimensi (2D) di muara Sungai Barito. Pemodelan ini dengan asumsi bahwa kecepatan aliran ditinjau terhadap arah sumbu x dan y, kualitas air diabaikan, denah bentang muara Sungai Barito memanjang dan melintang dapat mewakili kondisi obyek penelitian yang sebenarnya, dan sifat aliran merupakan aliran tak tunak (*unsteady flow*).

Model hidrodinamika berdasarkan pada penyelesaian numerik yang diselesaikan dengan Metode finite different yaitu metode eksplisit Mac-Cormack

Penyelesaian syarat batas model berdasarkan metode karakteristik. syarat batas hulu dan hilir muara sungai barito adalah batas *free wall* dengan kedalaman air yang dipengaruhi oleh fluktuasi air pasang surut. adapun syarat batas kiri dan kanan sungai barito dinyatakan dengan syarat batas *solid wall*. Penyelesaian penelitian model hidrodinamika ini menggunakan Bahasa Fortran sebagai sistem operasi utama pemrograman dan Aplikasi Spyglass dipakai untuk menyajikan tampilan grafis dari hasil keluaran pemrograman.

Validasi hasil pemodelan hidrodinamika diatas diuji dengan hasil pengukuran kecepatan arus akibat air pasang surut pada 2 (dua) titik lokasi yaitu pada bagian hulu (aliran Sungai Barito) dan bagian muara, perbandingan hasil grafis pemodelan terhadap hasil pengukuran di lapangan menunjukkan kesamaan besaran dan arah yang tidak signifikan.

Kata kunci: hidrodinamika, model explicit, Mac Cormack, dua dimensi

PENDAHULUAN

Pertumbuhan Kota Banjarmasin dan daerah-daerah pada bagian hulunya hingga saat ini tidak lepas dari peran keberadaan Sungai Barito. Ia telah mendorong pertumbuhan dan perkembangan dalam berbagai aspek diantaranya adalah aspek sosial, ekonomi dan kemasyarakatan. Masyarakat memanfaatkan Sungai Barito dengan berbagai tujuan di antaranya moda transportasi air antar pulau baik secara nasional atau pun antar Negara. Membawa dan menjual keluar masuk barang dari daerah-daerah bagian hulunya menuju Banjarmasin atau sebaliknya. Sarana perhubungan untuk tujuan-tujuan sosial, ekonomi dan kebudayaan. Peran di atas telah sangat lama berlangsung hingga saat ini. Secara fisik Sungai Barito dari waktu ke waktu telah mengalami perubahan, termasuk pada bagian muaranya. Aktivitas ekonomi pada bagian permukaan air telah juga berdampak pada bagian dasar saluran sungai. Situasi arus yang ada di ambang Sungai Barito berputar-putar (turbulance) tak ke satu arah sehingga proses gerusan pada kontur terjadi sangat cepat. penguasaan dan pemahaman perilaku pola pergerakan arus pada muara Sungai Barito sangat penting. PT (persero) PELINDO II membagi kawasan perairan daerah Muara Sungai Barito menjadi dua karakteristik daerah yaitu Kawasan Perairan Laut (estuarin) Muara Sungai Barito yang terdiri atas: (a). Perairan Dumping Area (off shore), (b). Perairan Laut di Timur Alur Pelayaran, (c). Perairan sisi Barat Alur Pelayaran ambang Barito, (d). Perairan Tg Burung dan (e). Perairan Tg Pedada Tua. Selanjutnya Kawasan Perairan Air Tawar (sistem sungai) di Muara Sungai Barito yang terdiri atas (a). Perairan alur pelayaran di Sungai Barito, (b). Perairan Sungai Kapuas Hilir, (c). Perairan Sungai Tabunganen, (d). Perairan Sungai Aluh-Aluh, (e). Perairan Sungai Maluka, dan (f). Perairan Sungai Tabanio. Pemodelan secara numerik pada Muara Sungai Barito merupakan salah satu cara untuk mendapatkan parameter arus dengan akurasi hasil yang lebih baik. Cara ini lebih sesuai terhadap keadaan teknis di lapangan.

METODE PENELITIAN

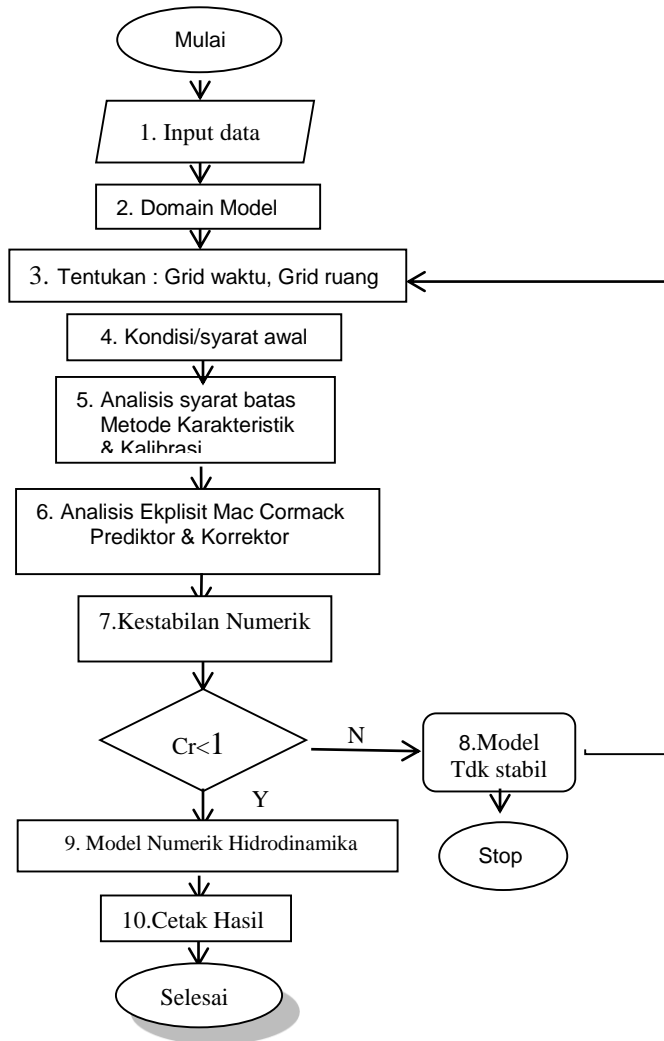
Gambaran Lokasi Studi

Penelitian dilaksanakan di daerah Muara Sungai Barito yang terletak disebelah Selatan kota Banjarmasin dan berada pada bagian selatan dari areal Pulau Kaget. Daerah ini termasuk ke dalam wilayah Kecamatan Tabunganen , Kabupaten Barito Kuala. Secara geografis daerah penelitian dibatasi antara: $3^{\circ} 28' 12''$ dan $3^{\circ} 29' 24''$ lintang Selatan dan $114^{\circ} 29' 24''$ dan $114^{\circ} 28' 12''$ bujur Timur (Gambar 1).



Gambar 1 Lokasi studi perairan sungai Tabunganen

Langkah penyelesaian dilakukan dengan tahapan seperti Gambar 2 berikut.



Gambar 2 Bagan alir pemodelan

Analisis

Persamaan pengatur yang digunakan adalah sebagai berikut

1. Persamaan Kontinuitas

Persamaan pengatur aliran 2-D, adalah persamaan kontinuitas hasil integrasi persamaan dasar aliran fluida 3-D terhadap kedalaman dengan metode "*Leinitz Rule*", hasil integrasi terhadap kedalaman menghasilkan:

$$\frac{\partial H}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(UH) + \frac{\partial}{\partial y}(VH) = 0 \dots\dots\dots 1$$

2. Persamaan Momentum

Persamaan kekekalan momentum dimulai dari analisa pada sistem koordinat kartesien yang ditinjau pada suatu ruang tilik dengan keseimbangan gaya geser dan normal didapatkan persamaan sbb.

Persamaan momentum arah Y:

$$\frac{\partial}{\partial t}(VH) + \frac{\partial}{\partial x}(\beta UVH) + \frac{\partial}{\partial y}(\beta VVH) = -gH \left(\frac{\partial H}{\partial y} \right) - gHS_{0y} - gHS_{fy} + \frac{\tau_{wy}}{\rho} \dots 2$$

Persamaan momentum arah X:

$$\frac{\partial}{\partial t}(UH) + \frac{\partial}{\partial x}(\beta UUH) + \frac{\partial}{\partial y}(\beta UVH) = -gH\left(\frac{\partial H}{\partial x}\right) - gHS_{ox} - gHS_{fx} + \frac{\tau_{wx}}{\rho} \dots \dots 3$$

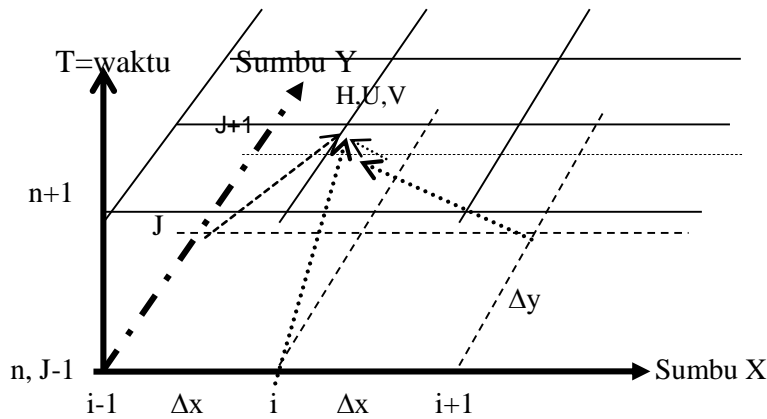
PENYELESAIAN NUMERIK

Persamaan Hidrodinamika:

Persamaan hidrodinamika (persamaan kontinuitas & momentum) diselesaikan dengan metode beda hingga eksplisit yang berdasarkan skema Mac Cormack. Metode ini terdiri dari langkah *Predictor* dan langkah *Corrector* dan kemudian langkah Solusi (*American Society of Civil Engineers, 1990*).

Pembagian Beda Hingga:

Pembagian Beda Hingga Eksplisit Mac Cormack Dua Dimensi
 Penyelesaian Persamaan Hidrodinamika (Persamaan Kontinuitas Dan Momentum) diselesaikan dengan metode *finite difference* (beda hingga), prinsip dasar beda hingga dua dimensi (2D) dengan membuat tiga fungsi besaran beban yaitu Y, X, dan T dengan wilayah dalam koordinat Kartesien. Harga kedalaman H, kecepatan U,V atau debit Q dapat dianggap sebagai fungsi dari harga H,U,V,dan Q di titik sekitarnya. Dengan menggunakan metode beda hingga eksplisit, maka harga fungsi disuatu titik kisi pada selang waktu t = (n+1) sepanjang sumbu x atau sumbu y dapat dihitung langsung dengan menggunakan nilai-nilai fungsi di titik tetangga pada selang waktu t = n yang sudah diketahui seperti Gambar 3.



Gambar 3. Pembagian Beda Hingga Mac Cormack
 (Journal of Hydraulics Engineering, Vol. 116)

Menghitung kecepatan searah sumbu x (U) :

- Langkah Predictor:

$$\bar{U}_{i,j} = U_{i,j}^n - \frac{\Delta t}{\Delta x} \nabla_x E_{i,j}^n - \frac{\Delta t}{\Delta y} \nabla_y F_{i,j}^n + \Delta t S_{i,j}^n \dots \dots \dots 4$$

- Langkah Corrector:

$$\bar{\bar{U}}_{i,j} = \bar{U}_{i,j} - \frac{\Delta t}{\Delta x} \Delta_x \bar{E}_{i,j} - \frac{\Delta t}{\Delta y} \Delta_y \bar{F}_{i,j} + \Delta t S_{i,j}^n \dots \dots \dots 5$$

- Solusi

$$U_{i,j}^{n+1} = 0,5(U_{i,j}^n + \bar{\bar{U}}_{i,j}) \dots \dots \dots 6$$

Dimana :

$\nabla_x E_{i,j} = E_{i,j} - E_{i-1,j}$, dan $\Delta_x E_{i,j} = E_{i+1,j} - E_{i,j}$

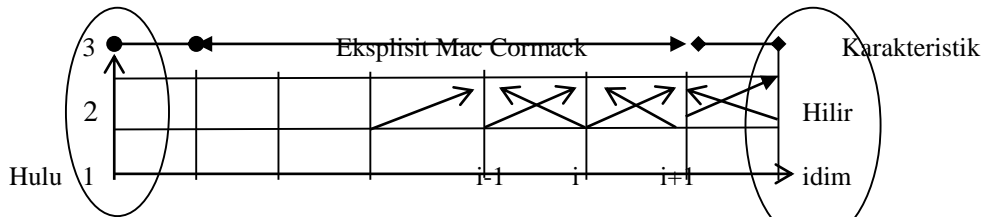
$\nabla_y F_{i,j} = F_{i,j} - F_{i,j-1}$, dan $\Delta_y F_{i,j} = F_{i,j+1} - F_{i,j}$

$U_{i,j}^{n+1}$ = kecepatan arah sumbu-x di titik (i,j) pada waktu t=n+1

$V_{i,j}^{n+1}$ =kecepatan arah sumbu-y di titik (i,j) pada waktu t=n+1

Penyelesaian Syarat Batas Metode Karakteristik

Penyelesaian persamaan kontinuitas dan persamaan momentum dengan metode eksplisit Mac Cormack seperti dijelaskan di atas mempunyai keterbatasan yaitu tidak dapat memberi solusi penyelesaian di syarat batas aliran di hulu atau hilir. Oleh karena rumitnya persamaan matematisnya, maka integrasi eksak persamaan tersebut praktis tidak mungkin dapat dilakukan. Untuk pemakaian praktis, penyelesaian persamaan di atas dapat dilakukan dengan pendekatan atau pada asumsi-asumsi penyederhanaan. Salah satunya adalah cara "Karakteristik". Salah satu penggunaan metode karakteristik untuk menyelesaikan solusi syarat batas pengaliran di hulu dan hilir seperti Gambar 4 berikut.



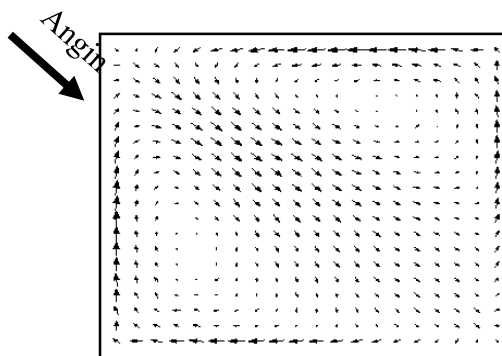
Gambar 4. Pembagian grid space (dx), solusi syarat batas hulu dan hilir

Hasil dan Diskusi

Simulasi Model Numerik

Model Aliran dalam eksperimen model, sebelum melangkah ke kasus aplikasi aliran tak tunak (*unsteady flow*) maka sebagai pengujian tahap awal adalah aplikasi model dalam kasus aliran seragam dengan eksperimen numerik di mana pemodelan aliran air akan dicoba diterapkan dalam kasus aliran seragam (*steady uniform flow*).

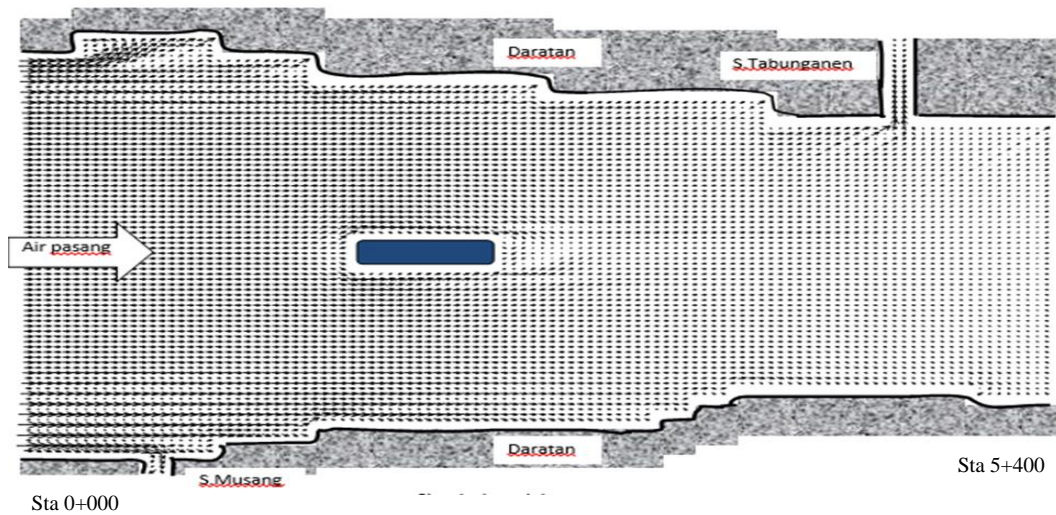
Tahapan awal pengujian numerik dilakukan pada kasus model aliran pengaruh angin, dimana aliran akan tidak seragam dan pada kondisi ini pengujian numerik dilaksanakan pada lahan berupa kolam berbentuk segi empat. Kondisi segi empat dimaksudkan untuk dapat memudahkan pengetesan dari segi hidrodinamika (pola arus air). Pola arus yang diakibatkan tiupan angin akan memberikan putaran arus membentuk pola simetris dan dapat terjadi *steady flow*. Hasil simulasi numerik dapat dilihat seperti Gambar 5. berikut.



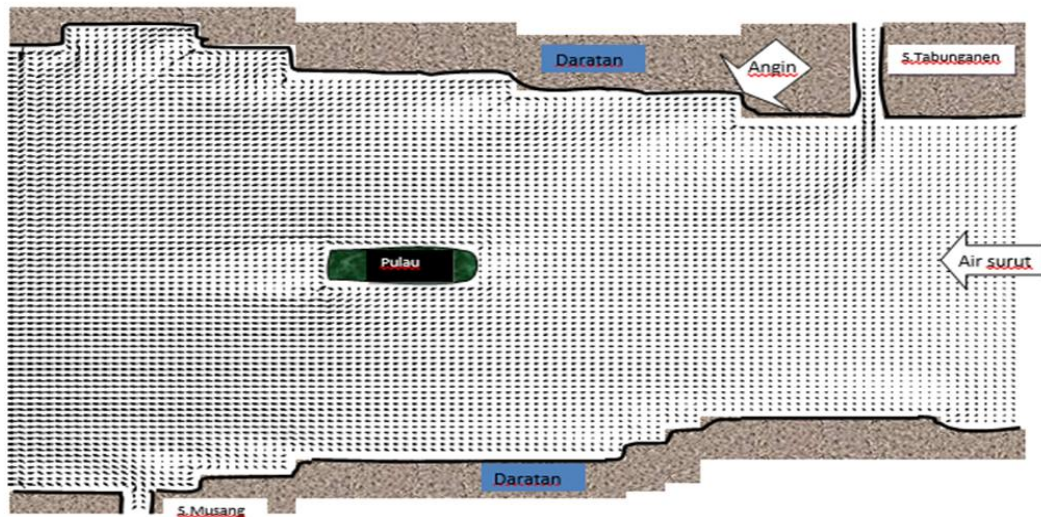
Gambar 5. Pola arus segi empat
 $V(\text{angin})=10\text{km/jam}$, $V_{\text{arus(max)}}=0,01\text{m/dt}$

Studi Kasus.

Aplikasi model numerik pada kasus aliran tak tunak (*unsteady flow*) akan di terapkan pada sebagian muara sungai Barito bagian perairan sungai Tabunganen. Hasil simulasi model tersebut yang dibagi dalam dua tahapan, yaitu (A) Kondisi air pasang, (B) Kondisi air surut dengan pengaruh angin. Hasil simulasi tersebut seperti pola arus air pasang, Gambar 6, dan pola air surut dipengaruhi angin seperti Gambar 7 berikut:



Gambar 6 Pola garis arus air pasang



Gambar 7. Pola garis arus air surut + angin diagonal
Kecepatan maksimum, skala gaya $\rightarrow V=1,66$ m/dt

Kalibrasi Model Hidrodinamika.

Keabsahan model numerik yang telah dikembangkan diperlukan pembuktian pengujian-pengujian lapangan, maka dilakukan kalibrasi model, yaitu suatu pengujian dengan membandingkan hasil pengamatan/pengukuran di lapangan dengan hasil simulasi model komputer. Hasil simulasi dan pengukuran kecepatan di lapangan dapat dilihat Tabel 1 berikut.

Tabel 1 Hasil pengukuran kecepatan di lapangan dan model simulasi

No.	Lokasi ttk ukur (sta)	Kecepatan V(m/dt)		Deviasi m/dt
		V lapangan	V model	
1	0+000(muara)	0,209 (surut)	0,140	0,069
2	3+100	0,219 (pasang)	0,182	0,037
3	5+400	0,161 (pasang)	0,210	0,049

Kesimpulan.

Pemodelan hidrodinamika muara sungai Barito dengan dapat disimpulkan beberapa hal mendasar:

1. Kajian Pergerakan Arus (Hidrodinamika) Muara Sungai Barito ini dapat diterapkan dengan beberapa asumsi pendekatan penyederhanaan parameter geometris. seperti tepi sungai yang tidak beraturan, Penyederhanaan bathimetri untuk penyeragaman kedalaman (H rerata).
2. Validasi hasil model pergerakan arus pada 3 (tiga) titik yang ditinjau memiliki kecendrungan hasil yang sama terhadap hasil pengukuran di lapangan.
3. Model simulasi dengan pengaruh angin cukup dominan berpengaruh pada kecepatan dan pola garis arus.
4. Hasil simulasi model mendapatkan gambaran pola-pola gerakan air dan besaran vektor kecepatan.
5. Pola erosi dan sedimentasi dapat terjadi dan diketahui berdasarkan pola gerakan dan besaran vektor kecepatan

Ucapan Terima Kasih

Berkeaan dengan selesainya penelitian tesis dan penulisan artikel tentang Kajian Pergerakan Arus (Model Hidrodinamika) Muara Sungai Barito,

Maka dengan segala kerendahan hati, penulis ingin menyampaikan rasa syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala karuniaNya dan ucapan terima kasih kepada:

1. Mahasiswa S2 yang telah menyelesaikan penelitian tesisnya sehingga penulisan artikel tersebut dapat terlaksana.
2. Dekan Fakultas Teknik/Ketua Program Studi Magister Teknik Sipil Universitas Lambung Mangkurat yang selama ini telah mendukung dan memfasilitasi kegiatan penulisan artikel/karya ilmiah bagi para dosen.

Demikian ucapan terima kasih disampaikan, mudah-mudahan karya ilmiah ini dapat bermanfaat, amien.

Banjarmasin, 15 Juli 2017

Penulis

REFERENSI

- [1] Abbott, M.B. 1979. *Computational Hydraulic: Element of The Theory of Surface Flows*, Pitman, London.
- [2] Anonymous. August. 1990. *Journal of Hydraulics Engineering*, American Society of Civil Engineers, Vol. 116.
- [3] Anwari, 2013. Model Hidrodinamika 2D Pengaruh Pasang Surut dan Angin pada Kasus Muara Sungai Barito, Tesis, Program Magister Teknik Sipil, ULM
- [3] _____, May 1992. *Journal of Waterway Port Coastal and Ocean Engineering, American Society of Civil Engineers*, Vol. 118 (3): 233-248
- [4] Cahyono. 1993. Pemodelan Kualitas Air Di Sungai, Estuary dan laut, Kursus Pemodelan dan Simulasi Komputer, Institut Teknologi Bandung.
- [5] Cunge, J.A, Holley, F.M, and Verwey, A. 1980. *Practical Aspects of Computational River Hydraulics*, Pitman, London.
- [6] Ganasut, Jirawat and Sutat Weesakul, 2005. *Hydrodynamic Modeling of Songkhla Lagoon Thailand*, Thammasut Int.J.Sc.Tech, Vol.10, No.1. 32-46
- [7] Graf Walter and H, Mortimer Clifford. 1979. *Hydrodynamics of Lakes, Proceeding of a Symposium 12 13 Oktober, 1978*, Lausanne, Switzerland, Elsevier Scientific Publis Hing Company, Amsterdam - Oxford - New York.
- [8] Jogiyanto, H.M. 1987. Teori dan Aplikasi Program Komputer Bahasa Fortran, Andi Offset, Yogyakarta
- [9] Makrup, Lalu, 2001. Dasar-Dasar Analisis Aliran di Sungai dan Muara, UII Press Jogjakarta
- [10] Mahmood, K, Yevjevch, V. 1975. *Unsteady Flow in Open Channel*, Waters Resources, USA.
- [11] Rijn Leo C. Van. 1990. *Principles of Fluid Flow and Surface Water in Rivers Estuary, Seas And Oceans*, Nederland.
- [12] Soewarno, 1991. Hidrologi Pengukuran Dan Pengolahan Data Aliran Sungai (Hidrometri), Bandung
- [13] Sebayang, Snelman, 1996. Pemodelan Numerik Angkutan polutan BOD Di Sungai Way Seputih, Tesis, Institut Teknologi Bandung
- [14] Puslitbang Pengairan/P3S, 1985. Survai Hidrolika dan Hidrometri S.Barito dan S. Kapuas, Departemen Pekerjaan Umum Republik Indonesia, Bandung
- [15] Verwey.A. 1980. *Practical Aspects Of Computational River Hidrolics*. International Institute For Hidroulic and Erviromental Engnnering Deft, Piston Pablihing Limited. London.