

Distribusi Kecepatan dan Konsentrasi Sedimen Suspensi pada Aliran Menikung (Studi Kasus pada Saluran Irigasi Mataram Yogyakarta)

Velocity Distributions and Suspended Sediment Concentrations in Bend Flows (Case Study at Mataram Irrigation Channel Yogyakarta)

Chairul Muharis

Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Padang Kampus Limau Manis Padang 25163
Telp 0751-72590 Fax 0752-72576 Email : ch_muharis@yahoo.com

Abstract

The flow velocity and suspended sediment concentration are important parameters of sediment transport mechanisms, especially for aggradation and degradation problems. The centrifugal force at the bend channels will increase flow velocity at the outer bank of the bend. It is of course also affects the distribution of flow velocity toward the outside and the inside of the bend channels. The change of the velocity distribution it is very possible also changes the distribution of suspended sediment concentration. In this paper will discuss the velocity distribution profile and distribution of sediment concentration in the bend flow.

This research was conducted at Mataram Irrigation Channel Yogyakarta. The channel rectangular in shape and made of masonry with angle bend 580. Measuring the flow velocity used Propeller currentmeter and sediment concentration used Opcon Probe. Measuring flow velocity and sediment concentration conducted simultaneously for each measurement point.

The results showed that due to the centrifugal force in bend flow, flow velocity distribution and sediment concentration distribution undergoing significant change the outside and the inside of the bend. In general, the distribution of flow velocity toward the outerbank of the bend has increased and the distribution suspended sediment concentration has decrease and the opposite occurs innerbank of the bend. A low velocity on the inner bank of the channel bend causes larger grains of sediment that settles and potentially silting.

Keywords: Velocity Distribution, Concentration, Bend Flow

PENDAHULUAN

Informasi mengenai aliran sedimen suspensi sangat diperlukan pada pekerjaan bangunan-bangunan keairan, mulai dari tahap perancangan, pelaksanaan sampai ke tahap pengoperasian. Informasi tersebut meliputi distribusi kecepatan, tegangan geser, distribusi konsentrasi sedimen suspensi, angkutan sedimen, perubahan dasar sungai, dan lain-lain.

Aplikasi untuk mendapatkan informasi mengenai sedimen suspensi yang sangat diperlukan tersebut, sejauh ini banyak dijumpai dari hasil penelitian pada saluran lurus, sedangkan untuk saluran menikung sangat sedikit. Oleh karena itu untuk mendapatkan informasi mengenai sedimen suspensi perlu dilakukan penelitian

lanjutan pada saluran yang tidak lurus, seperti halnya pada saluran menikung,

Karakteristik aliran pada saluran lurus berbeda dengan aliran pada saluran menikung. Terutama karakteristik aliran lurus bersedimen suspensi. Setiap perubahan distribusi kecepatan dapat mempengaruhi distribusi konsentrasi sedimen suspensi. Demikian juga untuk saluran menikung selain mempunyai karakteristik aliran yang berbeda dengan aliran saluran lurus juga akan mengalami perubahan distribusi kecepatan dan konsentrasi sedimen suspensi.

Penelitian ini mempelajari perbedaan karakteristik aliran sedimen suspensi pada saluran menikung dan pengaruh yang ditimbulkan dari perbedaan itu. Perbedaan tersebut khususnya antara distribusi kecepatan dengan konsentrasi sedimen

suspensi. Sehingga hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi yang tepat sebagai dasar perencanaan yang akan di lakukan.

Pengukuran distribusi kecepatan, adalah untuk mendapatkan persamaan distribusi kecepatan logaritmik, sehingga dapat digunakan untuk menentukan kecepatan atau tegangan gesek di saluran terbuka (saluran lurus), baik untuk aliran seragam maupun untuk aliran tidak seragam (Kironoto dan Graf, 1994, 1995), baik untuk data aliran di tengah saluran maupun di tepi saluran (Kironoto dkk, 2004).

Hasil penelitian (Vanoni, 1946) menunjukkan bahwa pada debit aliran yang sama, kecepatan aliran bersedimen lebih besar dari pada air jernih, disebabkan mengecilnya koefisien kekasaran. Bertambahnya kecepatan tidak berarti meningkatkan debit sedimen suspensi, karena kedalaman berkurang maka tegangan gesek dasar ikut berkurang juga. Selain itu konsentrasi sedimen suspensi dapat mengurangi koefisien gesekan. Pergerakan sedimen yang dapat membentuk konfigurasi dasar dapat meningkatkan koefisien gesekan, maka disimpulkan koefisien gesekan pada aliran sedimen dapat bertambah, berkurang atau tetap tergantung besarnya pengaruh konsentrasi dan konfigurasi dasar.

Dengan memodifikasi model matematika $k-\varepsilon$ untuk aliran bersedimen. (Kironoto dan Graf, 1994) menguraikan bahwa dengan adanya muatan sedimen pada aliran menyebabkan kecepatan berubah jika dibandingkan dengan kecepatan pada aliran air jernih. (Rozovskii, 1957; Kikkawa, et al.1973 dan Blanckaert, 2001), telah melakukan penelitian tentang aliran pada tikungan, dimana beberapa diantaranya membahas data distribusi kecepatan secara mendalam. Secara umum dari hasil-hasil penelitian yang ada di literatur memperlihatkan bahwa data pengukuran distribusi kecepatan pada saluran menikung, mengalami perubahan bila dibandingkan dengan data pada saluran lurus.

1. Distribusi Kecepatan

Pada aliran saluran terbuka, distribusi kecepatan seringkali dibedakan sebagai distribusi

kecepatan di daerah *inner region*, yang berada di dekat dasar dimana distribusi kecepatan logaritmik berlaku, dan di daerah *outer region*, yang berada jauh dari dasar dimana distribusi kecepatan menyimpang secara jelas dan sistematis terhadap hukum logaritmik (Nezu dan Rodi, 1986; Kironoto dan Graf, 1994). Rumus distribusi kecepatan logaritmik (*the law of the wall*) di daerah *inner region*, yang dibatasi oleh $y/D < 0.2$ dapat dirumuskan sebagai berikut

$$\frac{u}{u_*} = \frac{1}{\kappa} \ln \left(\frac{y}{k_s} \right) + Br \quad (1)$$

dengan:

u : kecepatan rata-rata titik pada jarak y dari titik referensi (m/s)

D : kedalaman aliran (m)

u_* : kecepatan geser (m/s)

κ : konstanta *universal* Von-Karman ($\kappa = 0.4$)

Br : konstanta integrasi

k_s : adalah kekasaran dasar *equivalen*

Nikuradse (m)

2. Konsentrasi Sedimen Suspensi Rata-rata

Dengan data pengukuran profil konsentrasi sedimen suspensi dan mengintegalkannya dengan batas antara kedalaman aliran dan kedalaman titik yang ditinjau, nilai konsentrasi sedimen suspensi rata-rata dapat diperoleh. Ekspresi persamaannya dapat ditulis.

$$\bar{C}_y = \frac{1}{D - y} \int_y^D C \cdot dy \quad (2)$$

dengan:

D : kedalaman aliran (m)

y : posisi titik pengukuran dari dasar (m)

\bar{C}_y : konsentrasi rata-rata titik (gr/liter)

3. Debit Sedimen Suspensi

Secara umum debit sedimen suspensi dapat diekspresikan sebagai hasil perkalian antara kecepatan rata-rata vertikal dan konsentrasi rata-rata vertikal yang dikalikan terhadap luasnya atau dengan mengintegrasikan terhadap lebar saluran data perkalian antara nilai kecepatan dan nilai konsentrasi sedimen suspensi rata-rata vertikal diperoleh debit sedimen suspensi, Q_s , yaitu :

$$Q_s = \int_0^B \bar{U} \cdot \bar{C} dB \quad (3)$$

dengan :

\bar{U} : kecepatan rata-rata vertikal (m/s)

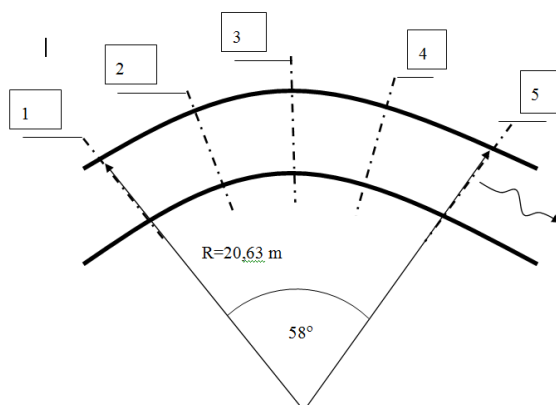
\bar{C} : konsentrasi rata-rata vertikal (gr/liter)

B : lebar penampang saluran (m)

METODOLOGI

Metode yang diterapkan pada penelitian ini adalah eksperimen lapangan, yakni seluruh kegiatan pengukuran maupun pengambilan data dilaksanakan di lapangan. Lokasi penelitian di laksanakan pada 5 (lima) titik saluran irigasi Mataram.

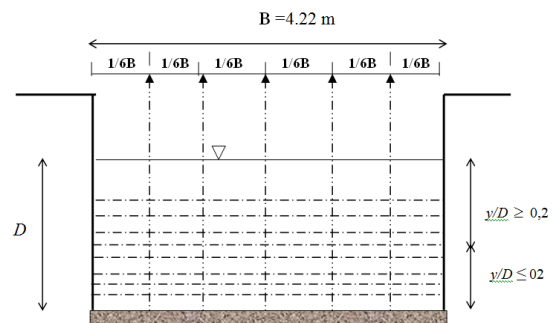
Titik-titik pengukuran kecepatan dan pengambilan sampel sedimen suspensi untuk setiap saluran menikung ditetapkan pada 5 (lima) *cross section* dilakukan berada dalam busur saluran menikung (1, 2, 3, 4 dan 5), seperti terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Pengukuran Cross Sections

Setiap masing-masing *cross section* dilakukan dibagi sebanyak 5 (lima) titik arah transversal atau tegak lurus arah aliran. Setiap lima titik tersebut dibagi lagi untuk beberapa titik kedalaman untuk jumlah yang relatif cukup. Titik-titik tersebut

adalah pada $y/D \leq 0,2$ untuk data di dekat dasar (*inner region*), dan $y/D \geq 0,2$ untuk data di *outer region*. Selanjutnya untuk setiap data yang diperoleh diberi notasi agar memudahkan dalam mengidentifikasinya. Jumlah titik-titik pengukuran dan pengambilan sampel pada kedalaman vertikal sewaktu waktu bisa berkurang atau bertambah sesuai situasi dan kondisi lapangan pada saat itu Untuk lebih jelasnya dapat di lihat pada Gambar 2. di bawah ini.



Gambar 2. Titik Pengukuran pada Penampang Saluran Menikung

Pengukuran konsentrasi sedimen suspensi menggunakan alat ukur *opcon probe* dan pengukuran kecepatan aliran menggunakan alat ukur *propeller currentmeter*. Pengukuran konsentrasi sediment suspensi dan pengukuran kecepatan dilakukan secara bersamaan di atas saluran secara presisi baik arah vertikal maupun horizontal.

Selama pelaksanaan pengukuran di lapangan ketinggian muka air perlu selalu dikontrol yakni dengan cara menempatkan peil schaal dikedua sisi penampang saluran, kemudian diberi tanda. Selanjutnya setiap perubahan ketinggian muka air dicatat dengan seksama. Hal ini dilakukan karena perubahan tinggi muka air akan berpengaruh terhadap besarnya debit aliran dan nilai aspek rasio dari penampang saluran tersebut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data pengukuran yang diperoleh diberi notasi/kode L, S dan R, yang merupakan singkatan dari *location*, L, *cross section*, S, dan *radius*, R, diikuti dengan angka-angka yang menginformasikan urutan lokasi

penelitian, potongan melintang dari hulu ke hilir saluran dan posisi pengukuran arah transversal dari *outer bank* ke *inner bank*. Misalnya, nama kode data pengukuran L3S3R1 yang mempunyai makna bahwa data pengukuran diperoleh di lokasi tiga, pada *cross section* ke tiga atau di tengah tikungan, dan pada posisi pertama dari *inner bank* ke *outer bank*.

Berdasarkan data hasil pengukuran kecepatan dan pengukuran konsentrasi sedimen suspensi setelah dianalisa dibagi dalam lima kelompok yakni penampang masuk dan keluar tikungan ada dua dan di dalam tikungan ada tiga, sebagaimana diberikan pada tabel berikut:

Tabel 1. Parameter Utama Hasil Analisis Data Pengukuran

<i>RUN</i>	<i>Q</i> [m ³ /dt]	<i>D</i> [m]	<i>B/D</i> [-]	<i>U</i> [m/dt]	<i>C</i> [gr/ltr]	<i>Fr</i> [-]	\bar{U} (m/dt)	\bar{C} (gr/ltr)
L3SIR1		0.75	5.600				0.3968	4,9380
L3SIR2		0.90	4.667				0.4170	4,4132
L3SIR3	1.558	0.90	4.667	0.4319	4,3915	0.1481	0.4111	4,4132
L3SIR4		0.90	4.667				0.4482	4,2021
L3SIR5		0.90	4.667				0.4862	3,9909
L3S2R1		0.72	5.833				0.3314	4,6677
L3S2R2		0.90	4.667				0.3590	4,5261
L3S2R3	1.402	0.90	4.667	0.3886	4,2749	0.1332	0.3946	4,2524
L3S2R4		0.90	4.667				0.4150	4,0644
L3S2R5		0.95	4.421				0.4430	3,8638
L3S3R1		0.60	7.000				0.3064	4,4207
L3S3R2		0.75	5.600				0.3365	4,2239
L3S3R3	1.317	0.90	4.667	0.3652	4,0662	0.1276	0.3781	4,0916
L3S3R4		1.00	4.200				0.3986	3,8925
L3S3R5		1.06	3.962				0.4064	3,7021
L3S4R1		0.65	6.462				0.2839	4,1602
L3S4R2		0.75	5.600				0.3194	3,9808
L3S4R3	1.257	0.85	4.941	0.3484	3,8495	0.1214	0.3467	3,8303
L3S4R4		1.00	4.200				0.3828	3,6951
L3S4R5		1.05	4.000				0.4091	3,5811
L3S5R1		0.65	6.462				0.2689	3,9140
L3S5R2		0.77	5.455				0.2980	3,7322
L3S5R3	1.177	0.82	5.122	0.3262	3,6402	0.1154	0.2965	3,5612
L3S5R4		0.88	4.773				0.3587	3,5281
L3S5R5		1.02	4.118				0.4089	3,4656

Keterangan :

Q = debit aliran terukur ; D = kedalaman aliran ; B/D = *aspect ratio* ; B = lebar saluran
 $Fr = U/(gD)^{0.5}$; U = kecepatan aliran; C = konsentrasi sediment suspensi; g = percepatan gravitasi ;
 \bar{U} = rata kecepatan rata-rata \bar{C} = konsentrasi sediment suspensi rata-rata.

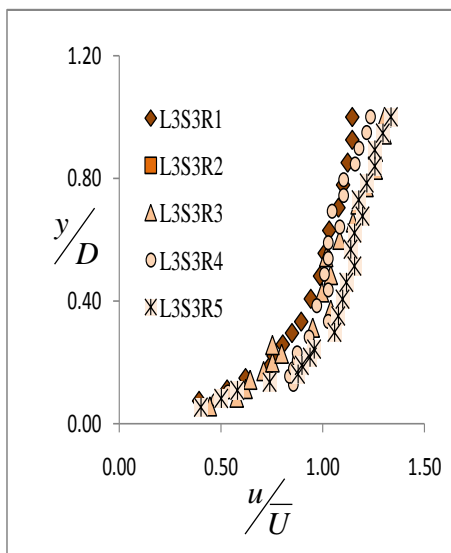
Dari hasil analisis data secara umum menunjukkan bahwa kecepatan rata-rata setiap tampang semakin meningkat dari *inner bank* ke *outer bank*. Sebaliknya

konsentrasi sedimen suspensi semakin berkurang dari *inner bank* ke *outer bank*. Berdasarkan data debit aliran untuk fluktuasi muka air relatif stabil.

1. Distribusi Kecepatan

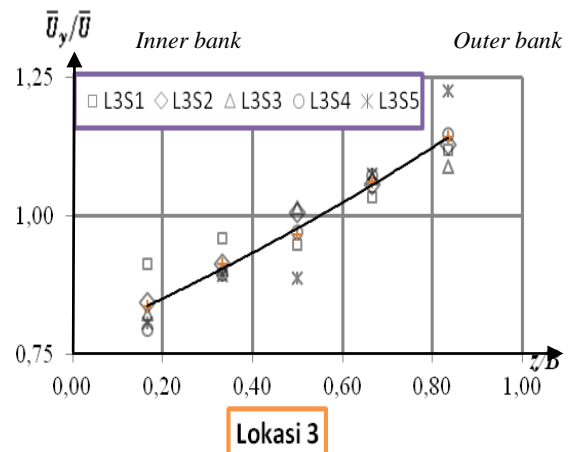
Hasil pengukuran distribusi kecepatan secara umum di semua lokasi pengukuran dipresentasikan oleh profil kecepatan arah transversal sebanyak 5 (lima) section pengukuran setiap lokasinya menunjukkan hasil masih mengikuti distribusi kecepatan logaritmik dengan kecepatan minimum terjadi di dekat dasar dan bertambah besar sampai permukaan aliran. Kecepatan maksimum untuk semua section terjadi dekat permukaan.

Berikut adalah grafik hubungan antara kecepatan aliran dipresentasikan oleh perbandingan nilai kecepatan titik dengan nilai kecepatan rata-rata kedalaman



Gambar 3. Profil Distribusi Kecepatan pada Saluran Menikung

Kecepatan aliran pada saluran menikung akan berubah, dan meningkat di daerah *outer bank* karena adanya gaya sentrifugal. Agar dapat diketahui perubahan kecepatan akibat gaya sentrifugal di tikungan, maka seluruh data hasil pengukuran kecepatan pada lokasi 3 (tiga) dibuatkan grafik hubungan antara rasio kecepatan rata-rata kedalaman dengan kecepatan rata-rata tampang, \bar{u}_y/\bar{U} dengan fungsi lebar saluran, z/B atau arah transversal dalam hal ini adalah dari *inner bank* ke *outer bank*. Seperti disajikan pada Gambar 4. Berikut ini:

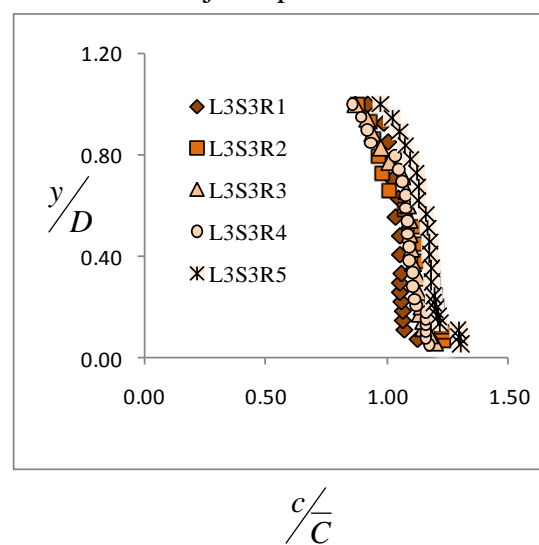


Gambar 4. Nilai kecepatan arah transversal pada lokasi 3

Berdasarkan Gambar 4. terlihat kecepatan rata-rata tampang arah transversal untuk seluruh section pengukuran pada lokasi 3. Hasil regresi nilainya menunjukkan adanya peningkatan kecepatan aliran dari *inner bank* ke arah *outer bank*. Kecepatan maksimum terjadi di dekat permukaan. Perubahan aliran dari saluran lurus ke saluran menikung akan menyebabkan perubahan pada distribusinya.

2. Distribusi konsentrasi Sedimen Suspensi

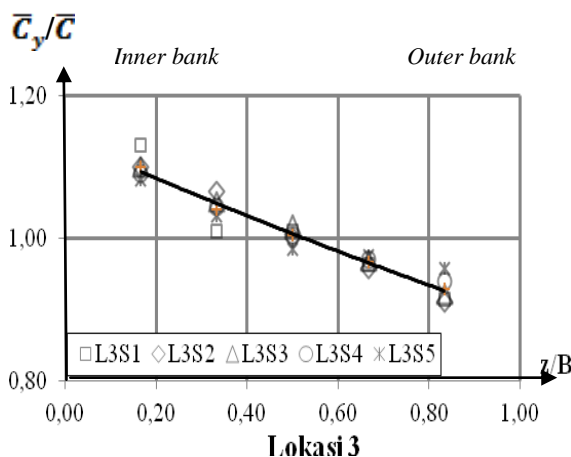
Konsentrasi sedimen suspensi semakin ke permukaan aliran semakin berkurang dan pada posisi mendekati dasar akan bertambah. Disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Profil Distribusi Kecepatan pada Saluran Menikung

Konsentrasi sedimen suspensi arah transversal atau dari *outer bank* ke *inner bank* semakin berkurang ini karena adanya pengaruh perubahan kecepatan akibat adanya gaya sentrifugal dan ini juga memberi pengaruh kepada konsentrasi sedimen suspensi. Berikut gambar profil distribusi konsentrasi sediment dengan grafik tidak berdimensi.

Agar dapat diketahui perubahan kecepatan akibat gaya sentrifugal di tikungan, maka seluruh data hasil pengukuran kecepatan pada lokasi 3 (tiga) dibuatkan hubungan antara rasio konsentrasi sedimen suspensi rata-rata vertikal (\bar{C}_y) dan rata-rata tampang saluran (\bar{C}) dengan fungsi lebar saluran, z/B atau arah transversal dalam hal ini adalah dari *inner bank* ke *outer bank*. Seperti disajikan pada Gambar 6. Berikut ini:



Gambar 6. Nilai konsentrasi arah transversal pada lokasi 3.

Berdasarkan Gambar 6. terlihat regresi nilai konsentrasi sedimen suspensi rata-rata tampang untuk arah transversal dan seluruh *section* pengukuran, nilainya mengalami penurunan dari *inner bank* ke arah *outer bank*. Hal ini juga ada kaitannya dengan terjadinya perubahan kecepatan pada arah transversal akibat pengaruh gaya sentrifugal. Perilaku atau bentuk profil aliran sedimen suspensi ternyata ditentukan juga oleh profil distribusi kecepatan dan ukuran partikel suspensinya.

SIMPULAN

Kecepatan aliran pada saluran menikung arah transversal di daerah *outer bank* lebih besar dibandingkan dengan di daerah *inner bank*. Kondisi tersebut berlaku pada seluruh *section* pengukuran.

Perubahan kecepatan dapat mempengaruhi konsentrasi aliran sedimen suspensi. Pada aliran menikung perubahan kecepatan arah transversal dari *inner bank* ke *outer bank* yang meningkat, akan dapat menyebabkan perubahan konsentrasi sedimen suspensi, yang nilainya akan menjadi berkurang dari *inner bank* ke *outer bank*. Peningkatan konsentrasi sedimen suspensi terjadi pada daerah *inner bank* serta kecepatan aliran yang berkurang berakibat pada daerah *inner bank* suatu tikungan akan terjadi pendangkalan.

SARAN

Berdasarkan kesimpulan dari penelitian ini disarankan agar sebelum merencanakan bangunan-bangunan air terutama yang berada di tengah sungai, informasi mengenai karakteristik aliran perlu diketahui sebagai data dasar perencanaan. Untuk instansi terkait sebagai pengelola sarana dan saluran irigasi informasi mengenai karakteristik aliran hasil penelitian ini dapat dijadikan bahan pertimbangan untuk perencanaan bangunan irigasi. Saran untuk para peneliti dibidang teknik sumber daya air adalah perlu menindalanjuti penelitian ini penelitian pada lokasi dan sudut tikungan yang berbeda.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Balai Sungai Serayu-Opak yang memberi ijin melakukan penelitian di Saluran Irigasi Mataram, Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Gadjah Mada, yang telah memberikan *support* dana penelitian Pascasarjana Tahun Anggaran 2014, selanjutnya kepada rekan mahasiswa S2

Teknik Sipil banyak membantu sehingga tulisan ini dapat terwujud.

DAFTAR PUSTAKA

- Blanckaert, K., and Graf, W. H. 2001. Mean flow and turbulence in open channel bend, *J. Hydr. Engrg*, Vol. 127, pp 835 – 847.
- Kikkawa, H., Ikeda, S., Ohkawa, H., and Kawamura, Y. 1973. Secondary flow in bend of turbulent stream, *Proc. Of JSCE*, No 219.
- Kironoto, B.A. and Graf, W.H. 1994. Turbulence characteristics in rough uniform open-channel flow. *Proc. Inst. Civ. Enggr.*, 106 (4), UK.
- Kironoto, B.A. and Graf, W.H. 1995. Turbulence characteristics in rough non-uniform open-channel flow, *Proc. Inst. Civ. Enggr.*, 112 (4), UK.
- Rozovskii, I. L. 1957. Flow of water in bends of open channels. Israel Programme of Scinetific Translation, Jerussalem.