

STRUKTUR TAHANAN ALIRAN TURBULEN DI ATAS PERMUKAAN KASAR DASAR SALURAN TERBUKA

Sukarno

Dosen Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado
email: sukarno091@yahoo.com

ABSTRACT

Effect of regularly arrayed sphere and cylindrical roughness on flow resistance and turbulent structures at over completely rough-bed with uniform stainless steel rods, and glass beads in an open channel have been investigated. Detail measurement of flow depth were conducted by using Particle Image Velocimetry. Experimental results indicated that flow resistance with sphere roughness is stronger than cylindrical roughness. Significant degrees of spatially regular variation in the time-average velocity were generated along the rough element in case of the large ratio of the roughness height to flow depth. In addition, Reynold shear stress abruptly decreased near the ridge of roughness elements. It was suggested that the difference in flow resistance between sphere roughness and cylinder one, these organized flow structure were explained by form induce stress

Keywords: open-channel shallow flow, flow resistance, rough-bed, turbulent characteristic, PIV.

PENDAHULUAN

Karakteristik tahanan untuk aliran turbulen di atas permukaan dasar saluran dengan kekasaran total di dalam saluran terbuka ditentukan oleh profil potongan memanjang dan melintang saluran, bentuk, ukuran dan model penyusunan kekasaran, selain itu ditentukan juga oleh kondisi aliran air di dalam saluran terbuka. Banyak penelitian tentang aliran turbulen ini telah dipublikasikan dan menjadi ilmu pengetahuan yang penting dan menarik pada saat ini.

Para peneliti sebelumnya telah melaporkan penelitiannya akan tetapi belum ada penjelasan secara sistematis tentang karakteristik tahanan aliran turbulen, seperti yang dinyatakan oleh G. M. Smart dan kawan-kawan (2002) bahwa efek dari pemisahan aliran elemen kekasaran pada karakteristik tahanan aliran turbulen sampai dengan pada tahun tersebut belum diketahui secara rinci dan jelas. Nakayama (2005) berdasarkan hasil investigasinya kemudian menyatakan tidak ada variasi aliran yang didapatkan pada lapisan aliran di atas kekasaran aliran air di dalam saluran terbuka, meskipun yang sesungguhnya di dekat kekasaran elemen terdapat variasi aliran turbulen. Ohmoto, Sukarno dan kawan-kawan (2010) dalam hasil penelitiannya telah menunjukkan bahwa terdapat aliran yang stabil dan sangat

teratur pada kavitasasi antara dua elemen kekasaran yaitu aliran vertikal arah ke bawah dan aliran vertikal arah ke atas nampak di dekat elemen kekasaran, hasil penelitiannya ini menunjukkan bahwa di dalam aliran yang sedang mengalir pada saluran terbuka terdapat aliran vertikal.

PERALATAN DAN METODE PERCOBAAN

Saluran yang digunakan dalam percobaan ini dibuat sedemikian rupa dengan model sirkulasi sehingga variasi kemiringan saluran dapat ditentukan secara mekanik, panjang saluran 10m, lebar saluran 40cm dan tinggi saluran 20cm. Di bagian hilir saluran dibuat bendung dengan tujuan memungkinkan untuk mengontrol kedalaman air di dalam saluran. Dinding dan bagian dasar saluran dibuat dari bahan *acrylic resin* dan kedalaman saluran dapat diukur dengan menggunakan *gauge point*, dengan peralatan seperti ini kedalaman air dapat diukur dari samping saluran.

Metode pengukuran kecepatan aliran air di dalam saluran digunakan alat ukur *Particle Image Velocimetry*(PIV), air dari kolam dipompa dan dimasukkan kedalam tangki air berbentuk segiempat, selanjutnya air di dalam tangki dijaga sedemikian rupa

sehingga air selalu dalam keadaan *steady*, selama dilakukan pengukuran aliran air di dalam saluran diatur sedemikian rupa agar aliran menjadi seragam, kemudian parameter dan variabel yang digunakan dalam percobaan ini, masing-masing sebagai berikut, kecepatan rata-rata aliran air U_m , kedalaman aliran h_0 , kekasaran relatif D/h_0 , bilangan Froude $U_m/(gh_0)^{1/2}$, bilangan Reynold $U_m \cdot h_0/\nu$, diameter kekasaran bola kaca dan silinder masing-masing berukuran 15mm dan 30mm dan material kekasaran yang digunakan dalam percobaan ini yaitu bola yang dibuat dari kaca dan silinder yang dibuat dari aluminium. Percobaan pengukuran kecepatan aliran digunakan material *particle nylon* dengan ukuran $30\mu m$ dan berat jenisnya 1.02 kgf/m^3 .

Persamaan empirik oleh Kellerhalls,

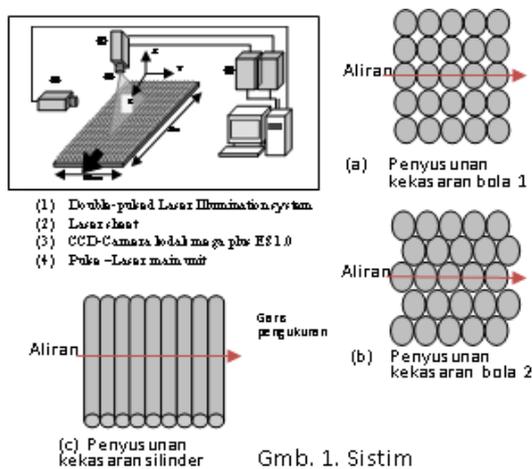
$$\sqrt{\frac{8}{f}} = 6.5 \left(\frac{h}{d_{50}}\right)^{1/4} \dots \dots \dots (4)$$

dengan,

- f : faktor gesekan
- τ_0 : tegangan geser dasar saluran
- h_m : kedalaman aliran
- U : kecepatan melintang rata-rata
- I_0 : kemiringan dasar saluran
- ρ : berat jenis air
- u_* : kecepatan gesekan
- k_s dan Br : konstanta untuk butiran pasir ekuivalen dengan kekasaran.

HASIL PERCOBAAN

Berdasarkan metode pengukuran seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1, kekasaran elemen silinder dengan penyusunan lebih rapat seperti pada gambar 1(c), penyusunan kekasaran elemen bola kaca secara teratur Gambar 1(a) atau penyusunan bola kaca dengan model lebih rapat Gambar 1(b), karakteristik tahanan menunjukkan bahwa kedalaman aliran seragam dengan kekasaran elemen bola kaca lebih besar dari pada kedalaman aliran seragam dengan menggunakan kekasaran silinder dengan nilai tidak kurang dari 10%.



Gmb. 1. Sistem pengukuran aliran

Rumus-rumus yang digunakan didalam penelitian ini adalah sebagai berikut: Persamaan Darcy-Weisbach,

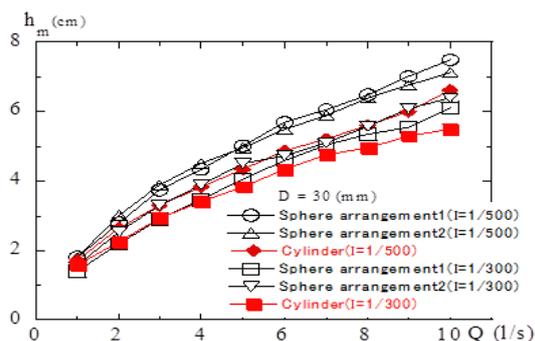
$$f = \frac{\tau_0}{1/8\rho U^2} = \frac{8g h_m I_0}{U^2} \dots \dots \dots (1)$$

Hukum *Logarithmic* untuk kecepatan aliran di atas permukaan kekasaran,

$$\sqrt{\frac{8}{f}} = \frac{U}{U_*} = \frac{2.3}{K} \log\left(\frac{h}{k_s}\right) + B_r \dots (2)$$

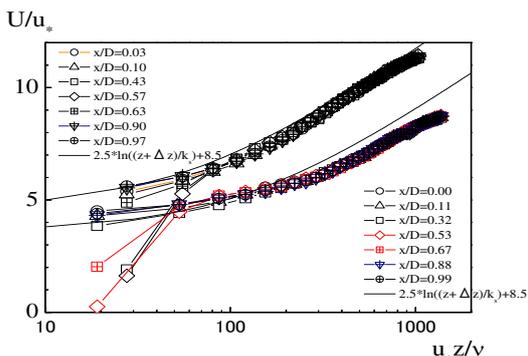
Persamaan empirik oleh Manning dan Strickler,

$$\sqrt{\frac{8}{f}} = 7.6 \left(\frac{h}{d_{50}}\right)^{1/6} \dots \dots \dots (3)$$

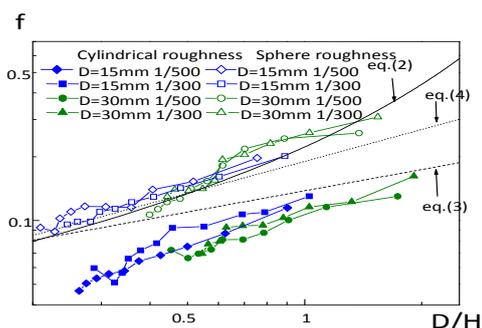


Gambar 2. Hubungan antara debit air dan kedalaman aliran seragam

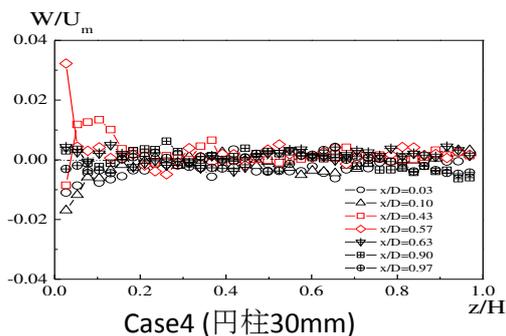
Tahanan aliran nampak dengan jelas pada kasus kekasaran elemen bola kaca yang disusun dengan model penyusunan yang lebih rapat, juga ditunjukkan seperti pada gambar bahwa kemiringan dasar saluran 1/500 memiliki kedalaman aliran lebih besar dari pada kemiringan dasar saluran 1/300.



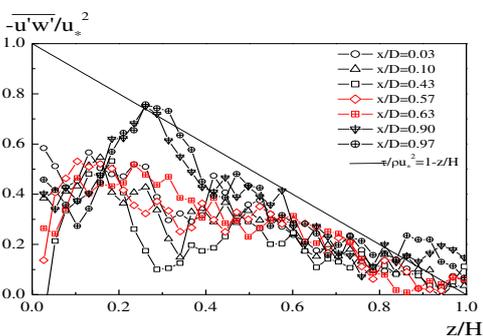
Gambar 3. Koefisien tahanan



Gambar 4. Distribusi vertikal aliran utama



Gambar 5. Distribusi kecepatan sekunder arah vertikal komponen W



Gambar 6. Tegangan geser Reynold arah vertikal

Karakteristik aliran turbulen, dalam kasus pertama menunjukkan bahwa distribusi kecepatan aliran utama arah vertikal memperlihatkan kecepatan aliran sedikit bervariasi dan tidak berdimensi melampaui

100, sedang pada kasus kedua distribusi vertikal aliran sekunder (W) menunjukkan spasial variasi kecepatan aliran utama dekat dasar saluran cenderung menjadi lebih besar untuk diameter 30mm daripada yang berdiameter 15mm, dan dalam kasus yang ketiga distribusi vertikal untuk tegangan geser Reynold menunjukkan kekasaran elemen silinder dengan diameter 15mm dan diameter 30mm.

Simpangan dari tegangan geser Reynold dari garis lurus bahkan sampai dengan aliran seragam, akan tetapi $x/D=0.57$ dan $x/D=0.63$, umumnya dekat bagian puncak elemen kekasaran tegangan geser Reynold menjadi tidak teratur dan cenderung menjauh dari garis lurus dan rendah di dekat dasar.

KESIMPULAN

1. Tahanan aliran dari kekasaran elemen bola kaca adalah lebih besar bila dibandingkan dengan tahanan aliran dengan kekasaran elemen silinder.
2. Tahanan aliran dalam kasus 3 dimensi adalah lebih besar bila dibandingkan dengan tahanan aliran pada kasus 2 dimensi.
3. Nilai koefisien tahanan di atas kekasaran permukaan dasar saluran terbuka tergantung pada potongan profil memanjang saluran, bentuk kekasaran, ukuran dan penyusunan kekasaran juga ditentukan oleh kondisi aliran air yang mengalir di saluran terbuka.

DAFTAR PUSTAKA

Smart, G.M., Duncan, M.J. and J.M. Walsh, 2000. *Relative Rough Flow Resistance Equations*, J. Hydraulic Engineering, Vol. 128, No.6, pp. 568-578.

Piquet, Jean, 1999. *Turbulent Flow-Models and Physics*, Springer, pp. 652-672.

Ohmoto T. dan Sukarno, 2011. *Effect of Regularly Arrayed Roughness on Flow Resistance and Turbulent Flow Structure in an Open Channel*, proceeding paper of the 34th IAHR World Congress, Brisbane, ISBN 978-0-85825-868-6, pp. 2915-292