

ANALISIS DISTRIBUSI KECEPATAN ALIRAN SERAGAM PADA SALURAN TERBUKA TAMPANG SEGIEMPAT

Cahyono Ikhsan

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret

Jl. Ir. Sutami 36A Surakarta 57126 Telp. 0271 634524

E-mail: Cahyono-UNS@yahoo.com

Abstract

Each design of hydraulic structure needs information of discharge flow. It can be obtained from measuring the velocity within specified time. In practice, this information was less concern. Beside that, data acquisitions in the river often meet many difficulties in obtaining a good data at whole width of river.

In this research the measurement is done using gauge currentmeter. Measurement uses Point Integrated Sampling (PIS) method. The first step begins with selecting section of properties, measuring water temperature, and sloping water surface perpendicular to the streamline. The measurement is conducted at $1/2B$, then to edge at $3/8B$, $2/8B$, $1/8B$ and $1/16 B$. Some parameters from literature and laboratory are needed to compare and correct result from site.

The results show that the maximum value of velocity distribution is close to water level at vertical direction and to center of section ($1/2 B$) at perpendicular to the streamline. The average velocity is obtained at vertical direction with $Y/D = 0,45$ and perpendicular to the streamline is $Z/B = 0,27$.

Keywords:

PIS, velocity distribution

PENDAHULUAN

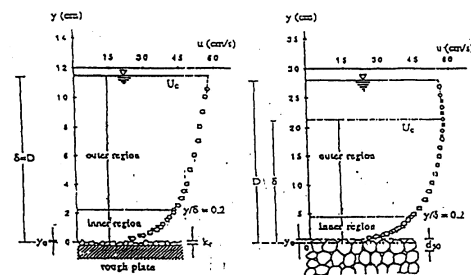
Analisis angkutan sedimen senantiasa membutuhkan data kecepatan aliran dan setiap perencanaan bangunan air akan memperhitungkan masalah angkutan sedimen yang terjadi, bersamaan dengan kecepatan arus pada aliran. Perkiraan kecepatan arus pada suatu aliran dilakukan dengan pengukuran di tempat yang mudah dijangkau pada penampang yang ditinjau bahkan dilakukan secara acak, sehingga hasil yang diperoleh sering tidak dapat mewakili kondisi yang sebenarnya secara tepat. Terjadinya kesalahan dalam pengukuran akan berdampak pada perkiraan jumlah debit aliran yang terjadi sehingga akan berpengaruh terhadap perencanaan bangunan secara keseluruhan.

Memperhatikan masalah tersebut, maka sangat relevan melakukan penelitian pada saluran terbuka dengan tampang segiempat. Pengukuran difokuskan pada distribusi kecepatan menggunakan metode Point Integrated Sampling (PIS) yaitu pengukuran pada titik-titik yang telah ditentukan pada arah vertikal maupun transversal.

Tinjauan Pustaka

Triatmodjo (1990) menyatakan bahwa aliran tersebut permanen jika variabel di suatu titik seperti kedalaman dan kecepatan tidak berubah terhadap waktu. Kironoto (1993) melakukan studi

eksperimental mengenai karakteristik turbulen pada aliran seragam dan tak seragam dengan saluran terbuka dasar kasar. Dianalisis efek dari ketidakseragaman pada aliran turbulen kasar, khususnya efek percepatan dan perlambatan dalam bentuk profil kecepatan rata-rata dan karakteristik turbulen yang terjadi. Hasil penelitian untuk kasus aliran seragam menunjukkan bahwa hukum universal dinding ($Br \approx 8,5$) dapat menjelaskan data pada *inner region* dengan baik, nilai *aspect ratio* $b/H > 5$, kecepatan maksimum terjadi di permukaan aliran, sedangkan pada $b/H < 5$, kecepatan maksimum berada di bawah permukaan aliran.



Gambar 1. Pembagian *inner region* dan *outer region* pada aliran dasar kasar (sumber : Kironoto, 1993)

Pada penelitian tersebut diungkapkan bahwa aliran pada saluran terbuka seperti pada halnya pada lapisan batas (*boundary layer*), aliran dapat dibedakan menjadi dua bagian, yaitu *inner region* dan *outer region*

Kecepatan gesek, U_* , dihitung dengan berdasarkan data pengukuran distribusi kecepatan di daerah *inner region* ($y/\delta \leq 0,2$) bersama-sama dengan persamaan distribusi kecepatan logaritmik (*log-law*) (Kironoto, 1993).

$$\frac{U_y}{U_*} = \frac{1}{\kappa} \ln\left(\frac{y}{k_s}\right) + Br \dots\dots\dots[1]$$

dengan :

- U_y = kecepatan rata-rata titik pada jarak y dari level referensi (cm/dt)
- U_* = kecepatan gesek (cm/dt)
- κ = universal von Karman ($\kappa = 0,4$)
- B = konstanta integrasi numerik (*log-law*)
- k_s = kekasaran dasar equivalen nikuradse (cm)

Data kecepatan hasil pengukuran di wilayah *inner region* diplotkan terhadap nilai $\ln \frac{y}{k_s}$, kemudian dengan nilai pencocokan kurva (*least square fitting*) maka nilai kecepatan gesek (u_*) dan konstanta integrasi numerik (Br) akan diperoleh (dengan $\kappa = 0,4$).

Nikuradse (dalam Mardjiko, 1972) menyatakan bahwa untuk kekasaran seragam pada dinding hidraulik kasar

$$U_y = 5,75.U_* \log\left(\frac{33y}{k_s}\right) \dots\dots\dots[2]$$

dengan :

- u_y = kecepatan pada suatu titik yang berjarak y dari dasar,
- u_* = kecepatan geser,
- k_s = tinggi kekasaran menurut Nikuradse.

Jika dirumuskan maka dapat ditulis bahwa jumlah perkalian kecepatan tiap titik vertikal dengan jarak titik pengukuran dari dasar dibagi jumlah jarak titik pengukurannya dari dasar tersebut, maka menghasilkan kecepatan rerata vertikal tiap titik melintang (\bar{U}_y), untuk selanjutnya dijelaskan pada dirumuskan sebagai berikut:

$$\bar{U}_y = \frac{\int_y^D U_y \cdot d_y}{\int_y^D dy} \dots\dots\dots[3]$$

dan penghitungan kecepatan rerata tampang saluran dapat dirumuskan:

$$\bar{U} = \left[\frac{1}{\frac{z_2}{B} - \frac{z_1}{B}} \int_{\frac{z_1}{B}}^{\frac{z_2}{B}} \bar{U}_y \cdot dz \right] \dots\dots\dots[4]$$

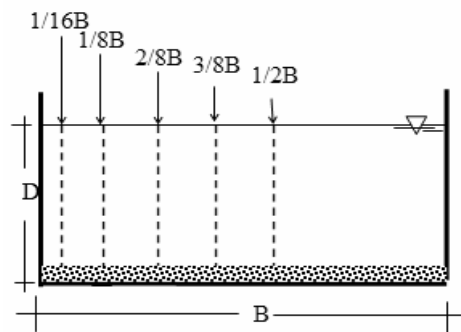
dengan:

- y = titik pengukuran dari dasar (cm)
- \bar{U} = kecepatan rata-rata tampang (cm/dt)
- \bar{U}_y = kecepatan rata-rata vertikal (cm/dt)
- B = lebar penampang (cm)
- Z = jarak pengukuran transversal (cm)

METODE

Pemilihan lokasi penelitian di Saluran Induk Mataram Yogyakarta. Pengukuran dipilih pada lokasi yang berbeda, dengan variasi dimensi tampang, debit, kemiringan dasar saluran dan kekasaran dinding saluran. Alat ukur yang dipakai *Propeler Currentmeter* untuk mengukur kecepatan aliran. Metode yang dipakai yaitu metode *Point Integrated Sampling (PIS)*, mengukur kecepatan di titik tertentu yaitu 5 titik arah transversal dan tiap titik pengukuran arah transversal diukur 12 titik kedalaman vertikal, sehingga total pengukuran tiap tampang sebanyak 60 titik yang berbeda.

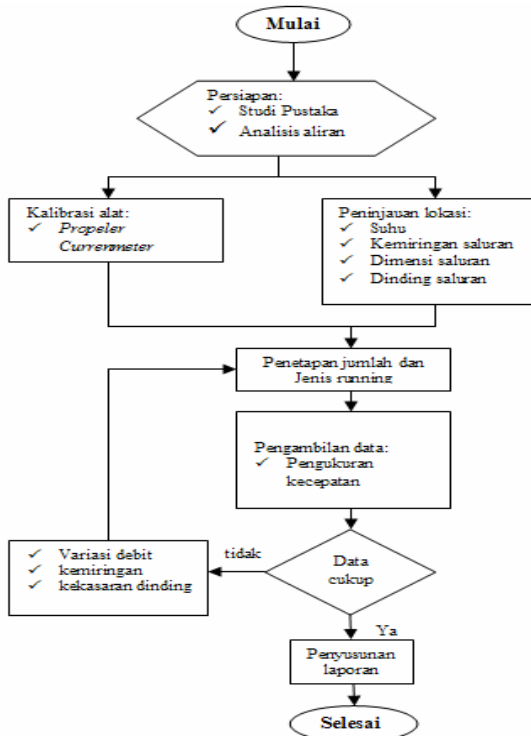
(3.5)



Gambar 2. Lokasi pengukuran vertikal dan transversal

Penelitian ini diambil pada interval $1,4 < b/D < 4,6$. Tahap pengukuran dimulai dengan pemilihan dimensi tampang, pemilihan jenis dinding saluran,

pengukuran suhu air, kemiringan muka air (S_w), dan selanjutnya dilakukan pengukuran yang diawali dari posisi 1/2B (ditengah tampang), lalu pengukuran ketepi pada posisi 3/8B, 2/8B, 1/8B dan 1/16B, untuk lebih jelasnya maka dilihat pada gambar 2 tentang detail pengukuran arah vertikal dan transversal, sedang gambar 3 adalah bagan alir penelitian, sebagai berikut

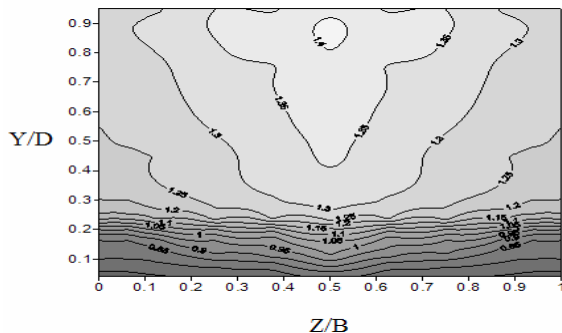


Gambar 3. Bagan alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

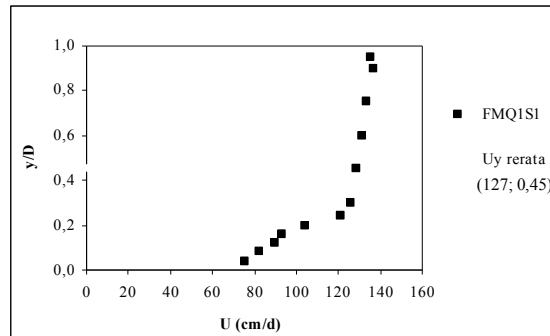
Hasil dan analisis pada penelitian ini diberikan pada Tabel 1.

Kontur distribusi kecepatan tampang segiempat yang diperoleh dari pengukuran adalah sebagai berikut



Gambar 3. Kontur distribusi kecepatan

Tampak kontur distribusi kecepatan aliran pada gambar menggambarkan kecenderungan nilai semakin kecil ketika semakin ke dasar dan semakin keatas diperoleh kondisi maksimal.



Gambar 4. Distribusi kecepatan

Pada gambar diatas tampak grafik tidak bersinggungan pada daerah transisi yaitu daerah antara *inner region* dan *outer region*. Pada garis putus-putus pada tinjauan arah vertikal diperoleh bahwa \bar{U}_y (kecepatan rata-rata) adalah pada posisi $y/D \approx 0.45$ dari dasar saluran yang besarnya 127 cm/dt. Sedangkan bila ditinjau dari arah transversal pada total jarak dari tepi saluran, diperoleh posisi rata-rata pengukuran dari dinding tepi saluran adalah $Z/B \approx 0,27$.

Hasil demikian menunjukkan bahwa kekasaran dinding dan dasar saluran mempengaruhi besarnya kecepatan aliran di setiap titik ketinggian.

Berdasarkan gambar rencana saluran terlihat bahwa dasar saluran adalah berbutir dan dari grafik diagram *grain size* diperoleh diameter butiran medium (dm) = 18 mm, dipakai dalam analisis kecepatan gesek kritis (u_{*cr}) terhadap kecepatan gesek u_* yang terjadi, seperti yang tercantum dalam tabel 2 berikut

Tabel 2. Perhitungan nilai u_{*cr}

Kode Running	u_* (m/det)	u_{*cr} (m/det)
FMQ1S1A	0.0813	0.1265
FMQ2S2A	0.0875	0.1265
FMQ3S3A	0.0563	0.1265
FMQ4S4A	0.0563	0.1265
FMQ5S5A	0.0580	0.1265
FMQ6S6A	0.0810	0.1265
FMQ7S7A	0.0505	0.1265
FMQ8S8A	0.0782	0.1265
FMQ9S9A	0.0414	0.1265
FMQ10S10A	0.0651	0.1265

Tabel 1. Hasil pengukuran dan analisa tampang

Kode	Koord (Z/B)	Sw (-)	D (cm)	t (°C)	B (cm)	Fr (-)	u_* (cm/dt)	\bar{U}_y (cm/dt)	Q (m ³ /dt)
FMQ1S1A	0,5					0.412	8.060	129.034	
FMQ1S1B	0,375					0.396	7.114	124.637	
FMQ1S1C	0,25	0.00067	105	28	350	0.386	6.796	121.476	3.783
FMQ1S1D	0,0125					0.373	5.606	117.172	
FMQ1S1E	0,0625					0.360	4.682	113.55	
FMQ2S2A	0,5					0.428	7.988	134.208	
FMQ2S2B	0,375					0.418	7.326	131.523	
FMQ2S2C	0,25	0.00073	107	28	200	0.402	6.833	126.620	2.097
FMQ2S2D	0,0125					0.370	5.824	116.427	
FMQ2S2E	0,0625					0.322	5.824	101.545	
FMQ3S3A	0,5					0.281	5.925	88.432	
FMQ3S3B	0,375					0.265	4.896	83.678	
FMQ3S3C	0,25	0.00034	98	28	450	0.252	4.422	79.952	3.2059
FMQ3S3D	0,0125					0.239	3.785	75.821	
FMQ3S3E	0,0625					0.223	3.556	70.346	
FMQ4S4A	0,5					0.281	5.925	88.390	
FMQ4S4B	0,375					0.271	5.397	85.525	
FMQ4S4C	0,25	0.00034	95	28	400	0.268	4.443	84.402	3.0119
FMQ4S4D	0,0125					0.261	4.238	82.847	
FMQ4S4E	0,0625					0.258	3.870	81.570	
FMQ5S5A	0,5					0.281	5.925	88.983	
FMQ5S5B	0,375					0.277	5.494	87.187	
FMQ5S5C	0,25	0.00034	95	28	400	0.265	5.257	83.959	3.0263
FMQ5S5D	0,0125					0.268	4.893	84.227	
FMQ5S5E	0,0625					0.252	3.865	79.502	
FMQ6S6A	0,5					0.408	8.157	128.459	
FMQ6S6B	0,375					0.396	7.129	124.771	
FMQ6S6C	0,25	0.00065	103	28	250	0.380	6.464	119.186	2.6568
FMQ6S6D	0,0125					0.365	5.520	114.848	
FMQ6S6E	0,0625					0.335	4.554	105.631	
FMQ7S7A	0,5					0.242	5.032	76.312	
FMQ7S7B	0,375					0.229	4.605	72.445	
FMQ7S7C	0,25	0.00026	100	28	300	0.217	4.205	68.783	1.8614
FMQ7S7D	0,0125					0.201	3.508	66.915	
FMQ7S7E	0,0625					0.201	3.348	63.820	
FMQ8S8A	0,5					0.396	7.627	124.203	
FMQ8S8B	0,375					0.386	6.869	121.025	
FMQ8S8C	0,25	0.00060	104	28	150	0.375	6.088	118.249	1.5792
FMQ8S8D	0,0125					0.362	5.271	113.978	
FMQ8S8E	0,0625					0.351	4.703	110.63	
FMQ9S9A	0,5					0.223	4.445	70.687	
FMQ9S9B	0,375					0.214	3.910	67.685	
FMQ9S9C	0,25	0.00018	97	28	300	0.210	3.705	66.876	1.7773
FMQ9S9D	0,0125					0.204	3.103	64.869	
FMQ9S9E	0,0625					0.198	2.588	62.234	
FMQ10S10A	0,5					0.306	6.79	96.882	
FMQ10S10B	0,375					0.300	6.254	94.641	
FMQ10S10C	0,25	0.00045	96	28	300	0.293	5.932	92.939	2.4498
FMQ10S10D	0,0125					0.278	4.643	87.672	
FMQ10S10E	0,0625					0.268	3.617	84.719	

Keterangan :

Q = debit aliran terukur ; $S_w \approx S_o$ = kemiringan dasar saluran ; D = kedalaman aliran ;

t = temperatur air ; b/D = aspect ratio ; b = lebar saluran ; R = jari-jari hidraulik ;

Re = $4RU/v$ - angka Reynolds ; Fr = $U/(gD)^{0.5}$; \bar{U}_y = kecepatan rata-rata vertikal ;

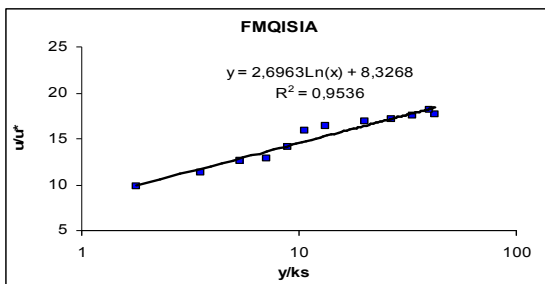
U = kecepatan aliran rata-rata tampang; U_* = kecepatan gesek; g = percepatan grafitasi.

Karena untuk setiap $u_* < u_{*cr}$, maka dapat disimpulkan aliran adalah aliran dengan butiran dasar tidak bergerak.

Profil distribusi kecepatan diplotkan dengan menggunakan data daerah dalam dan daerah luar yang ditulis dalam koordinat u/u_* dan y/ks dalam skala log, sebagai berikut.

Dari gambar 5 nampak bahwa titik-titik pengukuran berada pada satu garis linier, dengan demikian dapat

disimpulkan bahwa Log-low masih dapat digunakan di daerah dalam (*inner region*) dan daerah luar (*outer region*)

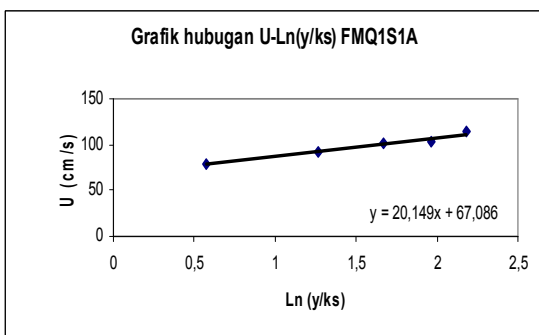


Gambar 5. Skala Log distribusi kecepatan

Metode Clauser memanfaatkan nilai kecepatan pada hasil pengukuran (pada profil kecepatan) dengan persamaan distribusi logaritmik (*log law*)

$\frac{u_y}{u_*} = \frac{1}{\kappa} \ln \frac{y}{k_z} + Br$. Data kecepatan hasil pengukuran di wilayah *inner region* diplotkan terhadap nilai $\ln \frac{y}{ks}$, nilai pencocokan kurva (*least square fitting*) maka nilai kecepatan gesek (u_*) dan konstanta integrasi numerik (Br) akan diperoleh, (dengan nilai $\kappa = 0,4$).

Perhitungan u_* dan Br dengan metode Clauser dapat dilihat pada contoh berikut ini



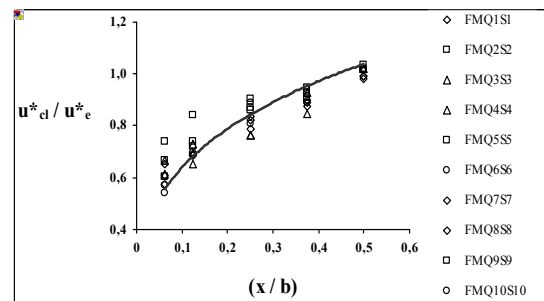
Gambar 6. Analisis kecepatan geser metode Clauser

Tabel 3. Perbandingan nilai u_* dan Br

Kode Run	Br				
	1/2B	3/8B	1/4B	1/8B	1/16B
FMQ1S1	8.323	8.970	9.278	11.307	13.787
FMQ2S2	8.103	8.972	9.446	11.320	11.320
FMQ3S3	8.451	10.560	11.655	13.113	13.692
FMQ4S4	8.539	9.005	11.863	12.292	13.500
FMQ5S5	7.921	8.944	9.082	10.039	12.573
FMQ6S6	8.991	10.474	11.236	12.993	14.944
FMQ7S7	8.694	9.125	9.676	11.931	12.408
FMQ8S8	8.503	9.465	11.086	12.511	13.535
FMQ9S9	8.828	9.858	10.268	12.413	15.074
FMQ10S10	8.613	9.335	9.832	12.508	16.502

Nilai Br pada kondisi bagian tengah (1/2B) masih pada batas yang ditentukan, tetapi semakin besar bahkan melebihi batasnya ($8,5 \pm 10\%$) pada pengukuran mendekati dinding saluran.

Perbandingan penelitian yang dilakukan antara metode Clauser dengan metode Persamaan Energi (lihat gambar 7). Nampak bahwa nilai kecepatan gesek metode Clauser semakin ketengah (1/2 B) mendekati dengan nilai persamaan Energi (rasio mendekati 1), tetapi semakin kecil bila mendekati tepi saluran, disebabkan pengaruh kekasaran dinding tepi saluran.



Gambar 7. Perbandingan metode Clauser dengan Persamaan Energi

SIMPULAN

1. Pengukuran \bar{U} kecepatan aliran tiap tampang akan memberikan nilai rata-rata secara vertikal yaitu pada $y \approx 0,45D$ dan rata-rata transversal $Z \approx 0,27B$
2. Nilai maksimum dari distribusi kecepatan yang dihasilkan terjadi mendekati muka air pada arah vertikal dan pada tengah tampang (1/2B)
3. Nilai kecepatan gesek metode Clauser semakin ketengah (1/2 B) mendekati dengan nilai persamaan Energi (rasio mendekati 1)

Saran

1. Untuk penelitian lapangan sejenis atau yang lebih kompleks, perlu dilakukan pengukuran

terhadap titik-titik yang lebih banyak dan bentuk tampang yang lain misalnya trapesium.

2. Perlu penelitian yang lebih detail untuk mencari persamaan yang dapat menghubungkan kurva pada distribusi kecepatan.

REFERENSI

Kironoto, B.A., 1993, "Turbulence Characteristics of Uniform and Non-Uniform Rough Open-

Channel Flow", Doctoral Dissertation No.1094, Ecole Polytechnique Federale de Lausanne (EPFL), Switzerland.

Triatmodjo, B., 1996 "Hidraulika II", Edisi kedua, Beta Offset, Yogyakarta.

Yang, C.T., 1996, "Sediment Transport Theory and Practice", The Mc Graw-Hill Companies, Inc, United States of America.