

KAJIAN LOKASI PENGAMBILAN SAMPEL SEDIMEN SUSPENSI ARAH TRANSVERSAL TERHADAP NILAI KONSENTRASI SEDIMEN SUSPENSI RATA-RATA TAMPANG

(Perbandingan Data Pengukuran Laboratorium dan Lapangan)

STUDY ON SUSPENDED SEDIMENT SAMPLING LOCATION IN TRANSVERSAL DIRECTION TO ITS AVERAGE CROSS-SECTION CONCENTRATION (Comparison between Laboratory and Field Data)

Bambang Agus Kironoto¹⁾

¹⁾ Staf pengajar Jurusan Teknik Sipil dan Pascasarjana, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada
Jl. Grafika No. 2 Yogyakarta 55281; email : kironoto12117@yahoo.co.id

ABSTRACT

Sampling of suspended sediment in the field is often conducted not in accordance with the appropriate sampling standards due to many constraints found in the field. Theoretically, sampling of suspended sediment should be taken in the whole flow-cross section, from the left to the right side of channel, and from the bottom to the free water surface. However, due to constraints found in the field, sampling of suspended sediments are often only taken at certain (transversal) positions of the channel. This will lead to inaccuracies in the prediction of suspended sediment discharge. This article analyzes how the sediment concentration taken in certain transversal positions of the channel relate to their cross-sections averaged values, either for data obtained in the laboratory, and for data obtained in the field. 125 profiles of suspended sediment concentration of laboratory data – measured in the flume at 5 different positions in transversal direction –, and 50 profiles of field data – measured in Mataram irrigation channel at 5 different positions – are analyzed in this article, in which, for each flow run, the depth averaged of and the cross-section averaged of suspended sediment concentrations are calculated and compared. The findings of the data analyzed in this article show that the nearer to the wall, the suspended sediment concentration, \bar{C}_y/\bar{C} , tend to decrease, whereas the nearer to the center of the channel, \bar{C}_y/\bar{C} , tend to increase. The values of \bar{C}_y/\bar{C} , of the field data are found to be smaller than the ones of laboratory data, that is for the data near to the wall; whereas to be larger in the center of the channel. Although the trend curves of \bar{C}_y/\bar{C} for the laboratory and the field data are relatively difference, however the positions where, $\bar{C}_y/\bar{C} = 1$, are almost the same, i.e., at $z/B \cong 0,2$. This results mean that the cross-section averaged of suspended sediment concentration can be obtained from the sampling of suspended sediment concentration at a point of $z \cong 0.20 B$, where B is the channel width.

Keywords : *sediment sampling locations, sediment concentration distributions, depth and cross-section averaged suspended sediment concentrations.*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pada pekerjaan-pekerjaan keteknik-sipil dari berbagai aspek teknik hidro seperti misalnya pekerjaan perancangan bangunan-bangunan irigasi (*intake*, saluran irigasi, dll), bangunan embung, waduk, dll, informasi tentang angkutan sedimen suspensi seringkali sangat dibutuhkan. Untuk menentukan angkutan sedimen suspensi, metode yang paling banyak digunakan dan cukup dapat diandalkan adalah dengan cara pengambilan sampel sedimen suspensi langsung di lapangan, yang dimaksudkan untuk mengetahui konsentrasi sedimen suspensinya. Bersama-sama dengan pengukuran debit aliran, debit sedimen suspensi dapat ditentukan.

Debit sedimen suspensi dapat diperoleh dengan cara mengalikan konsentrasi sedimen suspensi — dari hasil pengambilan sampel sedimen — dengan debit aliran. Idealnya pengambilan sampel sedimen suspensi dilakukan dari tepi sungai yang satu ke tepi sungai lainnya, dan dari dasar sungai sampai dengan muka air. Namun banyaknya kendala yang dihadapi selama pengukuran di lapangan, mengakibatkan metode baku pengambilan sampel sedimen suspensi seringkali tidak dapat dilakukan sesuai dengan standar pengambilan sampel yang benar, yang berakibat pada ketidaktepatan hasil prediksi debit sedimen suspensi yang diperoleh. Pengambilan sampel sedimen suspensi seringkali hanya dilakukan pada titik-titik tertentu saja pada arah melintang / transversal, khususnya pada titik-titik yang mudah

dijangkau, bahkan seringkali pengambilan sampel hanya dilakukan di tepi sungai saja.

Mempertimbangkan permasalahan tersebut, dalam tulisan ini akan dikaji korelasi antara lokasi pengambilan sampel sedimen suspensi pada titik-titik tertentu pada arah melintang / transversal, terhadap nilai konsentrasi sedimen suspensi rata-rata tampang. Kajian tentang lokasi pengambilan sampel sedimen suspensi arah melintang (transversal) sudah dilakukan oleh Kironoto, dkk (2004), namun kajian masih terbatas pada data pengukuran di laboratorium, dan hasil-hasil yang diperoleh masih perlu diverifikasi untuk dapat diterapkan di lapangan. Seberapa jauh hasil-hasil penelitian yang diperoleh di laboratorium masih dapat diterapkan di lapangan akan dikaji lebih lanjut dalam tulisan ini. Kajian dilakukan berdasarkan, baik data pengukuran laboratorium yang telah diperoleh sebelumnya oleh Kironoto, dkk (2004), maupun dengan berdasarkan data pengukuran lapangan yang telah diperoleh sebelumnya oleh Kironoto dan Ikhsan (2005), yaitu pengukuran lapangan di Saluran Induk Mataram, Yogyakarta.

Tinjauan Pustaka

Coleman (1981, 1986) melaporkan bahwa adanya *bed load* mempengaruhi kandungan konsentrasi sedimen suspensi, yang juga mempengaruhi bentuk distribusi kecepatan dan distribusi konsentrasi sedimen suspensi.

Atmodjo (2001), Zainuddin dan Kironoto (2003), dan Kironoto, dkk (2004) melakukan pengukuran distribusi konsentrasi sedimen suspensi pada saluran terbuka di laboratorium, dengan menggunakan peralatan *optical silt measuring instruments* tipe Foslim *probe-set*. Hasil yang diperoleh menunjukkan kesesuaian yang baik dengan hasil pengukuran yang diperoleh berdasarkan pengambilan sampel konvensional (dengan botol sampel); hasil yang diperoleh juga menunjukkan kesesuaian yang baik dengan teori-teori di literatur.

Kironoto dan Ikhsan (2005) melakukan pengukuran distribusi konsentrasi sedimen suspensi di lapangan, yaitu pada Saluran Irigasi Mataram, Yogyakarta, dengan menggunakan peralatan *optical silt measuring instruments* tipe Opcon *probe-set*. Hasil yang diperoleh juga menunjukkan kesesuaian yang baik dengan hasil pengukuran yang didasarkan pada pengambilan sampel secara konvensional (dengan botol sampel) dan sesuai dengan teori-teori di literatur.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Kironoto, dkk (2004) di laboratorium, diketahui korelasi antara lokasi pengambilan sampel sedimen suspensi (dan debit aliran) dengan debit sedimen suspensi rata-rata tampang. Dari hasil penelitian

yang dilakukan diketahui pula bahwa debit sedimen suspensi yang ditentukan berdasarkan data sampel sedimen suspensi di tepi saluran akan memberikan prediksi debit sedimen suspensi yang terlalu kecil, sebaliknya bila didasarkan pada sampel sedimen di tengah saluran akan memberikan prediksi yang terlalu besar. Sehubungan dengan itu, telah diusulkan suatu faktor koreksi, bilamana pengambilan sampel sedimen suspensi tetap dilakukan pada titik-titik tertentu pada arah transversal. Lokasi titik pengambilan sampel sedimen suspensi arah transversal yang memberikan nilai faktor koreksi 1, terjadi pada posisi $z = 0,195 B \approx 0,2 B$, dengan B adalah lebar saluran.

METODE PENELITIAN

Data untuk Analisis

Data yang dipergunakan dalam tulisan ini adalah merupakan data pengukuran laboratorium yang telah diperoleh sebelumnya oleh Kironoto, dkk (2004), dan data pengukuran lapangan (Saluran Irigasi Mataram) oleh Kironoto dan Ikhsan (2005).

Untuk data pengukuran laboratorium, sebanyak 125 data pengukuran distribusi konsentrasi sedimen suspensi digunakan dalam analisis tulisan ini, yang meliputi data distribusi konsentrasi sedimen suspensi pada aliran seragam bersedimen suspensi tanpa *bed load* (50 data distribusi), dan dengan *bed load* (75 data distribusi). Data pengukuran tersebut diperoleh di laboratorium, pada *sediment-recirculating flume* yang ada di PS-IT UGM, dengan 5 variasi debit aliran dan 5 variasi kemiringan dasar. Dimensi saluran yang digunakan oleh Kironoto dkk (2004) adalah, panjang 10 m, lebar 0.6 m dan tinggi 1.0 m; dasar saluran berupa material pasir halus, dengan nilai kekasaran dasar, $k_s = 0.072$ cm. Parameter utama dari data aliran yang digunakan diberikan pada Tabel 1.

Untuk data pengukuran lapangan yang diperoleh dari Saluran Irigasi Mataram, Yogyakarta, sebanyak 50 data pengukuran distribusi konsentrasi sedimen suspensi digunakan dalam tulisan ini. Data tersebut diperoleh dari 10 tampang (segi empat) yang berbeda di Saluran Mataram, Yogyakarta. Parameter utama dari data aliran yang digunakan diberikan pada Tabel 2.

Untuk setiap *running* aliran pada data laboratorium, misal RUN RQ1S1, ada 5 pengukuran data distribusi konsentrasi sedimen suspensi (dan distribusi kecepatan), dari tengah saluran ke arah tepi, yaitu pada $1/2B$, $1/4B$, $1/8B$, $1/16B$ dan $1/30B$, seperti diberikan pada Gambar 1a. Pengukuran distribusi konsentrasi sedimen suspensi menggunakan Foslim *probe set*. Untuk setiap

running aliran, digunakan kode data yang terdiri dari lima digit berupa huruf dan angka. Kode huruf pertama, **R** dan **M**, menggambarkan bahwa aliran diperoleh pada kondisi tanpa *bed load* (*rest*) dan dengan *bed load* (*move*). Kode digit kedua menunjukkan debit (**Q**), dengan variasi debitnya diberikan dengan angka dibelakangnya. Kode digit ke-empat adalah variasi kemiringan dasar (*slope*) yang diberikan kode **S** dan ditambahkan angka sebagai kode urutan variasinya.

Untuk *running* aliran dari data lapangan, misal RUN FMQ1S1, terdapat 5 pengukuran distribusi konsentrasi sedimen suspensi (dan distribusi kecepatan), dari tengah saluran ke arah tepi, yaitu

pada $1/2B$, $3/8B$, $1/4B$, $1/8B$, dan $1/16B$ (Gambar 1b), yang diukur dengan menggunakan Opcon *probe set*. Kemiringan dasar saluran didekati dengan kemiringan muka air, yang diukur dengan menggunakan *water pass*. Nilai tinggi kekasaran dasar adalah, $k_s = 2.25$ cm. Pada setiap *running* aliran, pada setiap data digunakan kode nama yang terdiri dari enam digit berupa huruf dan angka, dengan makna seperti pada data pengukuran laboratorium, perbedaannya hanya terletak pada huruf pertama, **F**, yang dimaksudkan untuk menggambarkan bahwa aliran diperoleh di lapangan (*Field*).

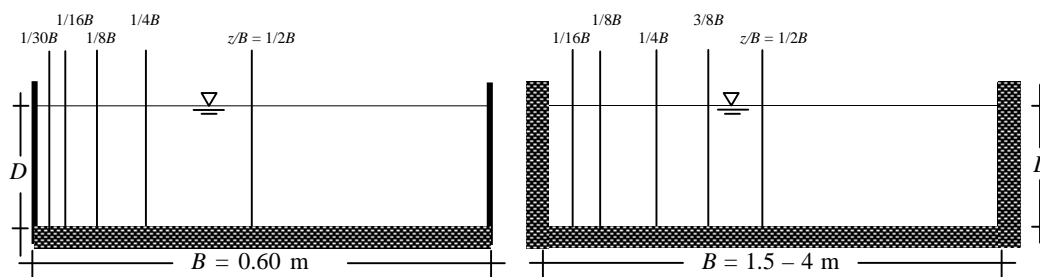
Tabel 1. Parameter utama data aliran yang dipergunakan (data laboratorium)

Run	S_o	D	B/D	U	Q	Re	Fr	q_b'
	(-)	(cm)	(-)	(cm/dt)	(lt/dt)	(-) 10^{-6}	(-)	(gr/dt)
RQ1S1	0.0005	12	5	20.861	15.02	0.85	0.192	-
RQ1S2	0.001	10.7	5.61	23.395		0.87	0.228	-
RQ1S3	0.0015	10.4	5.77	24.071		0.88	0.238	-
RQ1S4	0.002	10	6	25.033		0.95	0.253	-
RQ1S5	0.0025	9.2	6.52	27.21		0.93	0.286	-
RQ2S1	0.0005	12.8	4.69	23.62	18.14	1.07	0.211	-
RQ2S2	0.001	12.1	4.96	24.986		1.02	0.229	-
RQ2S3	0.0015	11.2	5.36	26.994		1.12	0.258	-
RQ2S4	0.002	10.7	5.61	28.255		1.08	0.276	-
RQ2S5	0.0025	9.5	6.32	31.824		1.14	0.33	-
MQ3S1	0.0005	15.5	3.87	25.086	23.33	1.24	0.203	0.006
MQ3S2	0.001	15.1	3.97	25.751		1.34	0.212	0.014
MQ3S3	0.0015	14.6	4.11	26.632		1.24	0.223	0.021
MQ3S4	0.002	14.1	4.26	27.577		1.37	0.235	0.031
MQ3S5	0.0025	13.7	4.38	28.382		1.30	0.245	0.036
MQ4S1	0.0005	15.8	3.8	27.901	26.45	1.37	0.224	0.015
MQ4S2	0.001	15.4	3.9	28.625		1.45	0.233	0.022
MQ4S3	0.0015	15.2	3.95	29.002		1.42	0.238	0.026
MQ4S4	0.002	14.7	4.08	29.989		1.50	0.25	0.036
MQ4S5	0.0025	14.3	4.2	30.827		1.49	0.26	0.041
MQ5S1	0.0005	16.8	3.57	29.335	29.57	1.53	0.229	0.017
MQ5S2	0.001	16.5	3.64	29.869		1.54	0.235	0.028
MQ5S3	0.0015	16.0	3.75	30.802		1.63	0.246	0.029
MQ5S4	0.002	15.7	3.82	31.391		1.53	0.253	0.044
MQ5S5	0.0025	15.3	3.92	32.211		1.65	0.263	0.054

Tabel 2. Parameter utama data aliran yang dipergunakan (data lapangan)

RUN	S_o	B	D	B/D	U	Q	Re	Fr	Lokasi Pengukuran	Dinding Saluran
	(-)	(m)	(m)	(-)	(m/dt)	(m ³ /dt)	(-) 10^6	(-)		
FMQ1S1	0.00067	3.50	1.05	3.33	1.187	2.182	3.12	0.39	Desa Tridadi	Pas. Batu Kali
FMQ2S2	0.00073	2.00	1.07	1.87	1.174	1.369	2.43	0.39	Jln. Magelang	Beton
FMQ3S3	0.00034	4.50	0.98	4.59	0.775	1.340	2.12	0.25	Monjali	Pas. Batu Kali
FMQ4S4	0.00034	4.00	0.95	4.21	0.821	1.382	2.11	0.27	Monjali	Beton
FMQ5S5	0.00034	2.50	0.95	2.43	0.848	1.412	1.92	0.38	Pogung	Pas. Batu Kali
FMQ6S6	0.00065	2.50	1.03	2.43	1.188	2.183	2.68	0.38	Gejayan	Pas. Batu Kali
FMQ7S7	0.00026	3.00	1.00	3.00	0.699	1.285	1.68	0.22	Gejayan	Beton
FMQ8S8	0.00060	1.50	1.04	1.44	1.176	2.161	2.05	0.37	Gejayan	Beton
FMQ9S9	0.00018	3.00	0.97	3.09	0.660	1.212	1.55	0.21	Pugeran	Pas. Batu Kali
FMQ10S10	0.00045	3.00	0.96	3.13	0.911	1.673	2.13	0.29	Pugeran	Pas. Batu Kali

Keterangan : Q = debit aliran terukur ; S_o = kemiringan dasar saluran ; D = kedalaman aliran ; B/D = aspect ratio ; B = lebar flume/saluran (= 60 cm; untuk saluran laboratorium; untuk data lapangan B bervariasi); ν = viskositas kinematik ; R = jari-jari hidraulis ($A/(2D + B)$) ; $Re = 4RU/\nu$ – angka Reynolds; $Fr = U/(gD)^{0.5}$; U = kecepatan aliran; qb' = angkutan sedimen dasar (*bedload*) /satuan waktu; untuk data lapangan tidak dilakukan pengukuran *bed-load*



Gambar 1. Lokasi pengukuran distribusi konsentrasi sedimen suspensi arah transversal (a. pengukuran laboratorium ; b. pengukuran lapangan)

Metode Hitungan

Untuk mendapatkan korelasi antara lokasi pengambilan sampel sedimen suspensi dengan konsentrasi sedimen suspensi rata-rata, dihitung nilai konsentrasi sedimen suspensi rata-rata vertikal pada lokasi-lokasi pengukuran arah transversal, dan nilai konsentrasi sedimen suspensi rata-rata tampang, berdasarkan data pengukuran distribusi konsentrasi sedimen suspensi di beberapa lokasi arah transversal. Konsentrasi sedimen suspensi rata-rata arah vertikal, \bar{C}_y , diperoleh dengan mengintegrasikan data hasil pengukuran distribusi konsentrasi sedimen suspensi terhadap jaraknya dari dasar, dengan berdasarkan persamaan sebagai berikut :

$$\bar{C}_y = \int_y^D C dy / \int_y^D dy \quad (1)$$

Sedangkan nilai konsentrasi sedimen suspensi rata-rata tampang saluran (\bar{C}) diperoleh dengan mengalikan konsentrasi sedimen suspensi rata-rata vertikal (\bar{C}_y) dengan luasan (pias aliran) masing-masing, kemudian dibagi dengan total luasan tampang (Graf, 1984), seperti diberikan menurut persamaan sebagai berikut :

$$\bar{C} = \frac{\bar{C}_{y1} \cdot A_1 + 2(\bar{C}_{y2} \cdot A_2) + \dots + 2(\bar{C}_{yn} \cdot A_n)}{A_{total}} \quad (2)$$

dimana D = kedalaman aliran (cm), C = konsentrasi sedimen suspensi pada titik y dari dasar (gr/l) , \bar{C}_y = konsentrasi sedimen suspensi rata-rata vertikal (gr/l), \bar{C} = konsentrasi sedimen suspensi rata-rata tampang (gr/l), \bar{C}_{y1} ; \bar{C}_{yn} = konsentrasi sedimen suspensi rata-

rata vertikal pada pias aliran ke-1 dan ke- n (gr/l), $A_1; A_n = 1$ luas tampang pias aliran ke-1 dan ke- n (cm^2 atau m^2) A_{total} = luas tampang aliran (cm^2 atau m^2).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dengan berdasarkan persamaan 1 dan 2 di atas, nilai konsentrasi sedimen suspensi rata-rata vertikal dan rata-rata tampang dapat dihitung. Hasil perhitungan konsentrasi sedimen suspensi rata-rata vertikal (\bar{C}_y) dan rata-rata tampang saluran (\bar{C}) untuk seluruh data yang digunakan dalam analisa ini diberikan pada Tabel 3 dan Tabel 4, yang berturut-turut untuk data pengukuran laboratorium dan data pengukuran lapangan. Untuk mencari korelasi antara konsentrasi sedimen suspensi rata-rata vertikal yang diukur pada posisi-posisi arah transversal / melintang dengan nilai konsentrasi sedimen suspensi rata-rata

tampang, \bar{C} , pada Gambar 2 diplotkan nilai \bar{C}_y/\bar{C} sebagai fungsi dengan (z/B).

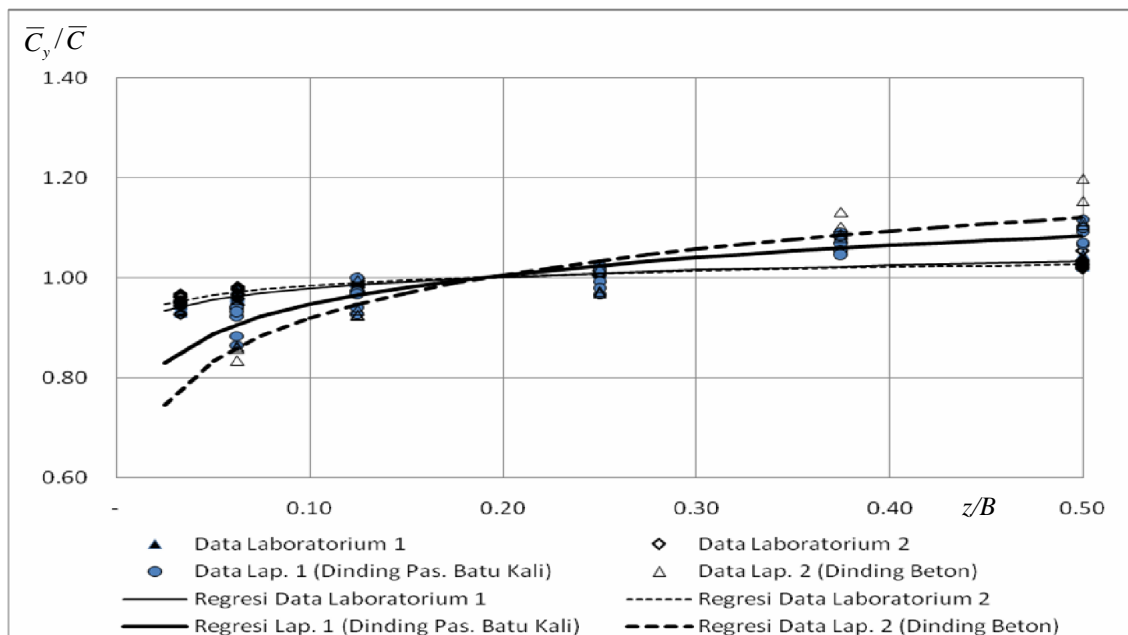
Dari plot data pada Gambar 2 dapat juga diketahui posisi titik arah transversal (z/B) yang memberikan nilai $\bar{C}_y/\bar{C} = 1$. Hasil perhitungan nilai \bar{C}_y/\bar{C} untuk seluruh tampang diperlihatkan pada Gambar 2 di bawah, baik untuk data pengukuran laboratorium maupun data lapangan. Untuk data pengukuran laboratorium, dibedakan sebagai data laboratorium 1, yaitu data aliran tanpa angkutan sedimen dasar (*bed load*), dan data laboratorium 2, yaitu data untuk aliran dengan *bed load*. Untuk data pengukuran lapangan juga dibedakan menjadi 2, yaitu data lapangan 1, yaitu data pada saluran dengan dinding pasangan batu, dan data lapangan 2, yaitu data pada aliran dengan dinding dari beton.

Tabel 3. Nilai konsentrasi sedimen suspensi rata-rata vertical, \bar{C}_y , dan rata-rata tampang, \bar{C} (data pengukuran laboratorium)

Run	\bar{C}_y (gr/l)					\bar{C} (gr/l)
	1/2B	1/4B	1/8B	1/16B	1/30B	
RQ1S1	1.18	1.15	1.13	1.10	1.08	1.14
RQ1S2	1.20	1.16	1.14	1.10	1.07	1.15
RQ1S3	1.19	1.16	1.14	1.11	1.08	1.15
RQ1S4	1.19	1.16	1.13	1.11	1.08	1.15
RQ1S5	1.20	1.16	1.15	1.11	1.09	1.16
RQ2S1	1.35	1.29	1.27	1.24	1.23	1.29
RQ2S2	1.33	1.30	1.26	1.24	1.22	1.29
RQ2S3	1.31	1.29	1.27	1.24	1.22	1.28
RQ2S4	1.33	1.29	1.27	1.25	1.22	1.28
RQ2S5	1.33	1.30	1.27	1.24	1.22	1.29
MQ3S1	1.48	1.44	1.41	1.37	1.35	1.43
MQ3S2	1.46	1.43	1.40	1.37	1.34	1.42
MQ3S3	1.46	1.43	1.41	1.37	1.35	1.42
MQ3S4	1.56	1.50	1.44	1.40	1.37	1.48
MQ3S5	1.47	1.44	1.41	1.38	1.36	1.43
MQ4S1	1.59	1.57	1.54	1.51	1.49	1.56
MQ4S2	1.60	1.57	1.54	1.51	1.48	1.56
MQ4S3	1.61	1.59	1.53	1.51	1.48	1.56
MQ4S4	1.71	1.69	1.68	1.64	1.62	1.68
MQ4S5	1.73	1.69	1.67	1.64	1.60	1.68
MQ5S1	1.85	1.82	1.79	1.77	1.74	1.81
MQ5S2	1.86	1.82	1.80	1.78	1.74	1.81
MQ5S3	1.85	1.81	1.78	1.76	1.74	1.80
MQ5S4	1.85	1.81	1.79	1.76	1.73	1.80
MQ5S5	1.85	1.82	1.79	1.77	1.74	1.81

Tabel 4. Nilai konsentrasi sedimen suspensi rata-rata vertikal dan rata-rata tampang (data pengukuran lapangan; Saluran Irigasi Mataram)

Run	\bar{C}_y (gr/l)					\bar{C} (gr/l)
	1/2B	3/8B	1/4B	1/8B	1/16B	
FMQ1S1	6.019	5.967	5.633	5.5132	5.184	5.509
FMQ2S2	5.582	5.483	5.146	5.022	4.826	5.052
FMQ3S3	4.334	4.232	3.936	3.771	3.575	3.880
FMQ4S4	2.779	2.621	2.253	2.168	1.997	2.317
FMQ5S5	3.439	3.338	3.024	2.903	2.704	3.128
FMQ6S6	6.155	6.075	5.738	5.617	5.418	5.776
FMQ7S7	3.282	3.186	2.857	2.729	2.529	2.949
FMQ8S8	5.767	5.633	5.459	5.207	5.016	5.392
FMQ9S9	2.983	2.849	2.513	2.389	2.159	2.586
FMQ10S10	3.643	3.584	3.244	3.114	2.923	3.312



Gambar 2. Plot nilai (\bar{C}_y/\bar{C}) terhadap (z/B) untuk data pengukuran laboratorium dan

Untuk seluruh data pada Gambar 2, tampak bahwa ke arah tepi saluran, plot data nilai \bar{C}_y/\bar{C} versus z/B , secara umum mempunyai trend yang semakin mengecil, dan sebaliknya ke arah tengah saluran, nilai \bar{C}_y/\bar{C} semakin membesar. Dari gambar ini dapat pula disimpulkan bahwa pengambilan sampel sedimen suspensi yang hanya dilakukan di tepi saluran / sungai akan memberikan nilai konsentrasi sedimen suspensi yang terlalu kecil dibandingkan dengan nilai rata-ratanya ($\bar{C}_y/\bar{C} < 1$), sebaliknya pengambilan sampel sedimen suspensi yang hanya dilakukan di tengah saluran saja akan

memberikan nilai konsentrasi sedimen suspensi yang terlalu besar dibandingkan dengan nilai rata-ratanya ($\bar{C}_y/\bar{C} > 1$).

Perbandingan antara data pengukuran laboratorium dengan data pengukuran lapangan memperlihatkan trend kurva yang relatif berbeda. Di tepi saluran, nilai \bar{C}_y/\bar{C} untuk data pengukuran lapangan cenderung lebih kecil dibandingkan dengan data pengukuran laboratorium, dan trend yang sebaliknya terjadi untuk data pengukuran di tengah saluran. Untuk data pengukuran laboratorium sendiri, tidak ada perbedaan yang signifikan antara data yang

diperoleh pada aliran dengan dan tanpa angkutan sedimen dasar (*bed load*). Sedangkan untuk data pengukuran lapangan, seperti diberikan pada Gambar 2, di tepi saluran, data yang diperoleh pada saluran dengan dinding pasangan batu kali, mempunyai nilai \bar{C}_y/\bar{C} yang lebih kecil dibandingkan dengan nilai \bar{C}_y/\bar{C} pada saluran dengan dinding beton; kondisi sebaliknya terjadi di tengah saluran. Melihat *trend* kurva pada Gambar 2 di atas, adanya perbedaan kekasaran dinding saluran menjadi salah satu faktor utama penyebab perbedaan *trend* kurva, dimana terdapat 3 jenis kekasaran dinding saluran pada data dalam Gambar 2, yaitu dinding saluran halus (dinding kaca) untuk data saluran di laboratorium, dan dinding saluran kasar (dinding pasangan batu kali dan dinding beton) untuk data lapangan. Kondisi ini sesuai dengan konsep pergerakan aliran, bahwasanya kecepatan aliran di tepi saluran akan mengecil akibat pengaruh gesekan dinding saluran. Makin kasar dinding saluran, makin besar pengurangan kecepatan aliran ke arah tepi saluran, yang diikuti dengan makin kecilnya transpor sedimen suspensi (konsentrasi sedimen suspensi) ke arah tepi saluran.

Meskipun *trend* bentuk kurve *plot* (\bar{C}_y/\bar{C}) *versus* (z/B) untuk data pengukuran laboratorium dan data pengukuran lapangan berbeda, namun posisi titik pengukuran dimana $\bar{C}_y/\bar{C} = 1$ relatif sama, yaitu pada $z/B \cong 0,2$. Dengan kata lain dapat disimpulkan bahwa pengambilan sampel sedimen suspensi pada posisi $z/B \cong 0,2$, akan dapat memberikan gambaran nilai konsentrasi sedimen suspensi rata-rata tampang, atau debit sedimen suspensi dapat dihitung berdasarkan data pengambilan sampel sedimen suspensi pada $z/B = 0,2$, dikalikan dengan debit aliran.

Berdasarkan plot data nilai (\bar{C}_y/\bar{C}) terhadap (z/B), dapat dicari korelasi / persamaan regresinya, seperti diberikan berikut ini.

➤ Data pengukuran laboratorium (dinding halus : dinding kaca; dengan dan tanpa *bed load*) :

$$\left[\frac{\bar{C}_y}{\bar{C}} \right]_{z/B} = 0.03 \ln \left(\frac{z}{B} \right) + 1.05 \quad (3)$$

➤ Data pengukuran lapangan 1 (dinding kasar: dinding pasangan batu kali) :

$$\left[\frac{\bar{C}_y}{\bar{C}} \right]_{z/B} = 0.085 \ln \left(\frac{z}{B} \right) + 1.14 \quad (4)$$

➤ Data pengukuran lapangan 2 (dinding kasar: dinding beton) :

$$\left[\frac{\bar{C}_y}{\bar{C}} \right]_{z/B} = 0.125 \ln \left(\frac{z}{B} \right) + 1.21 \quad (5)$$

dengan \bar{C}_y = konsentrasi sedimen suspensi rata-rata vertikal, \bar{C} = konsentrasi sedimen suspensi rata-rata tampang saluran, z/B = jarak pengukuran arah transversal dari tepi saluran.

KESIMPULAN

Dari hasil analisis terhadap data konsentrasi sedimen suspensi, baik data yang diperoleh dari laboratorium maupun dari lapangan, dapat diperoleh beberapa kesimpulan berikut ini.

1. Nilai konsentrasi sedimen suspensi rata-rata vertikal terhadap nilai konsentrasi sedimen suspensi rata-rata tampang, \bar{C}_y/\bar{C} , cenderung semakin mengecil ke arah dinding (tepi) saluran, dan sebaliknya ke arah tengah saluran, nilai \bar{C}_y/\bar{C} semakin membesar.
2. Perbandingan antara data pengukuran laboratorium dengan data pengukuran lapangan memperlihatkan *trend* kurva yang relatif berbeda. Di tepi saluran, nilai \bar{C}_y/\bar{C} untuk data pengukuran lapangan cenderung lebih kecil dibandingkan dengan data pengukuran laboratorium, dan *trend* yang sebaliknya terjadi untuk data pengukuran di tengah saluran; perbedaan kekasaran dinding saluran menjadi salah satu faktor utama penyebab perbedaan *trend* kurva.
3. Posisi titik pengukuran dimana $\bar{C}_y/\bar{C} = 1$ relatif sama untuk data laboratorium dan data lapangan, yaitu pada $z/B \cong 0,2$, yang dapat diartikan bahwa pengambilan sampel sedimen suspensi pada posisi $z/B \cong 0,2$, akan dapat memberikan gambaran nilai konsentrasi sedimen suspensi rata-rata tampang. Hasil ini diperoleh untuk tampang saluran segi empat; untuk bentuk tampang yang lain masih perlu dilakukan penelitian lebih lanjut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tulisan ini didasarkan pada analisis lanjutan dari data pengukuran yang telah diperoleh sebelumnya oleh Kironoto dkk (2004) dan oleh Kironoto dan Ikhsan (2005). Penulis mengucapkan terima kasih kepada Totoh Andoyono, ST., MT., Fransiska Yustiana, ST., MT., dan Chairul Muharis,

ST., MT., yang telah membantu proses penelitian dalam Kironoto dkk (2004), dan Cahyono Ikhsan, ST., MT., Syahid Indrajaya, ST, dan Bastin Yungga, ST, yang telah membantu proses penelitian dalam Kironoto dan Ikhsan (2005), sehingga mempermudah penulis dalam melakukan analisis data lebih lanjut dalam tulisan ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Direktorat PPPM, Dirjen Dikti, yang telah memberikan *support* dana penelitian Hibah Bersaing XII/1 Th. Anggaran 2004, dalam Kironoto dkk (2004), dan Hibah Bersaing XII/2 Th. Anggaran 2005, dalam Kironoto dan Ikhsan (2005) sehingga penelitian dan tulisan ini dapat terwujud.

DAFTAR PUSTAKA

- Atmodjo, U.S., 2001, Distribusi Sedimen Suspensi Pada Aliran Seragam Saat Awal Gerak Butiran Sedimen Dasar, *Tesis S-2 Teknik Sipil*, Sekolah Pascasarjana UGM, Yogyakarta.
- Coleman, N. L., 1981, Velocity profiles with suspended sediment., *J. Hydr. Res.*, 19(3), 211–229.
- Coleman, N. L., 1986, Effects of Suspended on the Open-Channel Velocity Distribution, *J. Water Resources Research*, Vol. 22, No. 10.
- Graf, W.H., 1984, *Hydraulics of Sediment Transport*, McGraw-Hill Book Company, New York.
- Kironoto, B.A., Andoyono, T., Yustiana, F, dan Muharis, C., 2004, Kajian Metode Pengambilan Sampel Sedimen Suspensi Sebagai Dasar Penentuan Debit Sedimen Pada Saluran Terbuka, *Penelitian Hibah Bersaing, XII/1-Th. Anggaran 2004*, Lembaga Penelitian, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Kironoto, B.A., dan Ikhsan, C., 2005, Kajian Metode Pengambilan Sampel Sedimen Suspensi Sebagai Dasar Penentuan Debit Sedimen Pada Saluran Terbuka, *Penelitian Hibah Bersaing, XII/2-Th Anggaran 2005*, Lembaga Penelitian, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Zainuddin, M., dan Kironoto, BA, 2003, Distribusi Sedimen Suspensi Pada Aliran Seragam Dengan dan Tanpa Angkutan Sedimen Dasar, *Journal Teknosains*, Jilid 16, No.1, Januari, Berkala Penelitian Pascasarjana, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.