

ANALISIS DISTRIBUSI KECEPATAN ALIRAN PADA DAERAH SUDETAN WONOSARI SUNGAI BENGAWAN SOLO

Atsari Fildzah Zulhusni ¹⁾ Cahyono Ikhsan ²⁾ Suyanto ³⁾

¹⁾ Mahasiswa Fakultas Teknik, Program Studi teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

^{2) 3)} Pengajar Fakultas Teknik, Program Studi teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

Jln Ir. Sutami 36A, Surakarta 57126; Telp. 0271-634524.

Email : atfi_tekniksipil@yahoo.com

Abstract

The river is one part of the hydrological cycle. The water in the river is generally collected from precipitation, such as rain, dew, springs, underground run off and in certain countries also comes from melting ice/snow. Besides water, the river is also flowing sediment and pollutants. Each planning waterworks need the data flow from the discharge data obtained speed data streams over time. Estimates of flow velocities in a stream is done by measurement in an accessible place on the cross section in terms even done randomly, so that the results often cannot represent the actual condition appropriately. The occurrence of errors in measurement would have an impact on the estimated amount of flow that occurs that will affect the overall building planning. This study aimed to determine the distribution of the flow velocity of the cross section in the field by using Point Intregated Sampling (PIS) in the diversion Wonosari Solo River, the ratio of the flow rate of the river upstream, diversion and downstream, the type of flow that occurs in the flow straight and the bend of the influence of the flow rate of the river. Then the results obtained discharge plotted using HEC-RAS 4.0 program to search for water level. Field data is processed and analyzed. Determined using a flow type Froude Numbers and Reynolds Numbers. The results showed that the flow rate from upstream to diversion decreased by 0,07%, diversion downstream rose by 3,27%, the discharge from upstream to decreased by 2,38% diversion, diversion downstream fell by 15,69%. The flow obtained is turbulent and subcritical flow.

Keywords: discharge, flow velocity distribution, flow type, PIS.

Abstrak

Sungai merupakan salah satu bagian dari siklus hidrologi. Air dalam sungai umumnya terkumpul dari presipitasi, seperti hujan, embun, mata air, limpasan bawah tanah dan di beberapa negara tertentu juga berasal dari lelehan es/salju. Selain air, sungai juga mengalirkan sedimen dan polutan. Setiap perencanaan bangunan air membutuhkan data debit aliran, dari data debit tersebut didapatkan data kecepatan aliran dalam waktu tertentu. 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. Penelitian ini ditujukan untuk mengetahui distribusi kecepatan aliran dari *cross section* atau potongan melintang di lapangan dengan menggunakan metode *Point Intregated Sampling* (PIS) di Sudetan Wonosari Sungai Bengawan Solo, perbandingan kecepatan aliran sungai di hulu, sudetan dan hilir, jenis aliran yang terjadi pada aliran lurus maupun tikungan dari pengaruh kecepatan aliran sungai. Kemudian hasil debit yang diperoleh diplot dengan menggunakan program HEC-RAS 4.0 untuk mencari tinggi muka air. Data dari lapangan diolah dan dianalisis. Jenis aliran ditentukan dengan menggunakan Bilangan Froude dan Bilangan Reynolds. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kecepatan aliran dari hulu ke sudetan turun sebesar 0,07%, sudetan ke hilir naik sebesar 3,27%, debit dari hulu ke sudetan turun sebesar 2,38%, sudetan ke hilir turun sebesar 15,69%. Aliran yang didapat yaitu aliran turbulen dan subkritis.

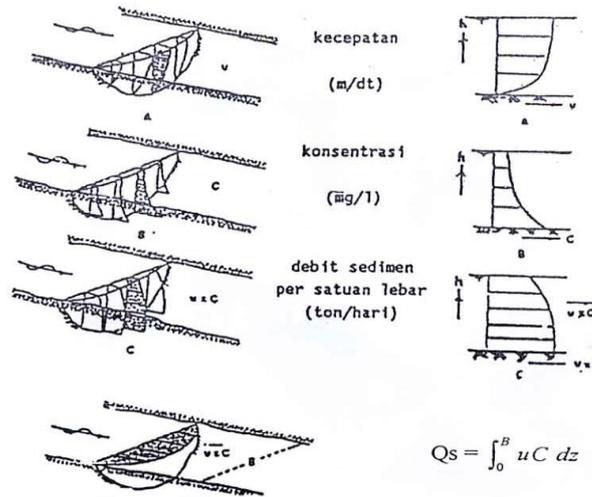
Kata kunci : debit, distribusi kecepatan aliran, jenis aliran, PIS.

PENDAHULUAN

Sungai Bengawan Solo merupakan sungai terbesar dan terpanjang di Pulau Jawa yang mempunyai panjang sekitar 548,53 km dan mengalir dua provinsi yaitu Jawa Tengah dan Jawa Timur. Salah satu data yang dibutuhkan dalam perencanaan ini adalah debit, dimana debit akan diperoleh dari pengolahan data lapangan berupa kedalaman, lebar penampang aliran dan distribusi kecepatan. Analisis distribusi kecepatan aliran senantiasa berkaitan dengan angkutan sedimen yang terjadi dan dibutuhkan dalam perencanaan bangunan air. 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. Disisi lain perubahan kecepatan tersebut akan menentukan keadaan dan jenis aliran. Pengukuran difokuskan pada distribusi kecepatan menggunakan metode *Point Intregated Sampling* (PIS) yaitu pengukuran pada arah vertikal maupun transversal. Pengukuran kecepatan aliran dilakukan dengan alat ukur *currentmeter*.

TINJAUAN PUSTAKA

Dian Sisingsih, Sri Wahyuni (2014), telah melakukan evaluasi distribusi kecepatan aliran di belokan Sungai Jelarai dan perubahan morfologi yang terjadi. Dari hasil analisa geometri sungai dan pemodelan hidrodinamika dan arus di Sungai Jelarai dapat diketahui bahwa pada saat debit banjir untuk semua kondisi pasang surut, gerakan pusaran arus/*vortex* ini bergerak menyusuri sisi luar belokan dan berbalik arah ke hulu. Kondisi ini akan berpotensi pada pengendapan/penggerusan di sekitar perubahan arah arus tersebut dan tergantung pada kondisi alami tebing dan material sedimen yang terbawa. Dari pemodelan transportasi sedimen, untuk debit banjir diperoleh kecenderungan akan terjadinya penggerusan di sisi luar belokan (pada lokasi *sheep-pile*). Untuk itu diperlukan adanya penanganan yang berupa pengendalian dinamika arus aliran dan perkuatan dasar tebing. Secara umum distribusi kecepatan yang terjadi pada kondisi aliran permanen yang seragam (*steady uniform flow*) di saluran terbuka dengan penampang prismatis, sudah banyak dilakukan para peneliti sebagaimana sketsa yang tergambar berikut ini.



Gambar 1. Distribusi Kecepatan Pada Saluran Terbuka

Tipe perilaku aliran dapat di bedakan dengan bilangan *Froude*. Menurut bilangan *Froude* tipe aliran dapat di bedakan menjadi 3 yaitu: (Eka Risma Zaidun, 2008)

1. Aliran kritis, jika bilangan *Froude* sama dengan satu ($Fr=1$) dan gangguan permukaan misal, akibat riak yang terjadi akibat batu yang di lempar ke dalam sungai tidak akan bergerak menyebar melawan arah arus.
2. Aliran subkritis, jika bilangan *Froude* lebih kecil dari satu ($Fr<1$). Untuk aliran subkritis, kedalaman biasanya lebih besar dan kecepatan aliran rendah (semua riak yang timbul dapat bergerak melawan arus).
3. Aliran superkritis, jika bilangan *Froude* lebih besar dari satu ($Fr>1$). Untuk aliran superkritis, kedalaman aliran relatif lebih kecil dan kecepatan relatif tinggi (segala riak yang di timbulkan dari suatu gangguan adalah mengikuti arah arus).

Persamaan untuk menghitung bilangan *Froude* yaitu:

$$Fr = \frac{U}{\sqrt{g \cdot h}} \dots\dots\dots [1]$$

Dengan:

- Fr = bilangan *Froude*,
- U = kecepatan aliran (m/s),
- g = percepatan gravitasi (m/s^2),
- h = kedalaman aliran (m).

Selain itu juga tipe aliran dapat dibedakan menggunakan bilangan *Reynolds*. Menurut Bilangan *Reynolds* tipe aliran dibedakan sebagai berikut:

1. Aliran Laminer adalah suatu tipe aliran yang ditunjukkan oleh gerak partikel-partikel cairan menurut garis-garis arusnya yang halus dan sejajar. Dengan nilai bilangan *Reynolds* lebih kecil dari dua ribu ($Re<2000$).
2. Aliran Transisi mempunyai nilai bilangan *Reynolds* antara dua ribu sampai empat ribu ($2000<Re<4000$), aliran ini tidak mempunyai garis-garis arus yang halus dan sejajar sama sekali.
3. Aliran Turbulen biasanya paling sulit diamati dan nilai bilangan *Re* lebih besar dari empat ribu ($Re>4000$).

Persamaan untuk menghitung bilangan *Reynolds* yaitu:

$$Re = \frac{V \cdot D}{\nu} \dots\dots\dots [2]$$

Dengan:

- Re = bilangan *Reynolds*,
- V = kecepatan aliran (*m/s*),
- D = kedalaman (m),
- ν = viskositas kinematik (*m²/s*).

Gerusan merupakan erosi pada dasar dan tebing saluran alluvial (Hoffmans and Verheij, 1997). Gerusan merupakan proses semakin dalamnya dasar sungai karena interaksi antara aliran dengan material dasar sungai. Proses penggerusan akan terjadi secara alami, baik karena pengaruh morfologi sungai seperti tikungan sungai atau penyempitan aliran sungai, atau pengaruh bangunan hidraulika yang menghalangi aliran seperti *abutment* jembatan (Legono, 1990).

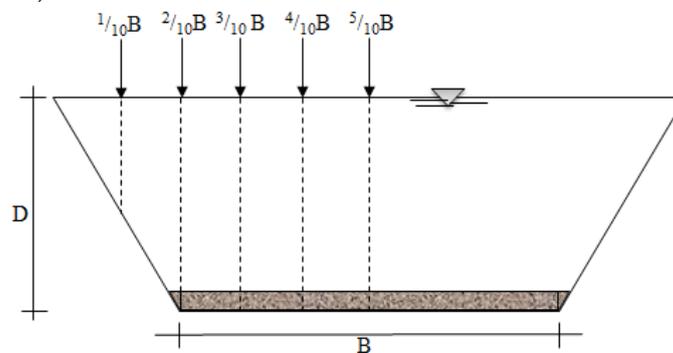
Untuk mencari kecepatan rata-rata vertikal adalah berdasarkan data pengukuran profil kecepatan dari dasar saluran sampai permukaan air, data tersebut diintegrasikan dan dibagi dengan kedalamannya, dengan formulasi yaitu :

$$\bar{U}_y = \frac{1}{D} \int_0^D u_y dy \dots\dots\dots [3]$$

- dengan: D = kedalaman air pengukuran (cm),
- y = posisi titik pengukuran dari dasar (cm),
- u_y = kecepatan rata-rata titik (*cm/s*).

METODOLOGI PENELITIAN

Pemilihan lokasi penelitian di Sudetan Wonosari Sungai Bengawan Solo. Pengukuran dipilih lokasi yang berbeda dengan variasi dimensi tampang, kemiringan dasar saluran dan kekasaran dinding saluran. Alat ukur yang dipakai *Propeller Currentmeter* untuk mengukur kecepatan aliran. Metode yang dipakai yaitu metode *Point Integrated Sampling* (PIS) yaitu 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. (Cahyono Ikhsan, 2006)



Gambar 2. Lokasi Pengukuran Vertikal dan Transversal

Tahap pengukuran dimulai dengan pemilihan dimensi tampang, pemilihan jenis dinding saluran, pengukuran suhu air, kemiringan muka air (*Sw*) dan selanjutnya dilakukan pengukuran yang diawali dari posisi $5/10B$ (di tengah tampang), lalu pengukuran ke tepi pada posisi $4/10B$, $3/10B$, $2/10B$ dan $1/10B$, untuk lebih jelasnya maka dilihat pada Gambar 2. tentang lokasi pengukuran arah vertikal dan transversal.

Pengukuran kecepatan dilakukan di hulu (daerah sebelum sudetan), sudetan dan hilir (daerah setelah sudetan). Pembagiannya sebagai berikut:

- a. Pada bagian hulu (sebelum sudetan) diambil sepanjang 100 m untuk pengukuran kecepatan, kemudian dibagi menjadi 3 *cross section*, yang mana tiap *cross section* diukur 5 titik kedalaman vertikal, sehingga total pengukuran tiap tampang sebanyak 15 titik yang berbeda.
- b. Pada bagian Sudetan Wonosari memiliki panjang sekitar 2400 m, kemudian dibagi menjadi 6 *cross section*, yang mana tiap *cross section* diukur 5 titik kedalaman vertikal, sehingga total pengukuran tiap tampang sebanyak 30 titik yang berbeda.
- c. Pada bagian hilir (setelah sudetan) diambil sepanjang 100 m untuk pengukuran kecepatan, kemudian dibagi menjadi 3 *cross section*, yang mana tiap *cross section* diukur 5 titik kedalaman vertikal, sehingga total pengukuran

tiap tampang sebanyak 15 titik yang berbeda.

Alat ukur yang dipakai antara lain:

1. *Propeller Currentmeter* untuk mengukur kecepatan aliran.
2. *Stopwatch* untuk menghitung waktu yang dibutuhkan.
3. Program Microsoft Excel untuk menghitung dan menganalisis data.
4. *Software* HEC-RAS 4.0 untuk menghitung kedalaman air (h).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan pengukuran beberapa parameter seperti tertera pada Tabel 1. Jumlah keseluruhan pengukuran di lapangan yang telah dilakukan dalam penelitian ini adalah sebanyak 60 (enam puluh) running dengan 12 titik *cross section* dimana tiap titik *cross section* dilakukan pengukuran sebanyak 5 titik kedalaman vertikal arah transversal, tiap titik vertikal dilakukan 9 kali pengukuran.

Tabel 1. Parameter Utama Pengukuran

Kode Running	So	D (m)	B (m)	Aspek Rasio (B/D)	Uy (m/s)	\bar{U} (m/s)	Q (m ³ /s)
FTMS1A		0,190		310,526	0,227		
FTMS1B		0,542		108,856	0,454		
FTMS1C	0,00043	1,015	59	58,128	0,682	0,904	58,797
FTMS1D		1,591		37,084	0,909		
FTMS1E		2,268		26,014	1,136		
FTMS2A		0,150		366,667	1,816		
FTMS2B		0,428		128,505	1,403		
FTMS2C	0,00043	0,795	55	69,182	0,989	3,961	36,594
FTMS2D		1,245		44,177	0,576		
FTMS2E		1,770		31,073	0,244		
FTMS3A		0,145		379,310	1,680		
FTMS3B		0,418		131,579	1,291		
FTMS3C	0,00043	0,782	55	70,332	0,902	4,435	31,453
FTMS3D		1,233		44,607	0,513		
FTMS3E		1,765		31,161	0,236		
FTMS4A		0,145		248,276	0,190		
FTMS4B		0,418		86,124	0,380		
FTMS4C	0,00043	0,782	36	46,036	0,570	0,757	23,271
FTMS4D		1,233		29,197	0,760		
FTMS4E		1,765		20,397	0,950		
FTMS5A		0,157		331,210	0,200		
FTMS5B		0,446		116,592	0,399		
FTMS5C	0,00043	0,833	52	62,425	0,599	0,794	37,338
FTMS5D		1,304		39,877	0,798		
FTMS5E		1,860		27,957	0,998		
FTMS6A		0,158		396,228	0,201		
FTMS6B		0,452		138,504	0,403		
FTMS6C	0,00043	0,839	62,604	74,617	0,604	0,801	45,613
FTMS6D		1,314		47,644	0,806		
FTMS6E		1,865		33,568	1,007		
FTMS7A		0,149		395,973	0,194		
FTMS7B		0,429		137,529	0,389		
FTMS7C	0,00043	0,796	59	74,121	0,583	0,773	39,337
FTMS7D		1,245		47,390	0,778		
FTMS7E		1,769		33,352	0,972		
FTMS8A		0,166		454,114	0,208		
FTMS8B		0,475		158,701	0,417		
FTMS8C	0,00043	0,880	75,383	85,663	0,625	0,828	59,451
FTMS8D		1,376		54,784	0,834		
FTMS8E		1,948		38,698	1,042		
FTMS9A		0,170		312,041	0,211		
FTMS9B		0,487		108,926	0,423		
FTMS9C	0,00043	0,909	53,047	58,358	0,634	0,841	44,114
FTMS9D		1,425		37,226	0,845		
FTMS9E		2,037		26,042	1,057		
FTMS10A		0,172		222,250	0,212		
FTMS10B		0,495		77,226	0,425		
FTMS10C	0,00043	0,928	38,227	41,193	0,637	0,847	32,921
FTMS10D		1,467		26,058	0,850		
FTMS10E		2,109		18,126	1,062		
FTMS11A	0,00043	0,168	35,791	213,042	0,209	0,835	29,842

FTMS11B		0,486		73,644		0,419	
FTMS11C		0,910		39,331		0,628	
FTMS11D		1,439		24,872		0,837	
FTMS11E		2,074		17,257		1,047	
FTMS12A		0,186		231,866		0,224	
FTMS12B		0,536		80,461		0,448	
FTMS12C	0,00043	1,005	43,127	42,912		0,672	0,893 61,429
FTMS12D		1,584		27,227		0,896	
FTMS12E		2,276		18,949		1,120	

Sumber : Hasil Perhitungan

Keterangan :

- So = kemiringan slope dasar saluran,
- D = kedalaman pengukuran,
- B = lebar sungai,
- B/D = aspek rasio,
- Uy = kecepatan rata-rata pada irisan vertikal (A, B, C, D, E),
- Ū = kecepatan rata-rata tampang,
- Q = debit aliran.

Hasil analisis lebih lanjut terhadap karakteristik yang menyangkut parameter kecepatan yang terjadi di lapangan, ditampilkan sebagai parameter tambahan. Pada Tabel 2. Parameter Tambahan Pengukuran ditampilkan sepenuhnya parameter tersebut, yaitu berkenaan dengan kecepatan gesek, bilangan Froude dan bilangan Reynolds.

Tabel 2. Parameter Tambahan Pengukuran

Kode Run-ning	t°	Viskositas (m ² /s)	Bil. Froude Fr	Bil. Reynolds Re (10 ³)
FTMS1A			0,167	0,515
FTMS1B			0,197	2,930
FTMS1C	29	0,000000839	0,216	8,250
FTMS1D			0,230	17,236
FTMS1E			0,241	30,697
FTMS2A			1,497	3,246
FTMS2B			0,685	7,153
FTMS2C	29	0,000000839	0,354	9,372
FTMS2D			0,165	8,547
FTMS2E			0,059	5,153
FTMS3A			1,408	2,902
FTMS3B			0,637	6,429
FTMS3C	29	0,000000839	0,326	8,402
FTMS3D			0,147	7,533
FTMS3E			0,057	4,963
FTMS4A			0,159	0,328
FTMS4B			0,188	1,894
FTMS4C	29	0,000000839	0,206	5,311
FTMS4D			0,219	11,171
FTMS4E			0,228	19,969
FTMS5A			0,161	0,375
FTMS5B			0,191	2,119
FTMS5C	29	0,000000839	0,209	5,944
FTMS5D			0,223	12,401
FTMS5E			0,234	22,126
FTMS6A			0,162	0,379
FTMS6B			0,191	2,171
FTMS6C	29	0,000000839	0,210	6,036
FTMS6D			0,225	12,625
FTMS6E			0,236	22,385
FTMS7A			0,160	0,344
FTMS7B			0,190	1,990
FTMS7C	29	0,000000839	0,209	5,529
FTMS7D			0,223	11,538
FTMS7E			0,233	20,493
FTMS8A			0,163	0,412
FTMS8B			0,193	2,361
FTMS8C	29	0,000000839	0,213	6,550
FTMS8D			0,227	13,681
FTMS8E			0,238	24,186

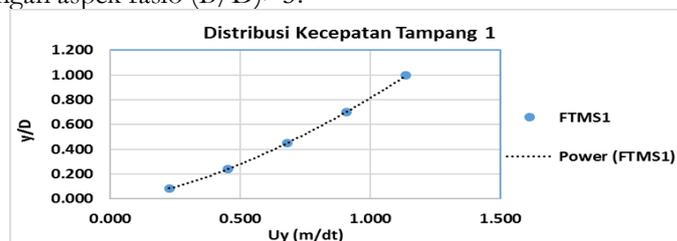
FTMS9A			0,164	0,428
FTMS9B			0,193	2,452
FTMS9C	29	0,000000839	0,212	6,865
FTMS9D			0,226	14,346
FTMS9E			0,237	25,666
FTMS10A			0,164	0,435
FTMS10B			0,193	2,507
FTMS10C	29	0,000000839	0,211	7,042
FTMS10D			0,224	14,852
FTMS10E			0,233	26,689
FTMS11A			0,163	0,419
FTMS11B			0,192	2,429
FTMS11C	29	0,000000839	0,210	6,806
FTMS11D			0,223	14,352
FTMS11E			0,232	25,877
FTMS12A			0,166	0,496
FTMS12B			0,196	2,864
FTMS12C	29	0,000000839	0,214	8,052
FTMS12D			0,227	16,910
FTMS12E			0,237	30,382

Sumber : Hasil Perhitungan

Keterangan :

- t = suhu air,
- v = viskositas kinematic,
- Fr = bilangan Froude $U/(g*D)^{0,5}$,
- Re = bilangan Reynolds $(V*D)/\nu$,

Distribusi kecepatan diperoleh dari pengukuran kecepatan rata-rata titik di tiap tampang. Pengukuran dilakukan pada saluran terbuka dan diambil selama satu hari sehingga diasumsikan aliran tetap dalam keadaan stabil supaya tidak terjadi perubahan parameter-parameter aliran (baik secara fisik maupun karakteristiknya), terutama kedalaman atau debit aliran. Hasil perhitungan angka Reynolds yang menunjukkan bahwa aliran dekat dasar adalah turbulen ($Re > 4000$), maka dapat disimpulkan bahwa aliran adalah aliran turbulen dan bersifat subkritis $Fr < 1$ (mengalir). Dari hasil pengukuran profil kecepatan pada Gambar 3. didapat bahwa distribusi kecepatan cenderung membuka untuk aliran dengan aspek rasio $(B/D) > 5$.

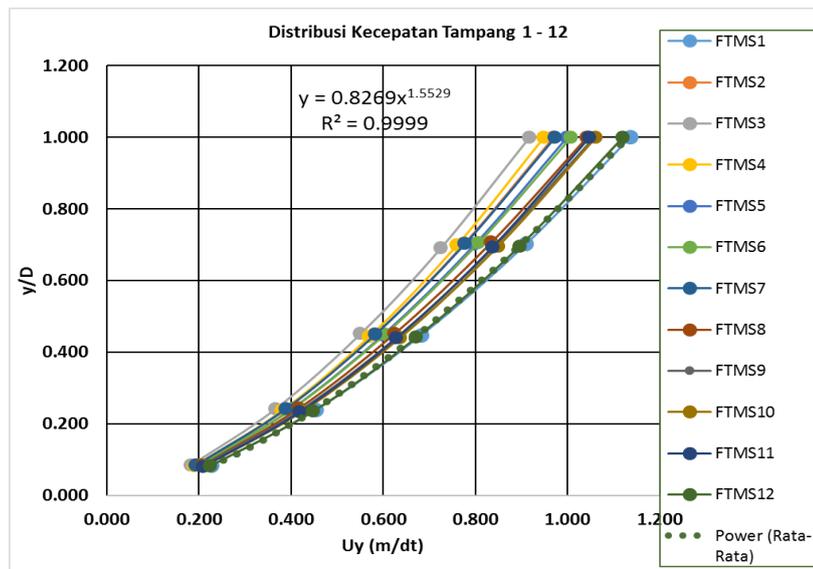


Sumber : Hasil Analisis

Gambar 3. Profil Distribusi Kecepatan Tampang I

Dengan:

- U_y = kecepatan rata-rata pada irisan vertikal (A, B, C, D, E),
- y/D = kedalaman pada tiap irisan dibagi kedalaman tengah bentang.



Gambar 4. Profil Distribusi Kecepatan

Semakin mendekati permukaan dan semakin ke tengah bentang, maka semakin besar kecepatan yang diperoleh. Maka tren grafik akan diperoleh seperti Gambar 4.

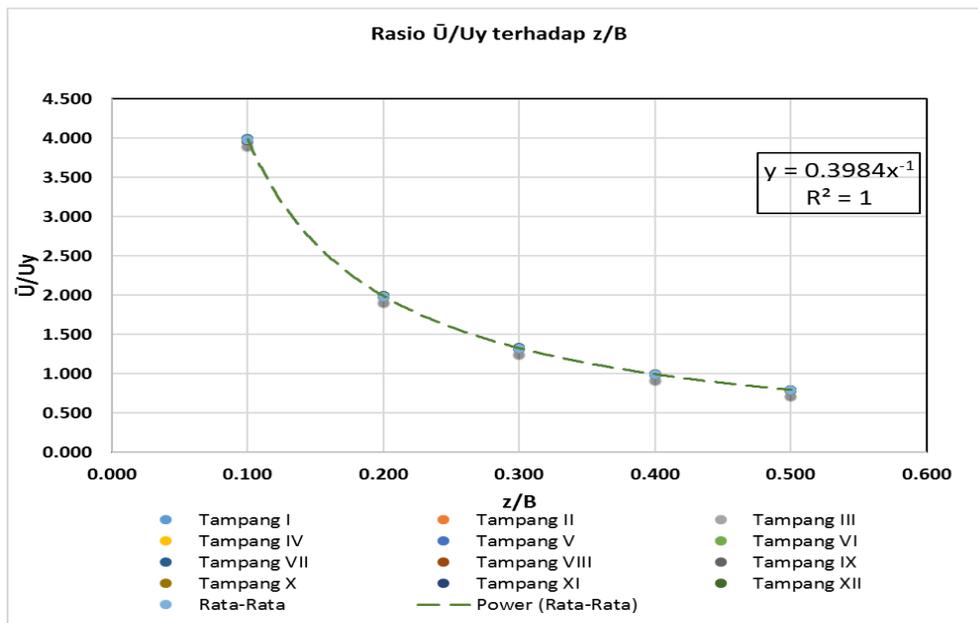
Tingkat perbandingan antara kecepatan rata-rata vertikal dan rata-rata tampang perlu diketahui, sehingga perlu dianalisis rasio perbandingan tersebut yang dapat dihubungkan dengan posisi pengukuran z/B . Rasio dari kecepatan rata-rata tampang dan kecepatan rata-rata vertikal \bar{U} / U_y terhadap jarak z/B untuk seluruh tampang ditampilkan pada Tabel 3. dan grafik hubungan rasio \bar{U} / U_y terhadap z/B ditampilkan pada Gambar 5. di bawah. Dari rasio pada grafik tersebut juga kelihatan bahwa kecepatan aliran ataupun kecepatan pada masing-masing vertikal di bagian badan/ tengah saluran lebih besar daripada di bagian tebing saluran.

Regresi rata-rata dari kurva \bar{U} / U_y terhadap z/B menunjukkan bahwa faktor koreksi adalah $y = 0,3984x^{-1}$, dan koreksi terbaik dengan nilai rasio = 1 dimana \bar{U} sama nilainya dengan U_y terletak pada posisi $z/B = 0,4$. (Lihat Gambar 5. Grafik Hubungan Rasio \bar{U} / U_y terhadap jarak z/B).

Tabel 3. Rasio \bar{U} / U_y terhadap jarak z/B untuk Tampang I – XII

Vertikal	Pias dari tepi sungai	z/B	\bar{U}/U_y												Rata-Rata
			I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
A	1	0.100	3,976	3,968	3,952	3,989	3,964	3,978	3,992	3,978	3,983	3,986	3,993	3,989	3,979
B	2	0.200	1,993	1,986	1,983	1,990	1,991	1,987	1,985	1,985	1,991	1,993	1,991	1,991	1,989
C	3	0.300	1,325	1,326	1,320	1,328	1,326	1,326	1,326	1,325	1,327	1,330	1,330	1,328	1,326
D	4	0.400	0,994	0,994	1,002	0,995	0,995	0,993	0,994	0,992	0,996	0,997	0,998	0,997	0,995
E	5	0.500	0,796	0,795	0,792	0,797	0,795	0,795	0,795	0,795	0,795	0,797	0,797	0,797	0,796

Sumber : Hasil Perhitungan



Sumber : Hasil Analisis

Gambar 5. Grafik hubungan rasio \bar{U} / U_y terhadap z/B

KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Penelitian yang dilakukan terhadap 12 tampang yang dengan metode *Point Integrated Sampling* (PIS) ini memperoleh hasil nilai maksimum dari distribusi kecepatan yang dihasilkan terjadi mendekati muka air pada arah vertikal dan pada tengah tampang ($1/2 B$),
2. Distribusi kecepatan aliran yang terjadi pada hulu, sudetan dan hilir Wonosari memiliki nilai yang berbeda pada setiap *cross section* yang diambil data pengukurannya. Dengan proses pengambilan data di lapangan menggunakan alat ukur *Propeller Currentmeter* kemudian diolah sehingga mendapatkan hasil kecepatan. Peneliti juga melakukan kalibrasi alat ukur *Propeller Currentmeter* yang dilakukan di Laboratorium Hidro Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.
Kecepatan : Hulu = 0,61039 m/s
Sudetan = 0,60998 m/s
Hilir = 0,630 m/s
Debit : Hulu = 57,971 m³/s
Sudetan = 56,590 m³/s
Hilir = 47,709 m³/s
3. Kecepatan aliran dari hulu menuju sudetan mengalami penurunan sebesar 0,07% dan dari sudetan menuju hilir mengalami peningkatan sebesar 3,27%. Hal ini dikarenakan bentuk sudetan yang lurus, sedangkan bentuk hulu dan hilir adalah kelokan, sehingga mengurangi tingkat kecepatan yang terjadi. Pada bagian hilir lebar saluran lebih kecil sehingga mempengaruhi nilai kecepatan yang terjadi. Debit juga sebanding dengan kecepatan, yang mana dari hulu menuju sudetan mengalami penurunan sebesar 2,38% dan dari sudetan menuju hilir mengalami penurunan sebesar 15,69%.
4. Dari Bilangan Reynolds dan Bilangan Froude yang didapat. Jenis aliran pada seluruh *cross section* atau tampang sungai ini adalah turbulen karena $Re > 4000$ dan merupakan jenis aliran subkritis karena $Fr < 1$. Namun setiap *cross section* atau tampang memiliki variasi dari nilai Bilangan Reynolds dan Bilangan Froude tersebut.
5. Gerusan dapat terjadi bila kecepatan dan debit yang terjadi semakin tinggi, maka perlu penanganan lebih lanjut seperti perencanaan pelindung tebing.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih saya ucapkan kepada Bapak Dr. Cahyono Ikhsan S.T.,M.T. dan Ir. Suyanto, M.M. yang telah membimbing, memberi arahan dan masukan dalam penelitian ini.

REFERENSI

Dian Singgih, Sri Wahyuni. 2014. *Evaluasi Distribusi Kecepatan Aliran di Belokan Sungai Jelarai dan Perubahan Morfologi yang Terjadi*, Jurnal REKAYASA Vol. 13 No. 2 Desember 2014. Jember.

- Eka Risma Zaidun. 2008. *Gerusan Yang Terjadi Di Sekitar Abutment Bersayap Pada Jembatan (Kajian Laboratorium)*. Bandung. Institut Teknologi Bandung.
- Ikhsan, Cahyono. 2006. *Analisis Distribusi Kecepatan Aliran Seragam pada Saluran Terbuka Tampang Segiempat*. Surakarta. Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- 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.
- Kironoto, B. A. and Graf, W. H. 1994. "Turbulence characteristics in rough uniform open-channel flow.", Proc. Inst. Civ. Enggr., 106 (4), UK.